

УДК 656.1, 504.054

DOI: 10.17586/2310-1172-2021-14-3-3-11

Научная статья

Оценка влияния интеллектуальных транспортных систем на экологическую безопасность транспорта Санкт-Петербурга

Анисимова А.И. alina.anisimova.97@mail.ru

Мальцев Д.С. dima.malcev.1997@hotmail.com

Канд. экон. наук **Лебедева А.С.** aslebedeva@itmo.ru

Университет ИТМО

197101, Россия, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., д. 49

В данном исследовании проводится оценка влияния компонентов интеллектуальной транспортной системы Санкт-Петербурга на экологическую безопасность города с целью выявления наиболее значимых из них с точки зрения загрязняющих окружающую среду факторов. В ходе анализа проблемы недостаточного обеспечения экологической безопасности Санкт-Петербурга в сравнении с зарубежными городами определено, что на уровень загрязнения мегаполисов влияет наличие и развитость интеллектуальной транспортной системы. Экологическая ситуация в Санкт-Петербурге усугубляется с каждым годом как с точки зрения воздействия на воздушное пространство, так и на почвенные покровы, которые имеют гораздо больший период восстановления, чем атмосфера. Следовательно, объектом исследования является интеллектуальная транспортная система и ее компоненты, а предметом – ее воздействие на экологическую безопасность Санкт-Петербурга. В связи с этим в работе проведен анализ компонентов интеллектуальной транспортной системы и определено их возможное прямое или косвенное влияние на уровень загрязнения на основе выполняемых ими функций. Дальнейшее исследование компонентов выполнено с помощью экспертного опроса с учетом произведенной оценки компетентности и согласованности мнений экспертов. Выявлено, что «умные» светофоры, автоматизированное управление освещением, детекторы транспортного потока и информационное табло оказывают наиболее сильное влияние на обеспечение экологической безопасности мегаполиса. Однако достижение максимального эффекта возможно только при сбалансированном развитии всех компонентов интеллектуальной системы управления транспортными потоками. Полученные результаты исследования имеют практическую значимость для разработки элементов политики и стратегии Санкт-Петербурга в области развития транспортной системы в отношении показателя экологической безопасности.

Ключевые слова: экологическая безопасность, наземный транспорт мегаполиса, инновации, индекс загрязнения, интеллектуальные транспортные системы.

Assessment of the influence of intellectual transportation systems on ecological safety of Saint Petersburg transport

Anisimova A.I. alina.anisimova.97@mail.ru

Maltsev D.S. dima.malcev.1997@hotmail.com

Ph.D. **Lebedeva A.S.** aslebedeva@itmo.ru

ITMO University

49, Kronverksky Ave., Saint Petersburg, 197101, Russia

Scientific article

This study evaluates the impact of the components of the intelligent transport system of St. Petersburg on the environmental safety of the city in order to identify the most significant of them from the point of view of environmental polluting factors. In the course of analyzing the problem of insufficient provision of environmental safety of St. Petersburg in comparison with foreign cities, it was determined that the level of pollution in megacities is influenced by the presence and development of an intelligent transport system. The ecological situation in St. Petersburg is aggravated

every year both in terms of the impact on the airspace and on the soil cover, which have a much longer recovery period than the atmosphere. Consequently, the object of research is an intelligent transport system and its components, and the subject is its impact on the environmental safety of St. Petersburg. In this regard, the work analyzes the components of an intelligent transport system and determines their possible direct or indirect impact on the level of pollution based on their functions. Further research of the components was carried out using an expert survey, taking into account the assessment of competence and the consistency of expert opinions. It was revealed that "smart" traffic lights, automated lighting control, traffic flow detectors and information boards have the strongest impact on ensuring the environmental safety of a metropolis. However, achieving the maximum effect is possible only with a balanced development of all components of an intelligent traffic management system. The obtained results of the study are of practical importance for the development of elements of the policy and strategy of St. Petersburg in the field of development of the transport system in relation to the indicator of environmental safety.

Keywords: environmental safety, land transport of a metropolis, innovation, pollution index, intelligent transport systems.

Введение

Одним из главных приоритетов Транспортной стратегии России вплоть до 2030 года является повышение уровня экологической безопасности, снижение отрицательного воздействия транспорта на окружающую среду и улучшение условий жизни населения с точки зрения мобильности. Согласно отчету об экологической ситуации в 2019 году, город Санкт-Петербург, являясь вторым по численности населения и промышленному потенциалу городом страны, имеет колоссальное негативное влияние от передвижных источников транспортных средств по сравнению со стационарными: 14,8% или 461,1 тыс. тонн загрязняющих веществ от стационарных источников, 85,2% или 80,4 тыс. тонн – от транспортных средств. Для мониторинга степени загрязнений по всему городу расположены станции для оценки качества воздуха, по которым фиксируют месячные и годовые результаты [0].

Опыт зарубежных стран показывает, насколько важно уделять внимание и проводить мероприятия по вопросам экологической ситуации на транспорте. Для данных целей помимо административных, законодательных и стимулирующих мер, внедряются инновации, направленные на интеллектуализацию транспортной системы. Каждый из компонентов интеллектуальной транспортной системы (ИТС) создает единую сеть, взаимосвязь которой обеспечивает бесперебойную работу и комплексное, эффективное управление транспортом. Однако открытым остается вопрос относительно влияния отдельных внедряемых компонентов ИТС на экологическую безопасность транспорта мегаполиса, соответственно не оцениваются эффекты от данных мероприятий в контексте экологической безопасности, несмотря на возрастающий интерес к данной проблематике в научной литературе.

Вопросы экологической безопасности на транспорте в своих работах рассматривали такие авторы, как Е. И. Павлова, В.К. Новиков, Свинцов, Е.С., Графкина, М. В., где приведены общие вопросы и специфические аспекты изучаемой темы [2,3,4]. Отраслевая отечественная и зарубежная практика отражена в учебнике «Экология транспорта и устойчиво развитие» Карапетянц, И.В. [5]. Важность при решении задач в области автоматизации и оптимизации в современном мире отражена в монографии автора Душкин Р.В. и в учебнике Андронova С.А., Фетисова В.А. «Интеллектуальные транспортные системы» [6,7]. Следует отметить, что основные исследования в области ИТС сконцентрированы преимущественно на автоматизацию компонентов системы города, в то время как отсутствуют исследования, изучающие вопросы интеллектуализации и автоматизации во взаимосвязи.

С каждым годом проблемы экологической безопасности на транспорте обращают на себя всё большее внимание не только в России, но и, главным образом, за рубежом. В связи с этим, необходимо не только проводить собственные исследования и разработки, но также обратить внимание на уже имеющиеся и внедренные инновационные решения в других странах с использованием ИТС. ИТС – система, повышающая качественный уровень взаимодействия участников движения посредством предоставления конечным потребителям большой информативности и безопасности, используя инновационные разработки в регулировании транспортных потоков и моделировании транспортных систем. Эффективная автоматизация в сфере транспорта способна не только наладить работу мегаполисов, но и повлиять на экологическую безопасность на транспорте.

Методология исследования

Актуальность проблематики и отсутствие релевантных исследований обуславливает цель работы, которая заключается в определении степени влияния компонентов ИТС на экологическую безопасность транспорта города Санкт-Петербург. В соответствии с целью необходимо решить следующие задачи:

1. Проанализировать влияние транспортных средств на экологическую безопасность города Санкт-Петербург;
2. Выявить компоненты ИТС, которые способны оказать влияние на окружающую среду в сфере транспорта;

3. Провести оценку влияния компонентов ИТС на экологическую безопасность транспорта города Санкт-Петербург на основе экспертного опроса.

Поставленные задачи обуславливают необходимость в применении таких методов, как анализ, группировка, метод балльной оценки, экспертный метод, анализ согласованности мнений экспертов.

Анализ проблемы загрязнения окружающей среды города Санкт-Петербург в результате воздействия транспорта

Согласно ФЗ от 10.01.2002 N 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» экологическая безопасность – это «состояние защищенности природной среды и жизненно важных интересов человека от возможного негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, их последствий» [8]. Ежегодно в докладе по экологической ситуации в Санкт-Петербурге проблема загрязнения транспортными средствами окружающей среды классифицируется как наиболее острая и требующая комплексных и безотлагательных решений. Основным источником загрязнения атмосферного воздуха признан передвижной тип, показатель которого составляет около 80% в общей доле уровня загрязнения атмосферы [0].

На рис. 1 представлены данные по индексу загрязнения в соотношении с количеством населения Санкт-Петербурга и зарубежных городов, активно внедряющих и развивающих ИТС: Хельсинки (А), Сидней (В), Иокогама (С), Сингапур (D), Прага (Е), Париж (F), Лондон (G), Пекин (J), Сеул (K), Рим (L), Берлин (M), Санкт-Петербург. Согласно методике расчета индекса [9], чем он выше, тем выше степень загрязнения окружающей среды выше.

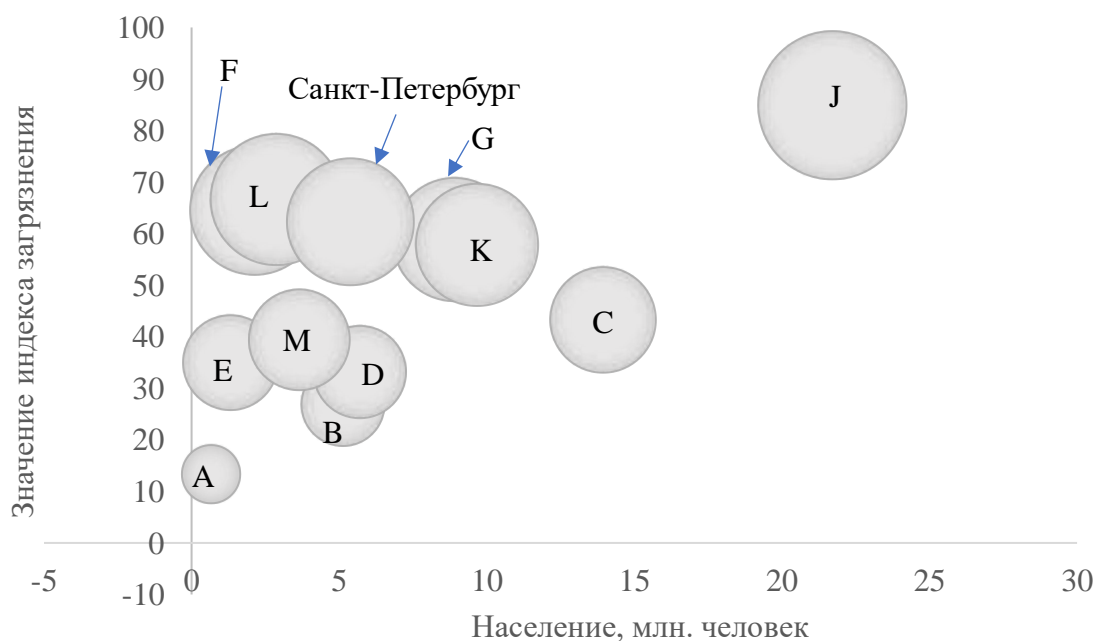


Рис. 1. Сравнительный анализ зарубежных городов с развитой ИТС и Санкт-Петербурга по индексу загрязнения

Составлено авторами по данным аналитического сервиса <http://numbeo.com/> [9]

Результаты анализа показывают высокое значение индекса загрязнения в Санкт-Петербурге по сравнению с такими городами, как Сеул, Лондон, Сингапур, Токио и Сидней, где количество проживающих сопоставимо или превышает показатель в Санкт-Петербурге. Сидней и Сингапур имеют индекс ниже, чем Санкт-Петербург на 35 и 29 единиц соответственно. Население Токио в два раза превышает население Санкт-Петербурга, однако его индекс загрязнения ниже 19 единиц. При этом данные города имеют наиболее развитые ИТС.

Коэффициент корреляций, отражающий тесноту взаимосвязи между количеством населения в городах и индексом загрязнения, составляет 0,59. Это означает среднюю степень взаимосвязи данных факторов: чем больше населения в конкретном городе, тем выше уровень загрязнения, однако существуют и другие факторы, которые определяют экологическую безопасность, в частности внедрение интеллектуальных технологий в систему городского транспорта, как основного источника атмосферного загрязнения.

Атмосферная среда легче растворяет продукты отработанных газов за счет постоянной циркуляции, чем почвенный покров, что усугубляет негативное воздействие транспорта на него. Ухудшение состояния почвы

признано последствием негативного влияния, в первую очередь, автомобильного и железнодорожного транспорта. Качество почвенного покрова отражает превышения предельно допустимых концентраций (ПДК) по кадмию, меди, свинцу, цинку и бензапирена в связи с повышением уровня транспортной нагрузки. Характеристика превышения ПДК относится главным образом к содержанию тяжелых металлов, металлоидов, бензапирена, нефтепродуктов, полихлорированные бифенилы, полихлорированные дибензопарадиоксины и дибензолфураны [1]. При этом ситуация в различных районах города кардинально отличается (рис. 2).

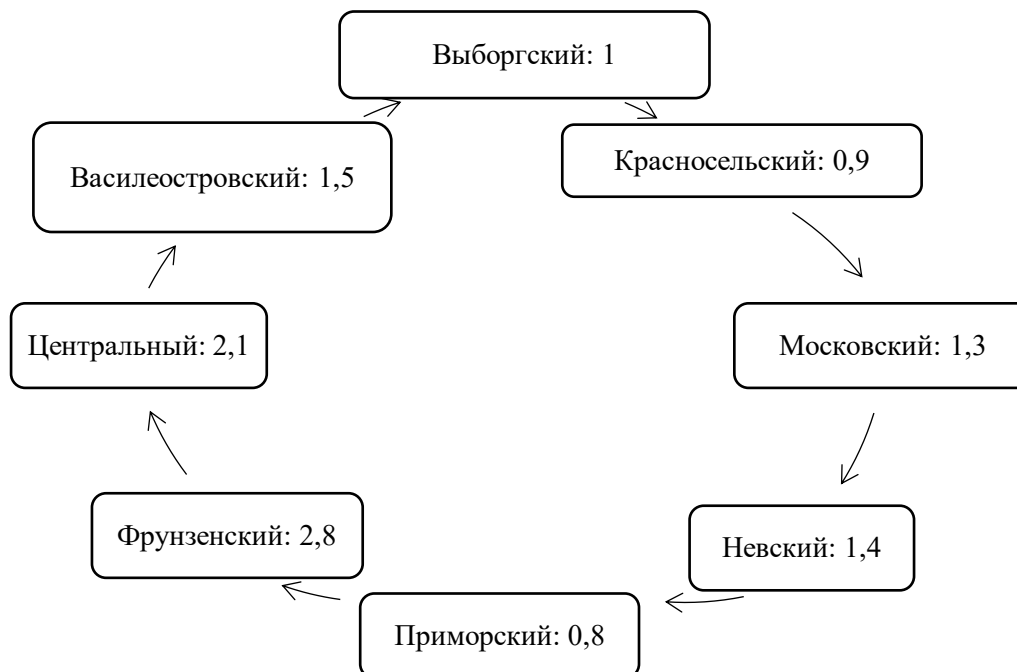


Рис. 2. Превышающие значения ПДК в почве по районам города Санкт-Петербург в 2019 году
Составлено авторами по данным доклада об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2019 году [1]

Наиболее загрязненными являются Центральный, Фрунзенский, Василеостровский, Невский и Московский районы. Эти же районы характеризуются высокой интенсивностью движения транспорта и плотностью транспортных потоков в течение наиболее продолжительного исторического периода. В Докладе признается прямая связь загрязнений почвы и интенсивности использования транспортных средств в городе, что создает огромные проблемы с благополучием и здоровьем жителей, в особенности маленьких детей, у которых иммунитет ещё не полностью сформировался.

Таким образом, без принятия комплексных мер по снижению негативного влияния транспорта на состояние окружающей среды проблема загрязнения будет неизбежно усугубляться. Одним из комплексных решений, способных положительно повлиять на экологическую безопасность транспорта, является внедрение компонентов ИТС, составляющую основу концепции «умного» транспорта.

ИТС, как способ решения проблем экологической безопасности транспорта мегаполиса

ИТС представляет собой комплекс взаимосвязанных посредством телекоммуникационных технологий оборудования для выполнения следующих функций:

- мониторинг состояния транспортного потока и физических условий на дороге;
- обработка информации в центре управления интеллектуальной транспортной системы;
- координированное управление «умных» светофоров и других средств регулирования;
- предоставление конечным пользователям большей информативности и безопасности [10, С. 19].

Комплекс оборудования ИТС включает восемь основных элементов: детекторы транспортного потока, информационные табло, дорожные видеокamеры, средства автоматической фиксации нарушений, электронные средства оплаты проезда, умные светофоры, автоматизированное управление освещением и центр управления ИТС, который и является связующим звеном всех остальных элементов.

Дорожные видеокamеры в ИТС имеют высокое разрешение и позволяют эффективно осуществлять мониторинг за дорожным потоком, распознавать буквенно-символьные изображения на номерах, выделять и трассировать движущиеся объекты, а также выполнять захват кадров с государственными регистрационными знаками транспортных средств. Данный элемент является частью подсистемы управления потоками,

интенсивность которых напрямую влияет на уровень загрязнения атмосферы и прилегающих к дорогам территорий. Кроме того, поступление информации о происшествиях на участках дороги в режиме реального времени ускоряет процесс устранения их последствий и снижает вероятность и плотность образования заторов, что также отражается на экологической обстановке и техногенной безопасности из-за выделяемых выхлопных газов.

«Умный» светофор посредством специальной программы и на основе поступающей информации от других элементов системы способен самостоятельно принимать решения для регулирования дорожного движения. Это позволяет увеличивать пропускную способность участка дороги, также предотвращая образование заторов.

Детекторы транспортного потока осуществляют фиксирование присутствия транспортного средства или факт его прохождения в контролируемой им зоне, посредством их осуществляется подсчёт транспортных средств и, соответственно, определяется интенсивность транспортных потоков. Так как функции данного элемента являются обеспечивающими для других элементов системы, то данный элемент не оказывает прямого воздействия на экологическую безопасность, однако без формируемых им статистических данных будет невозможно регулирование интенсивности транспортного потока [11, 12].

Транспондеры – устройства, необходимые для безостановочного движения по платным дорогам, устанавливающиеся на лобовом стекле транспортного средства. Для их активизации водителю достаточно сбросить скорость до 30 км/ч. Данный элемент решает проблему необходимости остановки на классических платных дорогах, которая способствовала образованию заторов. Также сокращение времени нахождения в пути снижает объемы вырабатываемых загрязняющих веществ. Следовательно, данный элемент оказывает непосредственное влияние на экологическую безопасность, упрощая процедуру пользования платными дорогами.

Информационное табло служит для оповещения водителей о возникшей транспортной ситуации, что напрямую сказывается на транспортных потоках, позволяя их перераспределять, уменьшать дорожные заторы и время пути следования транспортных средств.

Автоматизированное управление освещением способно самостоятельно принимать решение о своей активности, получая информацию с различных датчиков или других элементов систем ИТС в зависимости от различных факторов, например времени суток или дорожной ситуации. Данная система имеет прямое влияние на экологическую безопасность за счёт уменьшения затрат на электроэнергию, которая в отечественной практике преимущественно не является экологически чистой.

Средства автоматической фиксации нарушений являются контролирующим элементом и дополнительным фактором, стимулирующим водителей не нарушать ПДД. Данная система способствует предотвращению техногенных ДТП и вследствие чего косвенно влияет на экологическую безопасность [13, 14].

На рис. 3 представлены элементы ИТС, которые оказывают как прямое, так и косвенное влияние на экологическую безопасность на транспорте.

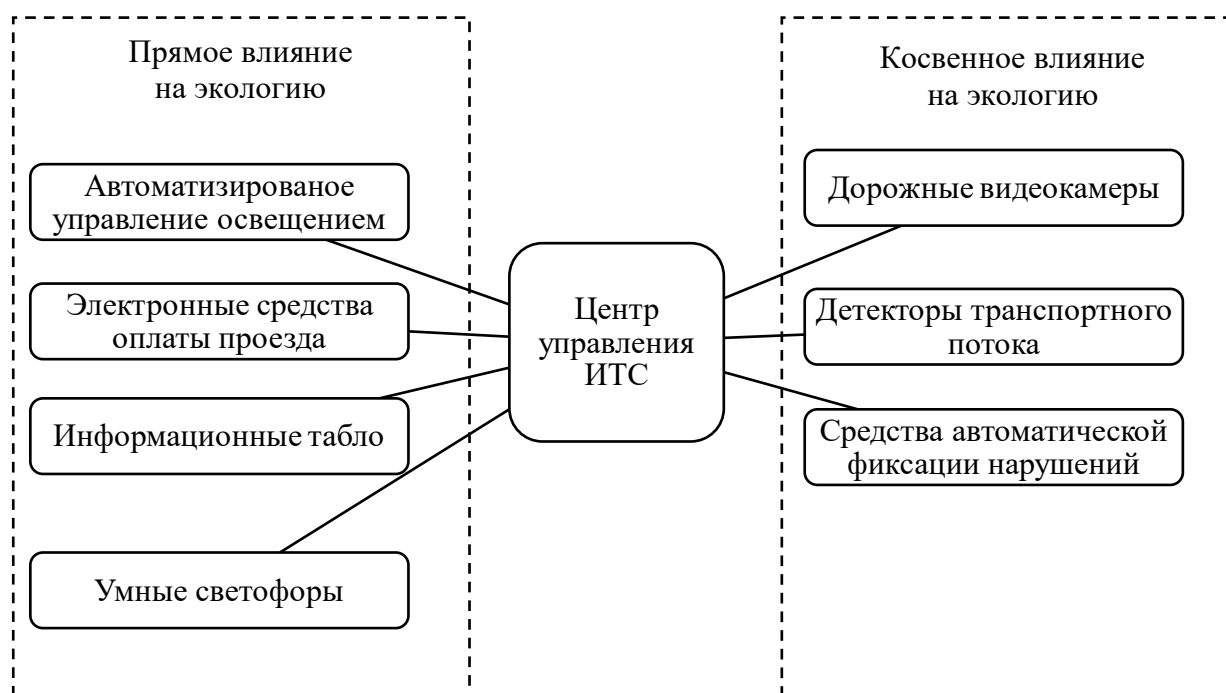


Рис. 3. Влияние элементов ИТС на экологическую безопасность транспорта

Исследование влияния ИТС на экологическую безопасность транспорта города Санкт-Петербург

С целью оценки влияния отдельных компонентов ИТС на экологическую безопасность города Санкт-Петербург был проведен экспертный опрос [15], так как для проведения факторного анализа недостаточно статистических данных. В качестве экспертов выступали управляющие среднего и высшего звена предприятий транспортно-логистической отрасли с опытом работы в отрасли транспорта более 7 лет.

Экспертами были проранжированы элементы ИТС по степени их влияния на экологическую безопасность города Санкт-Петербург по шкале от 1 до 7 в порядке возрастания:

- 1 дорожные видеокамеры (O1);
- 2 умные светофоры (O2);
- 3 детекторы транспортного потока (O3);
- 4 электронные средства оплаты проезда (транспондеры) (O4);
- 5 информационные табло (O5);
- 6 автоматизированное управление освещением (O6);
- 7 средства автоматической фиксации нарушений (O7).

Результаты экспертного оценивания приведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты экспертного оценивания

Элемент	Э1	Э2	Э3	Э4	Э5	Э6	Э7	Э8	Э9	Э10	Э11	Э12	Сумма оценок	Средняя оценка
O1	1	3	3	1	5	2	1	2	6	2	3	4	33	2,8
O2	7	7	4	7	7	7	7	6	5	6	6	7	76	6,3
O3	2	5	6	3	6	1	3	4	7	7	4	6	54	4,5
O4	4	2	5	2	4	3	4	5	1	1	7	5	43	3,6
O5	5	4	2	4	3	4	5	7	3	3	2	3	45	3,8
O6	6	6	7	6	2	6	6	3	2	4	5	2	55	4,6
O7	3	1	1	5	1	5	2	1	4	5	1	1	30	2,5

Для повышения точности вычислений была использована групповая экспертная оценка, получаемая суммированием взвешенных индивидуальных оценок. Оценка компетентности эксперта рассчитана по формуле:

$$(3) K_j = \frac{(X_{ij} \times M_i)}{(M_i \times S_i)}$$

где: K_j – коэффициент компетентности j -го эксперта; X_{ij} – оценка i -го объекта, поставленная j -м экспертом; M_i – средняя оценка i -го объекта; S_i – сумма оценок i -го объекта.

В табл. 2 представлены взвешенные экспертные оценки с учетом коэффициентов компетентности экспертов.

Таблица 2

Взвешенные экспертные оценки с учетом коэффициентов компетентности экспертов

Эксперт	Коэффициенты компетентности	Объект						
		O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7
Э1	0,085	0,0847	0,5932	0,1695	0,3390	0,4237	0,5085	0,2542
Э2	0,087	0,2605	0,6080	0,4343	0,1737	0,3474	0,5211	0,0868
Э3	0,082	0,2469	0,3292	0,4938	0,4115	0,1646	0,5761	0,0823
Э4	0,084	0,0837	0,5865	0,2513	0,1675	0,3351	0,5027	0,4189
Э5	0,084	0,4175	0,5845	0,5010	0,3340	0,2505	0,1670	0,0835
Э6	0,082	0,1639	0,5737	0,0819	0,2459	0,3278	0,4918	0,4098
Э7	0,086	0,0861	0,6028	0,2583	0,3444	0,4306	0,5167	0,1722
Э8	0,083	0,1664	0,4993	0,3328	0,4160	0,5825	0,2496	0,0832

Эксперт	Коэффициенты компетентности	Объект						
		O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7
Э9	0,078	0,4655	0,3879	0,5431	0,0775	0,2327	0,1551	0,3103
Э10	0,082	0,1647	0,4941	0,5765	0,0823	0,2470	0,3294	0,4118
Э11	0,083	0,2503	0,5006	0,3337	0,5841	0,1668	0,4172	0,0834
Э12	0,084	0,3362	0,5885	0,5044	0,4203	0,2522	0,1681	0,0840
Взвешенные оценки		2,7269	6,3488	4,4811	3,5968	3,7614	4,6038	2,4808

Данные оценки не имеют повторяющихся значений по взвешенным оценкам, следовательно, могут быть определены по убыванию влияния. Ранжированные по степени снижения влияния на экологическую безопасность транспорта компоненты ИТС отражены в табл. 3.

Таблица 3

Оценка элементов ИТС по убыванию степени влияния

Элемент	Экспертная оценка
умные светофоры	6,3488
автоматизированное управление освещением	4,6038
детекторы транспортного потока	4,4811
информационные табло	3,7614
электронные средства оплаты проезда (транспондеры)	3,5968
дорожные видеорекамеры	2,7269
средства автоматической фиксации нарушений	2,4808

По мнению экспертов наибольшее влияние на экологическую безопасность оказывают «умные» светофоры, автоматизированное управление освещением, детекторы транспортного потока и информационное табло. Однако не стоит забывать, что ИТС это комплексная система и перечисленные элементы не могут в полной мере генерировать ожидаемые эффекты без остальных элементов.

Для выявления качества проведенного исследования была определена коэффициент конкордации (W) для определения согласованности мнений эксперта, который изменяется в диапазоне от 0 до 1, где 0 – означает полную несогласованность, а 1 - полную согласованность. Коэффициента конкордации определен по формуле:

$$(4) W = \frac{12 \times S}{n^2 \times (m^3 - m)}$$

где: S – сумма квадратов отклонений суммы оценок каждого объекта от их среднего значения; n – число экспертов; m – число объектов оценки.

Коэффициент конкордации определен следующим образом:

$$W = \frac{12 * 1452}{12^2 * (7^3 - 7)} = 0,3601$$

Полученное значение говорит о том, что мнение экспертов являются частично согласованными, что может являться следствием опыта и должностей экспертов. Также это говорит о сложности выделения наиболее влиятельных на экологическую безопасность элементов в комплексной системе ИТС в связи со спецификой принципа ее работы.

Выводы

Таким образом, различные компоненты ИТС оказывают прямое или косвенное влияние на экологическую безопасность города с разной степенью. При этом согласно результатам экспертного опроса наибольшее влияние оказывают такие компоненты, как «умные» светофоры, автоматизированное управление освещением, детекторы

транспортного потока и информационное табло. Светофоры, информационное табло и детекторы оказывают воздействие на интенсивность транспортного потока, перераспределяя его, что приводит к снижению вероятности образования заторов и уровню загрязнения воздушного пространства. Автоматизированное управление освещением позволяет рационально использовать электроэнергию, производство которой относится к негативным факторам воздействия на окружающую среду. Однако мнение экспертов частично согласовано при решении вопроса о влиянии ИТС на экологическую обстановку Санкт-Петербурга по причине специфики построения и функционирования ИТС, которая выражается в тесном взаимодействии всех ее компонентов. Следовательно, для получения максимального эффекта влияния на экологическую безопасность необходимо сбалансированно развивать все элементы ИТС, а не только те, которые оказывают прямое влияние.

Литература

1. Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2019 году. Под редакцией Серебрицкого И.А. СПб.: «Типография Глори». 2020. С. 179.
2. Экологическое обоснование проектных решений: Учебное пособие для студентов вузов ж.-д. транспорта / Е.С. Свинцов, О.Б. Суровцева, М.В. Тишкина; под ред. Е.С. Свинцова. – Москва: Издательство "Маршрут", 2006. – 302 с.
3. Экология транспорта: учебник и практикум для бакалавров / Е. И. Павлова, В. К. Новиков. — 5-е изд., перераб. и доп. М.: Издательство Юрайт, 2014. — 479 с. — Серия: Бакалавр. Базовый курс.
4. *Графкина, М.В.* Экология и экологическая безопасность автомобиля: учебник / М.В. Графкина, В.А. Михайлов, К.С. Иванов. 2-е изд., испр. и доп. — М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2019. С. 320.
5. Экология транспорта и устойчиво развитие: учебник / И.В. Карапетянц; под ред. И.В. Карапетянц, Е.И. Павловой. – Москва: ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2019. – 370 с. – ISBN 978-5-907055-72-8.
6. *Душкин Р. В.* Интеллектуальные транспортные системы. Книга. Москва: ДМК Пресс, 2020. - 280 с.
7. *Андронов С.А.* Интеллектуальные транспортные системы: учебное пособие / Андронов С.А., Фетисов В.А. — Саратов: Ай Пи Ар Медиа. 2019. С. 260ю
8. Федеральный закон от 10.01.2002 N 7-ФЗ (ред. от 28.12.2013 N 406-ФЗ) «Об охране окружающей среды» // Статья 1. Основные понятия. 2013.
9. *NUMBEO // Pollution Index by City 2021.*
10. *Беляков В.В.* Автоматические системы транспортных средств / В. В. Беляков. - Москва: ИНФРА-М, 2019. - 352 с. - ISBN 978-5-91134-980-6.
11. *Лысцева М.* «Умные» светофоры, датчики в асфальте. Как технологии борются с пробками и нарушителями // ТАСС, информационное агентство. 2019.
12. *Груздев М.В.* Технические средства измерения характеристик транспортных потоков // Пресс-центр компании ITV. 2005.
13. Интеллектуальные транспортные системы (ИТС) // CameraIQ – машинное зрение и научная визуализация. 2020.
14. Интеллектуальная транспортная инфраструктура (ИТС) Россия // TAdviser – портал выбора технологий и поставщиков. 2021.
15. *Гарифулин А.Ф.* Экспертное оценивание при разработке эффективной стратегии // Справочник экономиста. 2013. №8.

References

1. Doklad ob ekologicheskoi situatsii v Sankt-Peterburge v 2019 godu. Pod redaktsiei Serebritskogo I.A. SPb.: «Tipografiya Glori». 2020. S. 179.
2. Ekologicheskoe obosnovanie proektnykh reshenii: Uchebnoe posobie dlya studentov vuzov zh.-d. transporta / E.S. Svintsov, O.B. Surovtseva, M.V. Tishkina; pod red. E.S. Svintsova. – Moskva: Izdatel'stvo "Marshrut", 2006. – 302 s.
3. Ekologiya transporta: uchebnik i praktikum dlya bakalavrov / E. I. Pavlova, V. K. Novikov. — 5-e izd., pererab. i dop. — M.: Izdatel'stvo Yurait, 2014. — 479 s. — Seriya: Bakalavr. Bazovyi kurs.
4. Grafkina, M. V. Ekologiya i ekologicheskaya bezopasnost' avtomobilya: uchebnik / M.V. Grafkina, V.A. Mikhailov, K.S. Ivanov. — 2-e izd., ispr. i dop. — M.: FORUM: INFRA-M, 2019. S. 320.
5. Ekologiya transporta i ustoichivo razvitie: uchebnik / I.V. Karapetyants; pod red. I.V. Karapetyants, E.I. Pavlovoi. – Moskva: FGBU DPO «Uchebno-metodicheskii tsentr po obrazovaniyu na zheleznodorozhnom transporte», 2019. – 370 s. – ISBN 978-5-907055-72-8.
6. Dushkin, R. V. Intellektual'nye transportnye sistemy. Kniga. Moskva: DMK Press, 2020. - 280 s.
7. Andronov S.A. Intellektual'nye transportnye sistemy: uchebnoe posobie / Andronov S.A., Fetisov V.A. Saratov: Ai

- Pi Ar Media. 2019. S. 260yu
8. Federal'nyi zakon ot 10.01.2002 N 7-FZ (red. ot 28.12.2013 N 406-FZ) «Ob okhrane okruzhayushchei sredy» // *Stat'ya 1. Osnovnye ponyatiya*. 2013.
 9. NUMBEO // Pollution Index by City 2021.
 10. Belyakov V.V. Avtomaticheskie sistemy transportnykh sredstv / V. V. Belyakov. - Moskva: INFRA-M, 2019. - 352 s. - ISBN 978-5-91134-980-6.
 11. Lystseva M. «Umnye» svetofory, datchiki v asfal'te. Kak tekhnologii boryutsya s probkami i narushitelyami // *TASS, informatsionnoe agentstvo*. 2019.
 12. Gruzdev M.V. Tekhnicheskie sredstva izmereniya kharakteristik transportnykh potokov // *Press-tsentri kompanii ITV*. 2005.
 13. Intellektual'nye transportnye sistemy (ITS) // *CameraIQ – mashinnoe zrenie i nauchnaya vizualizatsiya*. 2020.
 14. Intellektual'naya transportnaya infrastruktura (ITS) Rossiya // *TAdviser – portal vybora tekhnologii i postavshchikov*. 2021.
 15. Garifulin A.F. Ekspertnoe otsenivanie pri razrabotke effektivnoi strategii // *Spravochnik ekonomista*. 2013. №8.

Статья поступила в редакцию 11.05.2021 г
Received 11.05.2021