

УДК 330.3

DOI: 10.24412/1998-5533-2025-1-446-451

Проектирование компонентной структуры мобильной транспортно-логистической системы умного города



Савин Г.В.

Кандидат экономических наук, доцент кафедры логистики и коммерции Уральского государственного экономического университета (Екатеринбург)

Целью исследования является определение компонентной структуры мобильной транспортно-логистической системы (ТЛС) умного города.

В работе использовались преобразование данных, кодирование, стандартизация, методы машинного обучения и корреляции. Сегодня в мире принята рейтинговая оценка, которая относит существующую ТЛС к категории «мобильных». Автор анализирует мобильность в умных городах мира по собственной разработанной критериальной системе оценки трансформации умного города, а также определяет лучшую модель, прогнозирующую данную категорию. Полученная модель LGBM Classifier позволяет определить основные и наиболее важные направления, которые относят современные транспортно-логистические системы к категории «мобильных» для международных рейтингов. Помимо этого, автор определяет новый целевой признак – стандартизованную перегруженность ТЛС умного города, отражающую не только мобильность, но и экономичность данных систем. Новая модель CatBoost Classifier позволяет решить данную задачу классификации и уточнить компонентную структуру мобильной транспортно-логистической системы умного города для целей дальнейшего их проектирования.

Ключевые слова: транспортно-логистическая система, умный город, критериальная система оценки, мобильность, машинное обучение, LGBM Classifier, стандартизованную перегруженность, CatBoost Classifier

Для цитирования: Савин Г.В. Проектирование компонентной структуры мобильной транспортно-логистической системы умного города // Вестник экономики, права и социологии. 2025. № 1. С. 446–451. DOI: 10.24412/1998-5533-2025-1-424-446-451.

Сегодня в области развития городских транспортно-логистических систем распространена практика внедрения или копирования успешных проектов, которая распространяется по всему миру [1–6]. Возникает вопрос о конструктивности и необходимости реализации собственных проектов в области совершенствования мобильности при развитии технологий Индустрии 4.0 и 5.0 [7–13]. Причиной этого является то, что важен результат изменений, который кардинально меняет структуру функционирования и позволяет получить наибольший экономический эффект или экономию.

С целью развития мобильности в транспортно-логистических системах необходимо провести анализ, какие факторы оказывают существенное влияние на ее формирование в крупных городах мира, по авторскому сформированному методологическому инструментарию развития и функционирования мобильных транспортно-логистических систем умного города в информационном пространстве Индустрии 4.0 и 5.0 [14], базирующегося на выделенных направлениях цифровизации, таких как контроль, сервисная поддержка, трансформация и взаимодействие, генерация знаний и их внедрение, транспор-

тировка, а также на восьмикритериальной системе трансформации умного города (табл. 1), что позволяет добиться наиболее эффективной адаптивной логистической координации всех процессов в городе.

Таблица 1
Критериальная система оценки трансформации умного города

Критерий	Пояснение
K1	Замена рутинных операций в области межфункционального и межорганизационного взаимодействия между экономическими агентами
K2	Достоверность, точность и безопасность передаваемой цифровой информации в реальном режиме времени
K3	Вовлечение потребителей в управление потоковыми процессами
K4	Интеллектуальные автоматизированные алгоритмы принятия решений
K5	Адаптивная эффективность (контроль транзакционных издержек согласно установленным нормам взаимодействия, рост уровня качества)
K6	Комплексность взаимодействия
K7	Открытая архитектура
K8	Динамический характер развития инфраструктуры

Проведём анализ мобильности в умных городах мира (150 ед.) [15], используя машинное обучение. Технология проведения анализа следующая:

- предобработка показателей авторской интегрированной потоковой модели транспортно-логистической системы (далее – ТЛС) умного города при генерации целевого признака (R_m), разделение на тренировочные, валидационные и тестовые выборки, переводим количественные данные технологией прямого (*One-Hot Encoding*) и порядкового кодирования (*Ordinal Encoding*), масштабируем данные с помощью стандартизации и добавляем полиномиальные признаки некоторых количественных данных;

- проводим исследовательский анализ с учётом корреляции признаков модели ТЛС умного города;

- решаем задачу классификации с учётом кросс-валидации, выбираем несколько моделей (Случайный лес, Логистическая регрессия, Дерево решений, градиентный бустинг *CatBoostClassifier* и *LGBMClassifier*), и перебираем гиперпараметры, рассчитываем долю правильных ответов (ассигасу), решаем вопрос с дисбалансом, доводим метрику качества модели $AUC-ROC \geq 0,85$;

- тестируем лучшую модель и сравниваем ее с необученной копией.

Анализ в разрезе выделенных критериев ($K1, K2, K3, K4, K7, K8$) и целевого признака мобильности приведём на рисунке 1.

По данным критериям цифровизации для умных городов характерны законодотворческие инициативы, инвестиции в ИКТ, облачную инфраструктуру, телекоммуникации и безопасность программного обеспечения, высокие затраты на НИОКР. Помимо этого для них важно развитие сетей *4G* и *5G*, волоконнооптических сетей, защищённых интернет-серверов, развитие мобильного широкополосного доступа, высокая степень проникновения смартфонов и доступность широкополосной сети, а также популяризация среди граждан сети Интернет и формирование новых бизнес-моделей.

На комплексных критериях $K5, K6$ остановимся более подробно. Оценка с позиции адаптивной эффективности учитывает следующие критерии (рис. 2).

Умная мобильность по критерию $K5$ характерна для безопасных транспортно-логистических систем, в которых высокая покупательская способность, ведётся работа по экологизации городской среды. Уровень временного трафика все же высокий по причине роста городского населения при текущем тренде урбанизации.

С позиции комплексности $K6$ выделим две основные линии направлений исследования с позиции: «умности», макроэкономических факторов и трендов устойчивого развития (рис. 3), а также мобильности (рис. 4).

Для городов с высоким показателем мобильности характерны высокий уровень ВВП по паритету покупательской способности и исследований. В основу ТЛС умного города с позиции мобильности заложен умный человек, гибкая и технологичная система управления всеми процессами и приспособляемость человека к нововведениям, а также грамотное городское планирование. Весомыми характеристиками выступают развитие систем паркинга и управления трафиком, экологичность транспорта, поощрение и стимулирование инновационной ак-

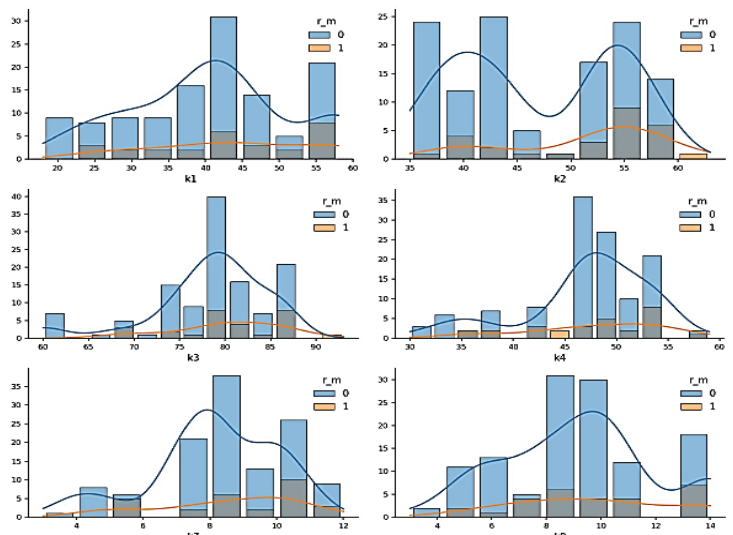


Рис. 1. Влияние критериев цифровизации на мобильность в городе

тивности, развитие и совершенствование электронных систем оплаты, направления стимулирования мобильности граждан.

Время поездки в одном направлении выступает важнейшим показателем для оценки развития мобильности. Превалируют ТЛС умного города, в которых уровень передвижения незначителен (до 30 мин.), а также в них невысокая скорость передвижения (до 30 км/ч).

Важным показателем отнесения города к мобильной категории выступает стимулирование работы на дому, пешие прогулки, более низкий показатель использования личного автотранспорта, а также наиболее интенсивное использование средств индивидуальной мобильности (СИМ). В умных и мобильных городах для общественного транспорта критичны время ожидания и длительность поездки.

Опишем предлагаемые модели машинного обучения и полученные результаты (табл. 2).

В итоге отразим основной результат модели *LGBM Classifier* на тренировочной и валидационной выборках, определяющей с точностью 94,4 % лучший результат *AUC-ROC* – 98 %. Используем технологию борьбы с дисбалансом. Оценка качества данной модели на тестовой выборке: *AUC-ROC* – 95 %, *Accuracy* – 92 %. Оценка качества константной модели на тестовой выборке: *AUC-ROC* – 48 %, *Accuracy* – 68 %.

Данные расчёты и выбор категории «умности» выступают общепринятым трендом в мировой практике. Предложим свой авторский целевой признак, на основании которого можно отнести город к данной категории, – стандартизированная перегруженность ТЛС умного города.

Приведём различия и силу влияния критериев цифровизации *K1, K2, K3, K4, K5, K6, K7, K8* на мобильность в ТЛС умного города при авторском критерии (рис. 6).

В итоге выделим существенные различия при отнесении ТЛС к категории «мобильных»: передача данных в реальном режиме времени, развитие интеллектуальных систем управления в городах, где большое внимание уделяется экологии, сокращение дистанции передвижения без «пробок», в городах с уровнем дохода существенно выше среднего уровня по стране. Также важна комплексность взаимодействия и контролируемое развитие СИМ.

Проведём исследование по отнесению ТЛС умного города к категории «мобильных» по авторскому критерию, в которых

существенно меньше потери для каждого экономического агента в год (табл. 3).

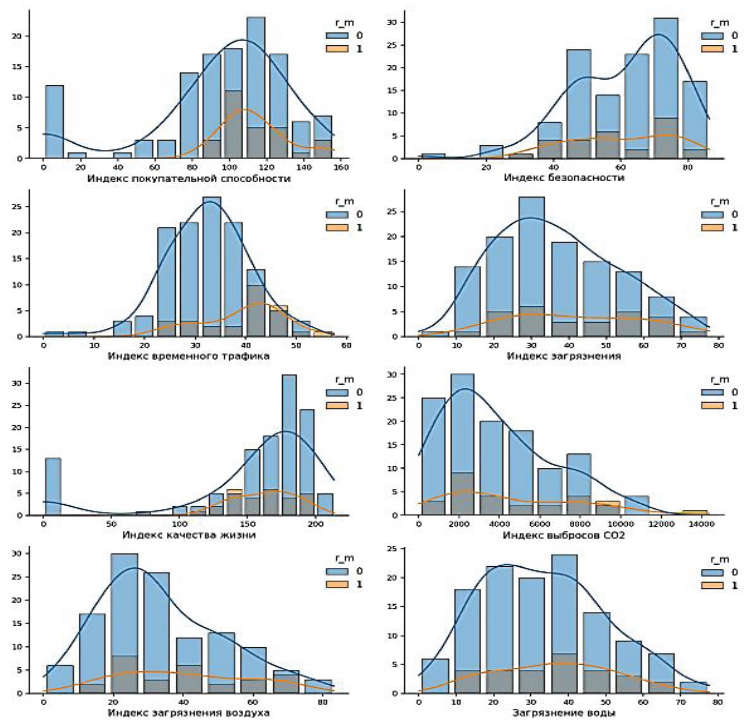


Рис. 2. Влияние критерия цифровизации *K5* на мобильность в городе

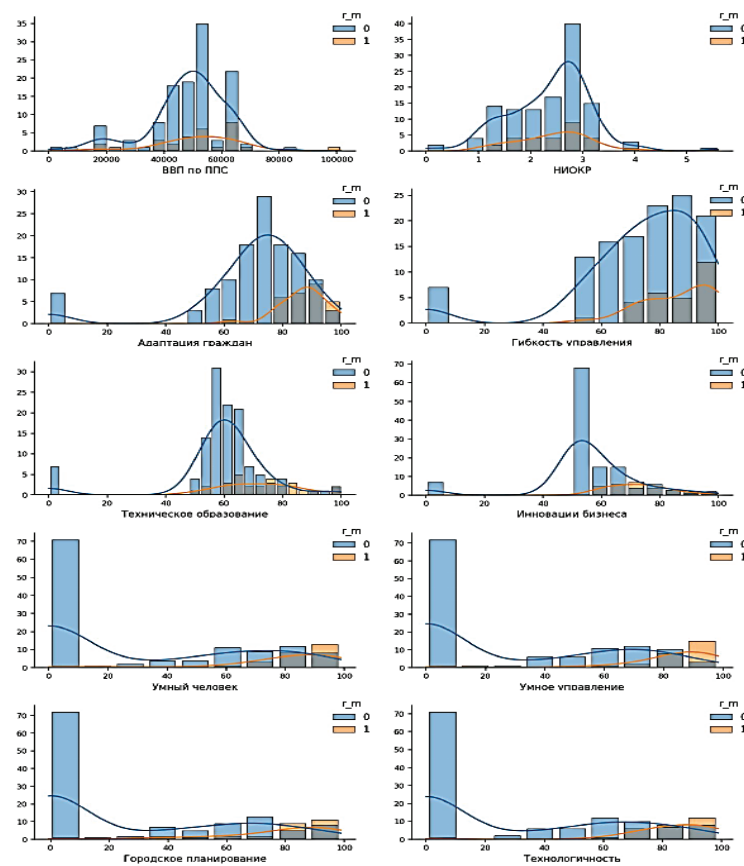


Рис. 3. Влияние комплексного критерия цифровизации *K6* на мобильность в городе с позиции «умности», макроэкономических факторов и трендов устойчивого развития

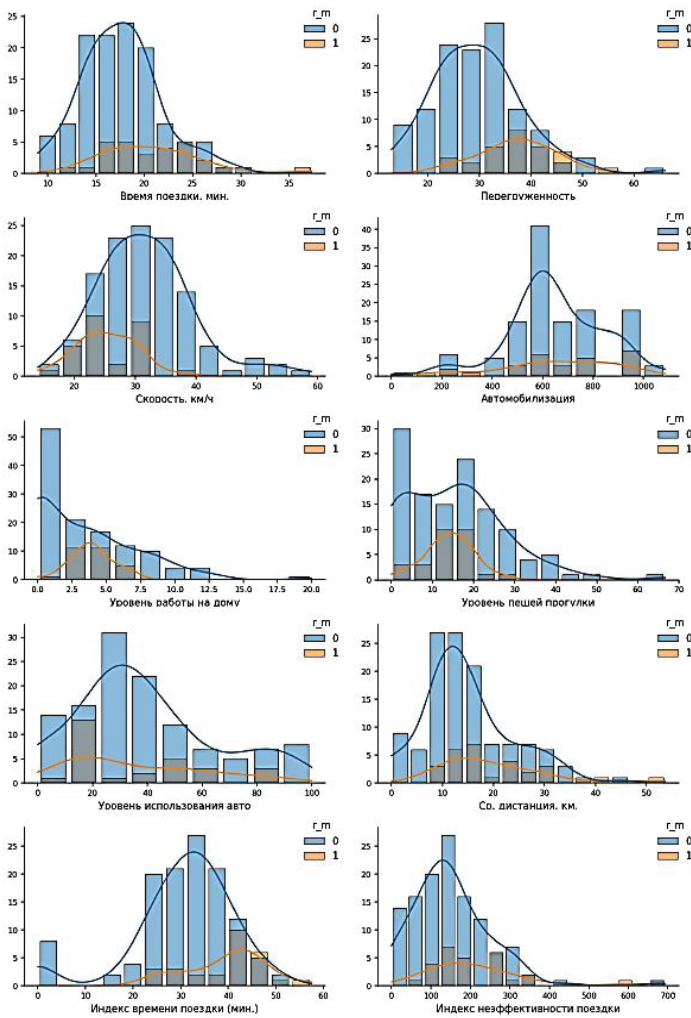


Рис. 4. Влияние комплексного критерия цифровизации K_b на мобильность в городе с позиции мобильности

Модели классификации для оценки мобильности ТЛС «умного города» и их гиперпараметры

Гиперпараметры	Случайный лес	Дерево решений	CatBoost Classifier	LGBM Classifier	Логистическая регрессия
Глубина	1-200				
Минимальный размер выборки		1-105			
Минимальное количество выборок для разделения конечного узла		1-105			
Количество деревьев	1-105			1-105	
Количество повышающих итераций			1-105		
Балансировка классов	Да	Да		Да	Да
Функция смещения					Да
Результаты					
AUC-ROC	0,975	0,938	0,977	0,980	0,909
Accuracy	0,978	0,894	0,933	0,944	0,867

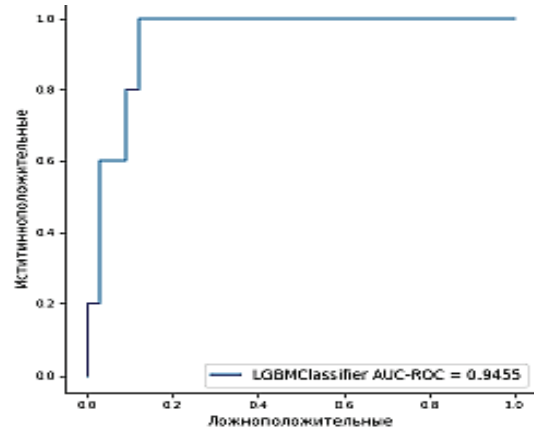


Рис. 5. ROC-кривая LGBM модели, относящих ТЛС умного города к категории «мобильных»

Таблица 3
Модели классификации для оценки мобильности ТЛС «умного города» и их гиперпараметры

Гиперпараметры	Случайный лес	Дерево решений	CatBoost Classifier	LGBM Classifier	Логистическая регрессия
Результаты					
AUC-ROC	0,920	0,950	0,983	0,982	0,824
Accuracy	0,967	0,972	0,989	0,978	0,811

В итоге отразим основной результат модели CatBoost Classifier на тренировочной и валидационной выборках, определяющей с точностью 98,9 % лучший результат AUC-ROC – 98,3 %. Используем также технологию борьбы с дисбалансом. Оценка качества данной модели на тестовой выборке: AUC-ROC – 99,54 % (рис. 7), Accuracy – 95 %. Оценка качества константной модели на тестовой выборке: AUC-ROC – 44 %, Accuracy – 63 %.

В заключение отметим, что на развитие показателя мобильности и сокращение затрат для каждого экономического агента в первую очередь оказывают факторы: умная среда, человек, экономика, управление и городское планирование. На рост скорости влияют – инвестиции в ИКТ, а также сокращение времени простоев. Лучшей моделью,

Литература:

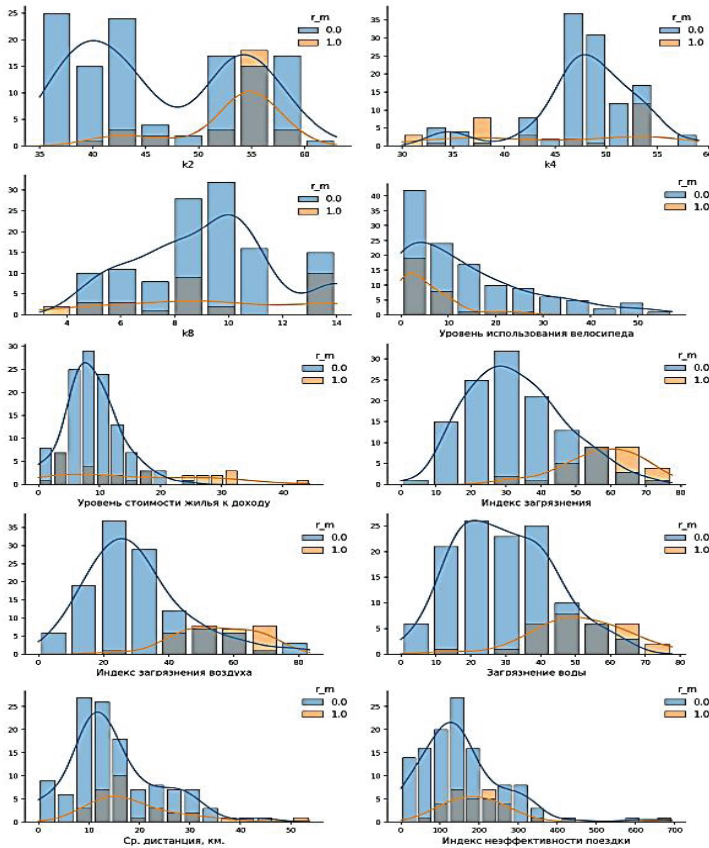


Рис. 6. Влияние критериев цифровизации на мобильность в городе по авторскому критерию

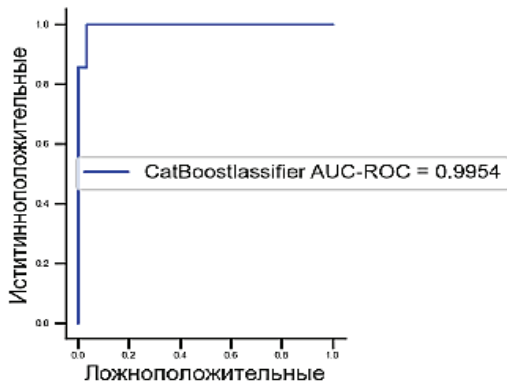


Рис. 7. ROC-кривая CatBoost Classifier модели, относящих ТЛС умного города к категории «мобильных и экономичных»

прогнозирующей категорию мобильности, а также экономичности для ТЛС умного города, выступает модель градиентного бустинга CatBoost, которая с точностью 95 % обеспечит лучшее качество прогноза AUC-ROC – 99,54 % (глубина – 1, количество итераций – 105).

1. Булгаков С.В. Интеллектуализация логистики // Наука и технологии железных дорог. 2024. Т. 8. № 2 (30). С. 27–34.
2. Илясова Е.В. Реализация концепции «умный город» в развитии территорий // Аудитор. 2024. Т. 10. № 10. С. 29–35.
3. Шульженко Т.Г., Жук А., Иванова Д.П. Логистика новой городской мобильности: ценностно ориентированный подход. М.: ООО «Научно-издательский центр ИНФРА-М», 2023. 546 с.
4. Andreas K. Sustainability and new technologies: last-mile delivery in the context of smart cities // Sustainability. 2024. Vol. 16. № 18. P. 8037.
5. Bielecki M., Galińska B., Tokarski D. Determinants and trends of logistics paradigms in industrial revolutions // Economics and Environment. 2024. Vol. 90. № 3. P. 780.
6. Goumiri S., Yahiaoui S., Djahel S. Smart Mobility in Smart Cities: Emerging challenges, recent advances and future directions // Journal of Intelligent Transportation Systems. 2023. P. 81–117. URL: <https://doi.org/10.1080/15472450.2023.2245750>
7. Булатова Н.Н., Дудин В.С., Алексеев А.В. Формирование цифровой экосистемы региональной транспортно-логистической инфраструктуры // π-Economy. 2024. Т. 17. № 3. С. 68–80.
8. Зырянов В.В., Семчугова Е.Ю., Караева М.Р., Костенко А.А. Повышение качества прогнозирования объемов перевозок с использованием нейронных сетей // Мир транспорта и технологических машин. 2024. № 1-3 (84). С. 27–34.
9. Карелина М.Ю., Грязнов М.В., Акулов А.А., Соловьев Н.В. Разработка математической модели ожидания рисков при логистических транспортных перевозках на конкретном примере // Транспортное дело России. 2024. № 4. С. 207–209.
10. Трегубов В.Н. Особенности обмена информацией в логистических сетевых структурах // Факторы укрепления социально-экономического и интеллектуального суверенитета России: [колл. моногр.] / [колл. авт.]; под общ. ред. Е.Г. Жулиной. Саратов: Амирит, 2024. 257 с. С. 91–106.
11. Щёголева Т.В., Андросов С.И., Ляпин Д.О. Синергетический подход к интеграции управления, логистики и предпринимательства в рамках цифровой трансформации // Развитие малого предпринимательства в Байкальском регионе. Материалы 6-й межд. науч.-практ. конф. Иркутск, 2024. С. 254–258.
12. Afanassenko I.D., Borisova V.V. Artificial intelligence in digital type logistics systems // Advances in Research on Russian Business and Management. 2021. P. 233–240.
13. Behrendt F., Sheller M. Mobility data justice // Mobilities. 2023. P. 151–169. URL: <https://doi.org/10.1080/17450101.2023.2200148>.

14. Савин Г.В., Савина В.В. Построение интегрированной потоковой модели транспортно-логистической системы умного города // Экономическое развитие России. 2024. Т. 31. № 12. С. 87–92.
15. EasyPark Smart City Index 2025. URL: <https://www.easyparkgroup.com/smart-cities-index> (дата обращения: 20.12.2024).

Designing the Component Structure of the City Mobile Transport and Logistics System

Savin G.V.

Ural State University of Economics (Yekaterinburg)

The purpose of the study is to determine the component structure of the mobile transport and logistics system (TLS) of a smart city. The work used data preprocessing, coding, standardization, machine learning methods and correlations. Today, a rating assessment has been adopted in the world, which classifies the existing TLS as "mobile." The author analyzes mobility in smart cities of the world according to his own developed criterion system for assessing the transformation of a smart city, and also determines the best model that predicts this category. The resulting LGBM Classifier model allows you to determine the main and most important areas that classify modern transport and logic systems as "mobile" for international ratings. In addition, the author defines a new target feature – the standardized congestion of the smart city TLS, reflecting not only the mobility, but also the efficiency of these systems. The new CatBoost Classifier model allows you to solve this classification problem and clarify the component structure of the mobile transport and logistics system of a smart city for their further design.

Keywords: transport and logistics system (TLS), smart city, criterion assessment system, mobility, machine learning, LGBM Classifier, standardized congestion, CatBoost Classifier

