

ВИКОРИСТАННЯ КЛАСТЕРНОГО АНАЛІЗУ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ФАКТОРІВ,  
ЯКІ ВПЛИВАЮТЬ НА СКЛАДНІСТЬ РОБОТИ ВОДІЇВ  
НА МАРШРУТАХ МІСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ

Шапенко Є.М., Національний транспортний університет, Київ, Україна

USING CLUSTER ANALYSIS TO IDENTIFY FACTORS THAT AFFECT  
THE COMPLEXITY OF DRIVERS ON THE ROUTES OF PUBLIC PASSENGER TRANSPORT

Shapenko E.M., National Transport University, Kyiv, Ukraine

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФАКТОРОВ,  
ВЛИЯЮЩИХ НА СЛОЖНОСТЬ РАБОТЫ ВОДИТЕЛЕЙ  
НА МАРШРУТАХ ГОРОДСКОГО ПАСАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА

Шапенко Е.Н., Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Перед дослідниками досить часто постає задача обробки та аналізу результатів великої сукупності індивідуальних спостережень. Виникає проблема зведення множини характеристик до невеликого ряду узагальнюючих висновків, але кожна залучена до аналізу ознака залишається окремим самостійним елементом зі своїми характеристиками.

Для отримання вихідної інформації були проведені натурні обстеження. Опитування проходило серед водіїв, що працюють на автобусних маршрутах міського пасажирського транспорту. Загалом в КП «Київпаstrанс» працює 890 водіїв на міських автобусних маршрутах та маршрутах в режимі таксомотору. Згідно методики збору та опрацювання статистичної інформації необхідний розмір вибірки становить 270 чол. [4]. В ході дослідження водіям пропонувалось заповнити анкету, що складається з 22 питань. Було обрано 10 різних за характеристикою маршрутів у м. Києві. Після опрацювання результатів було відібрано 17 основних факторів, що найбільше впливають на складність роботи водіїв міського пасажирського транспорту, для подальшого опрацювання їх за допомогою кластерного аналізу.

Кластерний аналіз – це спосіб групування багатомірних об'єктів, заснований на представленні результатів окремих спостережень точками відповідного геометричного простору з наступним виділенням груп як «згустків» цих точок (кластерів).

Кластерний аналіз передбачає виділення компактних, віддалених одна від одної груп об'єктів, знаходить «природне» розбиття сукупності для області накопичення об'єктів.

Методи кластерного аналізу дозволяють побудувати нові класифікації для недостатньо вивчених явищ, коли необхідно встановити наявність зв'язків в середині сукупності і привести їх до певної структури [1, 2].

Ефективність функціонування транспортної системи визначається комплексом факторів, одним з яких є стан транспортних засобів і надійність роботи водія. Автомобілі виконують свої функції під керуванням водія, який є найважливішою ланкою перевізного процесу, від його рішень залежить безпека й комфортність поїздки пасажирів. З усіх водіїв, які працюють на транспорті, найбільше навантаження на нервову систему мають водії міського автомобільного пасажирського транспорту. Параметри технологічного процесу перевезення пасажирів впливають на складність роботи водіїв, що не повною мірою враховується при проектуванні даного процесу, та оплаті праці водія [3].

Реалізація технологічного процесу перевезення пасажирів відбувається на маршрутах міського пасажирського транспорту. Можна виділити наступні його компоненти:

- рух перегонном маршруту;
- простій на проміжній зупинці;
- рух за маршрутом;
- простої на кінцевій зупинці, та під час перерви.

Даний структурний поділ технологічного процесу є доцільним через особливість зміни стану водія при різних елементах цього процесу.

Фактори, що впливають на параметри технологічного процесу доцільно поєднати у різні групи.

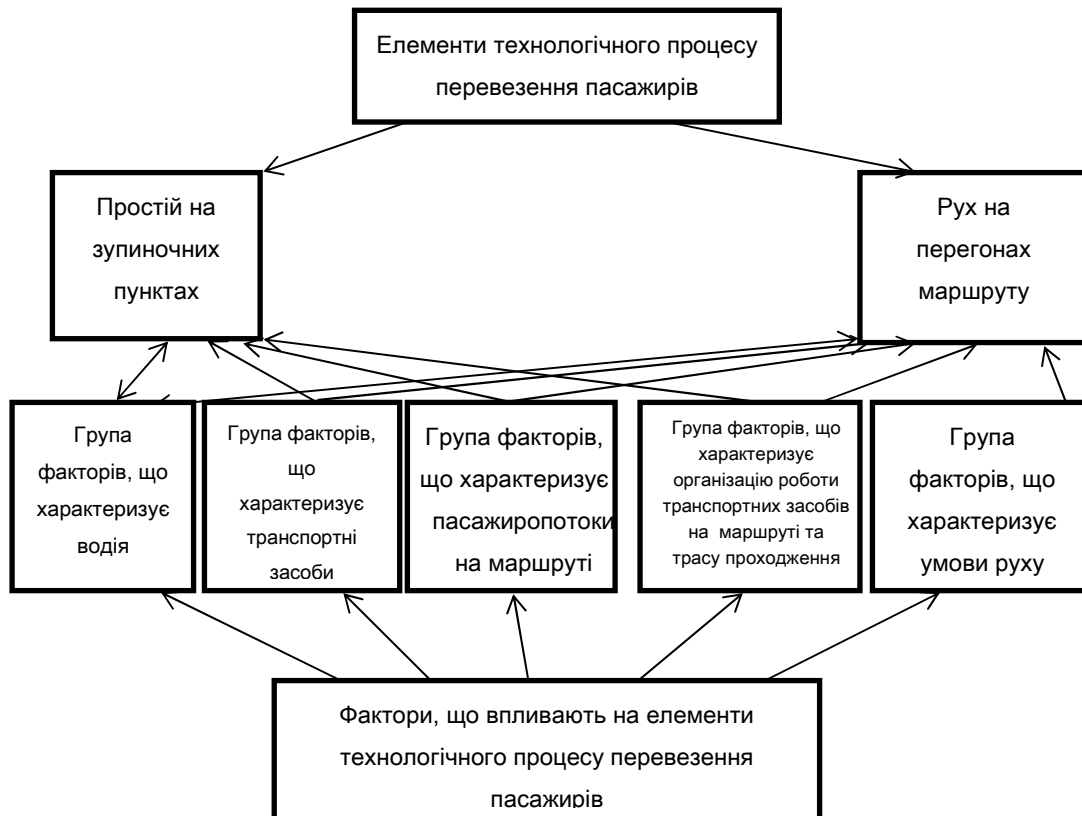


Рисунок 1 – Взаємозв'язок елементів технологічного процесу перевезення пасажирів і факторів, що впливають на них.

Основні фактори, що впливають на роботу водіїв міського пасажирського транспорту:

1. Довжина маршруту;
2. Кількість одиниць рухомого складу;
3. Інтервал руху ( міжпікові години)
4. Час пікових навантажень на маршруті;
5. Кількість зупинок на маршруті;
6. Кількість пішохідних переходів на маршруті;
7. Кількість світлофорів на маршруті;
8. Вік автотранспортного засобу;
9. Час роботи на маршруті;
10. Час роботи водія;
11. Кількість вихідних днів у тижні;
12. Середня швидкість руху на маршруті;
13. Заповнення салону ( міжпікові години);
14. Кількість виконаних зупинок на маршруті( міжпікові години);
15. Кількість заторів на маршруті ( міжпікові години);
16. Кількість годин простою на кінцевій зупинці;
17. Кількість годин обідньої перерви.

За допомогою кластерного аналізу була складена матриця відстаней, для виділення деяких геометрично віддалених груп, всередині яких об'єкти близькі.

Вибір відстаней між об'єктами являється вузловим моментом дослідження, від нього багато в чому залежить кінцевий результат розбиття об'єктів на класи при даному алгоритмі розбиття.

Основним методом розрахунку було обрано Евклідову відстань, як найбільше загальний тип відстані. Є геометричною відстанню між точками в багатовимірному просторі.

$$f(X_i, X_j) = (\sum |x_{il} - x_{jl}|^2)^{1/2} \quad (1),$$

де  $X_i, X_j$  – координати  $i$ -го і  $j$ -го об'єктів в  $k$ -мірному просторі;

$x_{il} - x_{jl}$  – величина  $l$ -ої компоненти у  $i$ -му ( $j$ -му) об'єкті ( $l=1,2,\dots,k; i,j=1,2,\dots,n$ ).

| перем.н. | Евклидово расстояние (Таблица данных1) |        |        |        |        |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |         |          |
|----------|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
|          | ewVar1                                 | ewVar2 | ewVar3 | ewVar4 | ewVar5 | ewVar6 | ewVar7 | ewVar8 | ewVar9 | ewVar10 | ewVar11 | ewVar12 | ewVar13 | ewVar14 | ewVar15 | ewVar16 | NewVar17 |
| NewVar1  | 0                                      | 50     | 35     | 48     | 52     | 44     | 30     | 40     | 27     | 32      | 48      | 85      | 29      | 25      | 52      | 38      | 148      |
| NewVar2  | 50                                     | 0      | 51     | 63     | 64     | 65     | 48     | 53     | 38     | 46      | 63      | 94      | 43      | 47      | 66      | 52      | 152      |
| NewVar3  | 35                                     | 51     | 0      | 21     | 68     | 50     | 25     | 13     | 28     | 18      | 21      | 105     | 41      | 39      | 25      | 22      | 163      |
| NewVar4  | 48                                     | 63     | 21     | 0      | 85     | 66     | 44     | 13     | 43     | 24      | 6       | 121     | 58      | 57      | 8       | 31      | 177      |
| NewVar5  | 52                                     | 64     | 68     | 85     | 0      | 55     | 55     | 77     | 54     | 69      | 83      | 70      | 49      | 30      | 87      | 67      | 114      |
| NewVar6  | 44                                     | 65     | 50     | 66     | 55     | 0      | 29     | 58     | 44     | 56      | 66      | 68      | 39      | 40      | 70      | 43      | 156      |
| NewVar7  | 30                                     | 48     | 25     | 44     | 55     | 29     | 0      | 35     | 28     | 34      | 44      | 86      | 29      | 28      | 47      | 28      | 156      |
| NewVar8  | 40                                     | 53     | 13     | 13     | 77     | 58     | 35     | 0      | 32     | 14      | 15      | 112     | 48      | 48      | 18      | 24      | 171      |
| NewVar9  | 27                                     | 38     | 28     | 43     | 54     | 44     | 28     | 32     | 0      | 22      | 43      | 83      | 21      | 27      | 48      | 23      | 148      |
| NewVar10 | 32                                     | 46     | 18     | 24     | 69     | 56     | 34     | 14     | 22     | 0       | 26      | 103     | 39      | 41      | 30      | 22      | 163      |
| NewVar11 | 48                                     | 63     | 21     | 6      | 83     | 66     | 44     | 15     | 43     | 26      | 0       | 121     | 59      | 56      | 6       | 31      | 176      |
| NewVar12 | 85                                     | 94     | 105    | 121    | 70     | 68     | 86     | 112    | 83     | 103     | 121     | 0       | 69      | 76      | 126     | 94      | 130      |
| NewVar13 | 29                                     | 43     | 41     | 58     | 49     | 39     | 29     | 48     | 21     | 39      | 59      | 69      | 0       | 25      | 63      | 36      | 142      |
| NewVar14 | 25                                     | 47     | 39     | 57     | 30     | 40     | 28     | 48     | 27     | 41      | 56      | 76      | 25      | 0       | 60      | 41      | 133      |
| NewVar15 | 52                                     | 66     | 25     | 8      | 87     | 70     | 47     | 18     | 48     | 30      | 6       | 126     | 63      | 60      | 0       | 36      | 179      |
| NewVar16 | 38                                     | 52     | 22     | 31     | 67     | 43     | 28     | 24     | 23     | 22      | 31      | 94      | 36      | 41      | 36      | 0       | 165      |
| NewVar17 | 148                                    | 152    | 163    | 177    | 114    | 156    | 156    | 171    | 148    | 163     | 176     | 130     | 142     | 133     | 179     | 165     | 0        |

Рисунок 2 – Матриця відстаней для виділення геометрично віддалених груп.

|    | 2       | 3       | 4      | 5      | 6       | 7      | 8       | 9       | 10       | 11      | 12      | 13      | 14      | 15      | 16      | 17      |
|----|---------|---------|--------|--------|---------|--------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|    | NewVar2 | NewVar3 | ewVar4 | ewVar5 | NewVar6 | ewVar7 | NewVar8 | NewVar9 | NewVar10 | ewVar11 | ewVar12 | ewVar13 | ewVar14 | ewVar15 | ewVar16 | ewVar17 |
| 1  | 14      | 4       | 6      | 14     | 15      | 5      | 7       | 19,15   | 12       | 4       | 40      | 20      | 10      | 1       | 20      | 20      |
| 2  | 20      | 6       | 1,5    | 30     | 30      | 15     | 5       | 17      | 8        | 4       | 60      | 20      | 20      | 2       | 20      | 20      |
| 3  | 14      | 10      | 5      | 22     | 35      | 24     | 8       | 14      | 8        | 4       | 47,6    | 25      | 22      | 1       | 10      | 15      |
| 4  | 9       | 15      | 4      | 25     | 47      | 30     | 8       | 16,5    | 8        | 3       | 57,5    | 25      | 20      | 2       | 19      | 20      |
| 5  | 30      | 6       | 1,5    | 15     | 6       | 7      | 10      | 16,5    | 12       | 2       | 18      | 10      | 12      | 1       | 5       | 30      |
| 6  | 50      | 10      | 3,5    | 22     | 11      | 17     | 8       | 17      | 12       | 2       | 24      | 24      | 18      | 3       | 8       | 30      |
| 7  | 17      | 12      | 2      | 67     | 24      | 20     | 4       | 17      | 8        | 4       | 40      | 21      | 40      | 3       | 8       | 120     |
| 8  | 14      | 8       | 2,5    | 23     | 11      | 9      | 4       | 17      | 8        | 4       | 45      | 21      | 18      | 2       | 7       | 120     |
| 9  | 8       | 12      | 2,5    | 15     | 6       | 12     | 8       | 14,15   | 9        | 3       | 21      | 23      | 15      | 2       | 10      | 30      |
| 10 | 15      | 8       | 6      | 21     | 10      | 9      | 9       | 20      | 20       | 3       | 40      | 25      | 20      | 2       | 10      | 30      |

Рисунок 3 – Результати ієрархічної кластеризації.

В результаті всі об'єкти можна звести до одного кластера. Послідовність об'єднання може бути представлена в наступній дендрограмі.

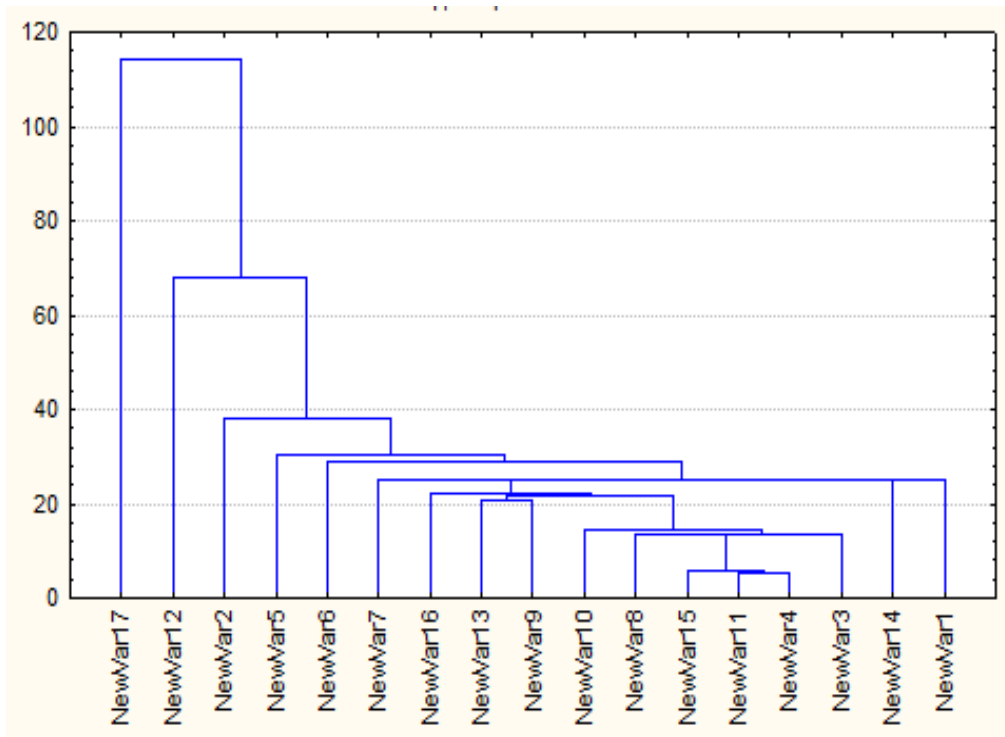


Рисунок 4 – Дендрограма поєднання кластерів, методом «одиночного зв'язку»

Дендрограма ієрархічної кластеризації на рис.4. зображує, що в данному випадку на першому кроці були поєднані в один кластер пункти, що мають найменшу відстань і мають найбільший вплив на водіїв. Перший кластер – це поєднання пункту 11 кількість вихідних днів у тижні та пункту 4 час пікових навантажень на маршруті. Другий кластер – пункти 13 і 9 – заповнення салону (міжпікові години) та час роботи на маршруті. До найбільш віддалених кластерів можна віднести пункти 17 і 12 – кількість годин обідньої перерви та середня швидкість руху на маршруті відповідно.

В результаті проведеної обробки отриманих даних методом кластерного аналізу було визначено ранжування факторів, які впливають на складність роботи водіїв на маршрутах міського пасажирського транспорту.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Мандель И.Д. Кластерный анализ / И.Д. Мандель. – М.: Финансы и статистика, 1988. – 176 с.
2. Дюран Б. Кластерный анализ / Б. Дюран, П. Одел. – М.: Статистика, 1977.— 128 с.
3. Мишурин В.М., Романов А.Н. Надежность водителя и безопасность движения. – М., 1990. – 167с.
4. Завадский, Ю.В. Планирование эксперимента в задачах автомобильного транспорта / Ю.В. Завадский.– М.: МАДИ, 1978.–154 с.

#### REFERENCES

1. Mandel Y.D. Klasternyy analysis / Y.D. Mandel. – Moscow: Finance and Statistics, 1988. – 176 p. (Rus)
2. Durand B. Klasternyy analysis / B. Durand, M. Odel. – М.: Statistics, 1977. – 128 p. (Rus)
3. Myshuryn VN Romanov AN Reliability of vodytelya and security movement. – М., 1990. – 167s. (Rus)
4. Zavadsky, Y. Planning the experiment in problems Automobile transport / Y. Zavadsky. – Moscow: MADY, 1978.-154 p. (Rus)

#### РЕФЕРАТ

Шапенко Є.М. Використання кластерного аналізу для визначення факторів, які впливають на складність роботи водіїв на маршрутах міського пасажирського транспорту / Є.М. Шапенко // Управління проектами, системний аналіз і логістика. Науковий журнал: в 2 ч. Ч. 1: Серія: „Технічні науки” – К. : НТУ, 2014. – Вип. 13.

в тісній взаємодії з пасажирями, повинен контролювати посадку та висадку пасажирів, виконання розкладу руху, проведення оплати за проїзд та при цьому дотримуватись правил дорожнього руху. В результаті, при обробці даних проведеного дослідження факторів, що впливають на складність роботи водіїв на маршрутах міського пасажирського транспорту було використано кластерний аналіз, який дозволяє побудувати нову класифікацію для мало вивчених явищ, коли необхідно встановити наявність зв'язків у середині сукупності і намагатися привести її до певної структури.

Для отримання вихідної інформації були проведенні натурні обстеження. Опитування проходило серед водіїв, що працюють на автобусних маршрутах міського пасажирського транспорту. Загалом в КП «Київпаstrans» працює 890 водіїв на міських автобусних маршрутах та маршрутах в режимі таксомотору. Згідно методики збору та опрацювання статистичної інформації необхідний розмір вибірки становить 270 чол.

Реалізація технологічного процесу перевезення пасажирів відбувається на маршрутах міського пасажирського транспорту. Можна виділити наступні його компоненти:

- рух перегоном маршруту;
- простій на проміжній зупинці;
- рух за маршрутом;
- простой на кінцевій зупинці, та під час перерви.

Даний структурний поділ технологічного процесу є доцільним через особливості зміни стану водія при різних елементах цього процесу

Отже, після проведеної обробки отриманих даних методом кластерного аналізу було визначено ранжування факторів, які впливають на складність роботи водіїв на маршрутах міського пасажирського транспорту

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** КЛАСТЕРНИЙ АНАЛІЗ, СКЛАДНІСТЬ, ВОДІЇ, МІСЬКИЙ ПАСАЖИРСЬКИЙ ТРАНСПОРТ.

## ABSTRACT

Shapenko E.M. Using cluster analysis to identify factors that affect the complexity of drivers on the routes of public passenger transport. Management of projects, system analysis and logistics. Science journal: In Part 2. Part 1: Series: "Technical sciences" - Kyiv: NTU, 2014. - Vol. 13.

Many features of a driver's route taxis. It is in close interaction with passengers, should control the embarking and disembarking of passengers, implementation schedule, carrying fare and comply with the rules of the road. As a result, the processing of data of the study of factors affecting the complexity of drivers on public passenger transport routes used cluster analysis, which allows you to build a new classification for the little -studied phenomenon, when you need to set the links in the middle of the set and try to bring it to a certain structure.

For initial information had been conducting full-scale test. The survey was conducted among drivers operating on bus routes of public passenger transport. In general, КР " Киевпастрас " works 890 drivers on city bus routes and routes using taxis. According to the methodology for collecting and processing statistical information required sample size is 270 people.

The implementation process occurs on passenger routes of public passenger transport. It can identify the following components:

- Move overtake route;
- Just at the intermediate stop;
- Movement along the route;
- Simple at the last stop, and during breaks.

This structural separation process is appropriate because of feature changes the state of the driver at the various elements of the process

So after ongoing revision of the method of cluster analysis was determined ranking factors that affect the complexity of drivers on the routes of public passenger transport

KEY WORDS: CLUSTER ANALYSIS, COMPLEXITY, DRIVERS OF PUBLIC PASSENGER TRANSPORT.

## РЕФЕРАТ

Шапенко Е.Н. Использование кластерного анализа для определения факторов, влияющих на сложность работы водителей на маршрутах городского пассажирского транспорта / Е.Н. Шапенко // Управление проектами, системный анализ и логистика. Научный журнал: в 2 ч. Ч. 1: Серия: „Технические науки” – К. : НТУ, 2014. – Вип. 13.

Многие особенности имеет работа водителя маршрутного таксомотора. Он находится в тесном взаимодействии с пассажирами, должен контролировать посадку и высадку пассажиров, выполнение расписания движения, проведения оплаты за проезд и при этом соблюдать правила дорожного движения. В результате, при обработке данных проведенного исследования факторов, влияющих на сложность работы водителей на маршрутах городского пассажирского транспорта было использовано кластерный анализ, который позволяет построить новую классификацию для мало изученных явлений, когда необходимо установить наличие связей в середине совокупности и пытаться привести ее к определенной структуре.

Для получения исходной информации были проведены натурные обследования. Опрос проходил среди водителей, работающих на автобусных маршрутах городского пассажирского транспорта. Всего в КП «Киевпастрас» работает 890 водителей на городских автобусных маршрутах и маршрутах в режиме таксомотора. Согласно методике сбора и обработки статистической информации необходимое число выборки составляет 270 чел.

Реализация технологического процесса перевозки пассажиров происходит на маршрутах городского пассажирского транспорта. Можно выделить следующие его компоненты:

- Движение по перегону маршрута;
- Простой на промежуточной остановке;
- Движение по маршруту;
- Простой на конечной остановке, и во время перерыва.

Данный структурное деление технологического процесса целесообразно из-за особенности изменения состояния водителя при различных элементах этого процесса

Итак, после проведенной обработки полученных данных методом кластерного анализа было определено ранжирование факторов, влияющих на сложность работы водителей на маршрутах городского пассажирского транспорта.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: КЛАСТЕРНЫЙ АНАЛИЗ, СЛОЖНОСТЬ, ВОДИТЕЛИ, ГОРОДСКОЙ ПАССАЖИРСКИЙ ТРАНСПОРТ.

АВТОРИ:

Шапенко Євгенія Миколаївна, Національний транспортний університет, аспірант кафедри транспортних систем та безпеки дорожнього руху, e-mail: e.shapenko@yandex.ru, тел. 093-676-77-70, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к. 435.

AUTOR:

Shapenko Eugene N., National Transport University, Postgraduate Department of Transport and Road Safety, e-mail: e.shapenko@yandex.ru, tel. 093-676-77-70, Ukraine, 01010, Kyiv, str. Suvorov 1, k 435.

АВТОРЫ:

Шапенко Евгения Николаевна, Национальный транспортный университет, аспирант кафедры транспортных систем и безопасности дорожного движения, e-mail: e.shapenko@yandex.ru, тел. 093-676-77-70, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова 1, к. 435.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Білоног О.Є., кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, кафедра транспортного права та логістики.

Кисельов В.Б., доктор технічних наук, професор, Академія муніципального управління, декан факультету Управління міським господарством, завідувач кафедри Автоматизованого управління технологічними процесами.

REVIEWER:

Bilonog O., Ph.D., Associate Professor, National Transport University, Department of transport law and logistics.

Kiselev V., Ph.D., Professor, Academy of Municipal Management, Dean of Urban management, Head of Process Control