

**Разработка модели оценки технического состояния Багдадских мостов****М. А. Аль-Жанаби¹**✉¹Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, г. Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. Целью данной статьи является разработка значимой модели для оценки состояния мостов, которая служит вторичным источником информации при определении рейтингов их состояния не только в г. Багдаде, но и в других регионах со схожими условиями эксплуатации. Также в статье представлены такие методы, как математическая статистика, теория вероятностей и математическая теория планирования, с помощью которых был проведен эксперимент с использованием результатов обследования мостов. В настоящее время для определения срока службы сооружений Комиссией по аудиту используются финансовые модели амортизации, а альтернативной формулы для прогнозирования срока службы мостов в стране не существует. На основе имеющихся исследований моделей износа в статье рассмотрен новый подход. В основу подхода были положены последние оценки состояния тридцати конструктивных элементов моста и результаты инспекций, проведенных Департаментом общественных работ и автодорожных мостов. Задача состояла в том, чтобы определить, могут ли имеющиеся данные служить значимыми переменными для определения регрессионной модели, которая поможет предсказать оценку состояния таких мостов в г. Багдаде. Использование статистических данных для определения коэффициентов и зависимых переменных позволило получить значимую модель оценки состояния мостов, которая может использоваться для определения их технического состояния.

Ключевые слова: модель износа, оценка состояния моста, регрессионная модель, срок службы

Для цитирования: Аль-Жанаби М.А. Разработка модели оценки технического состояния Багдадских мостов // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2024. Т. 14. № 2. С. 292–300. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2024-2-292-300>. EDN: FLIXLV.

Original article**Development of a model for assessing the technical condition of Baghdad bridges****Al-Janabi Mohammed. A¹**✉¹Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia

Abstract. The research aims to develop a significant model for assessing the condition of bridges. This model may serve as a supplementary source of information in determining bridge condition ratings not only in Baghdad, but also in other regions with similar operating conditions. The authors also used the methods of mathematical statistics, probability theory, and mathematical theory of planning to conduct an experiment using the results of bridge survey. Currently, the Commission on Audit uses financial depreciation models to determine the service life of structures, with no alternative formulas available for predicting this parameter in the country. Therefore, the authors consider a new approach on the basis of available research on depreciation models. This approach is based on assessment of the condition of 30 structural elements of a bridge, as well as the results of inspections conducted by the Department of Public Works and Highway Bridges. The purpose was to determine the applicability of available data as meaningful variables in identifying a regression model to predict the condition of such bridges in Baghdad. Statistical data for determining the coefficients and dependent variables provided a relevant model for bridge condition assessment, which can be applied to identify the technical state of bridge structures.

Keywords: deterioration model, bridge condition assessment, regression model, service life

For citation: Al-Janabi M.A. Development of a model for assessing the technical condition of Baghdad bridges. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2024;14(2):292-300. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2024-2-292-300>. EDN: FLIXLV.

ВВЕДЕНИЕ

Мосты на автомобильных дорогах играют важную роль в транспортной системе для экономического развития любой страны. С их помощью обеспечиваются короткие маршруты для пассажирских и грузовых перевозок, соединяются острова с островами, провинции с провинциями и территории внутри городских агломераций. Как и все технические сооружения, мосты имеют ограниченный срок службы. Определение их точного срока службы является общей проблемой не только в г. Багдад, но и во всем мире.

Необходимость в расчете их срока службы возникает при планировании работы государственных органов и распределении бюджета на транспортную инфраструктуру и реализацию других проектов [1–3]. Для поддержания мостов в безопасном состоянии необходимо планировать их техническое обслуживание и ремонт в зависимости от срока эксплуатации, состава и интенсивности движения, атмосферных воздействий, конструкционных материалов и типа моста [4, 5].

Рациональное решение о техническом обслуживании, ремонте или замене конструктивных элементов должно основываться на прогнозировании ожидаемого срока службы и выборе вариантов проведения ремонтных работ. Для этого требуется разработка методического подхода для прогнозирования срока службы моста, который позволяет не только оценить техническое состояние его конструкций, но и выбрать мероприятия по обеспечению требуемой надежности в соответствии с его фактическим состоянием [6, 7].

Таким образом, существует необходимость в разработке математической модели для прогнозирования срока службы автодорожных мостов, которая учитывала бы характеристики транспортного потока, тип моста и воздействующие на его конструктивные элементы факторы внешней среды.

Было проведено исследование по разработке регрессионной математической модели, позволяющей спрогнозировать срок службы моста. Эта модель может быть использована не только для оценки состояния мостов в г. Багдаде, но и в других регионах, где есть аналогичные мосты со схожими условиями эксплуатации. Модель также может быть полезна для

органов власти, планирующих развитие транспортной инфраструктуры и распределения бюджета на эти цели. Они смогут стратегически планировать обслуживание мостов, чтобы обеспечить ремонт и содержание в наиболее оптимальные сроки [8].

МЕТОДЫ

Разработка модели оценки технического состояния выполнена на основе применения методов математической статистики, теории вероятностей и математической теории планирования эксперимента с использованием результатов обследования мостов. При этом применены результаты исследований М. Лианга [9], который использовал производный метод расчета для получения надежных прогнозов срока службы мостовых конструкций.

Предлагаемая модель исходит из предположения о том, что срок службы конструктивных элементов моста зависит линейно от переменных, являющихся количественным выражением факторов транспортной нагрузки, типа моста и атмосферных воздействий.

Следовательно, математическим отображением наиболее существенных взаимосвязей между сроком службы моста и влияющими на него факторами может быть математическая модель множественной линейной регрессии (рис. 1) [10].

В состав таких факторов предложено включить время начала коррозии под воздействием среды, насыщенной хлором, а также время депассивации распространения коррозии после ее открытия, что способствует увеличению срока службы. При сборе данных для разработки модели оценки технического состояния мостов были использованы результаты диагностики мостовых сооружений г. Багдада.

Определение параметров выборочной совокупности мостовых сооружений осуществлялось на основе оценки однородности дисперсий и адекватности функции отклика (прогнозируемого срока службы) [11, 12]. В исследовании использовались данные Департамента общественных работ и автодорожных мостов с 2010 по 2023 г. Накопленные данные, взятые из отчета инспекторов мостов, были получены на основе визуальной оценки общего состояния моста и измерительного оборудования для исследования параметров технического состояния конструктивных элементов [13, 14].

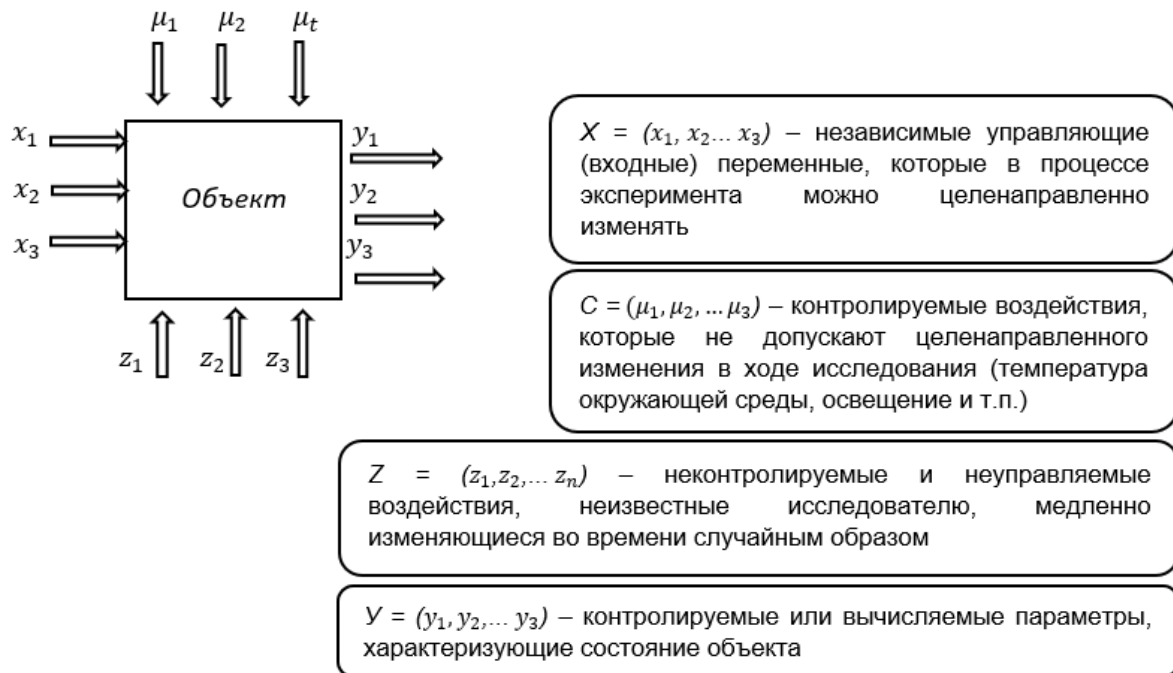


Рис. 1. Математическое отображение наиболее существенных взаимосвязей между сроком службы и факторами
Fig. 1. Mathematical representation of the most significant relationships between service life and factors

Под общим состоянием моста понимается оценка, данная мостовым инспектором конкретному мосту.

Состояние моста может быть оценено как отличное, хорошее, ненадежное и аварийное (табл. 1).

При оценке состояния мостов выводы делаются на основе результатов наблюдений и измерений [15–17].

Состояние конструкций может быть описано как:

– хорошее – нет дефектов, влияющих на работоспособность, целостность и долговечность конструкции;

– удовлетворительное – есть дефекты, влияющие на долговечность;

– ненадежное – есть дефекты, влияющие на эксплуатационные характеристики и целостность конструкции;

– аварийное – мост в этом состоянии имеет серьезные дефекты и считается не подлежащими ремонту.

Таблица 1. Характеристика состояния моста
Table 1. Characteristics of the bridge condition

Мост Состояние Рейтинг	Оценка Индикаторы	Рекомендуемые контрмеры
	Первичные компоненты и вторичные компоненты, влияющие на характеристики конструкции	
Хорошее	0	Рутинное Техническое обслуживание
Удовлетворительное	1	Капитальный ремонт (ремонт, защитные работы, укрепление)
Ненадежное	2	Капитальный ремонт или модернизация
Аварийное	3	Модернизация или замена

После проверки полноты имеющихся данных была сделана целенаправленная выборка из 30 мостов на автомобильных дорогах в

г. Багдаде (табл. 2) и определены соответствующие переменные для построения математической модели (рис. 2).

Статистическим инструментом, используемым для правильного анализа собранных данных и информации, является математическая теория планирования эксперимента. В качестве логико-математического описания зависимости срока службы моста от влияющих на

него факторов использовалось уравнение линейной множественной регрессии. Это позволило математически формализовать связь между переменными и параметром оптимизации (срок службы) в виде математической модели [18–21].

Таблица 2. Данные мониторинга из отчета Департамента общественных работ и автомобильных мостов

Table 2. Monitoring data from the report of the Department of public works and road bridges

№	Состояние Рейтинг	Срок службы моста	Интенсивность движения	Материалы конструкций
1	0	42	30,093	1
2	0	30	42,938	1
3	2	49	18,784	1
4	1	25	78,373	1
5	1	33	54,352	1
6	1	20	48,593	1
7	0	8	28,733	1
8	1	21	50,554	1
9	1	41	14,222	1
10	2	62	11,655	1
11	0	20	123,788	1
12	1	64	42,049	1
13	1	39	46,893	1
14	1	44	46,893	1
15	0	5	45.402	0
16	1	37	55,665	0
17	0	37	81,319	0
18	1	47	6,193	1
19	0	19	119,856	1
20	2	44	148,769	1
21	1	42	13,314	1
22	1	42	20,571	1
23	0	41	29,335	1
24	3	66	15,508	1
25	0	8	19,968	1
26	1	42	19,636	1
27	0	21	18,784	1
28	1	50	18,233	1
29	1	47	7,836	1
30	0	17	22,636	1

Ввиду ее сложности расчеты коэффициентов регрессии проводились с использованием стандартной компьютерной программы. В данном исследовании использовалась программа Statistical Package for Social Sciences (SPSS) версии 17.0.

Общее уравнение записывается в виде:

$$y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3$$

где

y – прогнозируемая зависимая переменная,

x_i – независимые переменные,

a, b_i – коэффициенты регрессии, полученные на основе обработки статистической информации.

Адекватность полученной модели оценивалась по следующим характеристикам:

- коэффициент детерминации (R);
- скорректированный коэффициент детерминации (R^2);
- тест на нормальность.

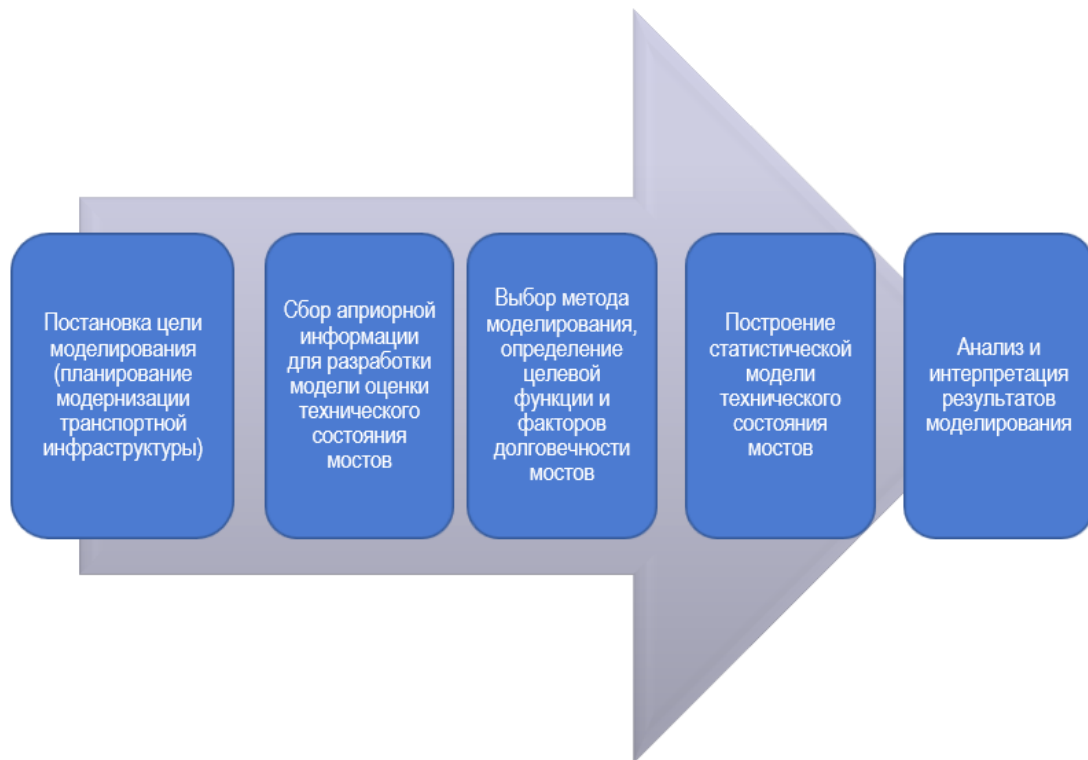


Рис. 2. Основные этапы разработки модели
Fig. 2. The main stages of model development

Модель

Независимыми переменными, рассматриваемыми в данном исследовании для оценки срока службы моста, являются состав и интенсивность движения (СТД), материалы конструкций (МК), время начала коррозии под воздействием среды (СММ). В результате была

получена единственная зависимая переменная – состояние (рейтинг) моста (СР):

$$(СР) = a + b_1 (СММ) + b_2 (СТД) + b_3 (МК). \quad (1)$$

В табл. 3 и табл. 4. приведены сводные данные для 30 выборок оценки состояния мостов.

Таблица 3. Результаты^d моделирования

Table 3. Simulation results

Модель	R	R ²	Скорректированный R ²	Ошибка оценки
1	0,891 ^a	0,794	0,778	0,434
2	0,887 ^b	0,787	0,772	0,364
3	0,883 ^c	0,780	0,764	0,245

Примечания:

a. Предикторы: (Константа), СТД, СММ, МК.

b. Предикторы: (Константа), МК, СММ

c. Предикторы: (Константа), СММ

d. Зависимая переменная: СР

Анализ полученных значений показывает, что влияние изменения срока начала коррозии (СММ) на прогнозирование оценки состояния моста является значимым.

Следовательно, разработанная модель и проведенный анализ может быть применен при прогнозировании и оценке состояния мостов в г. Багдаде и других регионах со схожими условиями эксплуатации. Для этого модель (1)

может быть представлена более простым уравнением.

Обобщенный вид модели выглядит следующим образом:

$$СР = f (СММ) \quad (2)$$

При этом уравнение модели, полученное из (1), записывается в виде:

$$СР = -0,373 + 0,033(СММ) \quad (3)$$

Таблица 4. Результаты расчета коэффициента^а регрессии
Table 4. Results of calculation of the regression coefficient^a

Модель		Нестандартизованный Коэффициенты		Стандартизованный Коэффициенты	Т
		В	Стандарт Ошибка	Бета	
1	(Константа)	-0,648	0,434	–	1,491
	Срок службы моста	0,033	0,007	0,709	4,909
	Среднесуточное движение	1,697E-6	0,000	0,080	0,554
	Материалы конструкций	0,216	0,353	0,086	0,611
2	(Константа)	-0,521	0,364	–	1,429
	Срок службы моста	0,032	0,007	0,690	4,983
	Материалы конструкций	0,191	0,345	0,076	0,552
3	(Константа)	-0,373	0,245	–	1,524
	Срок службы моста	0,033	0,006	0,704	5,249

Примечания:

а. Зависимая переменная: СР

Результаты и дискуссия

В ходе исследования удалось установить, что в условиях эксплуатации мостов в г. Багдаде среди факторов, определяющих срок службы моста наиболее значимым является время начала и депассивации распространения коррозии. Период времени для получения выборки, использованной в исследовании, составлял от 5 лет до 64 при среднем значении 35 лет. Также было определено, что конструкционные материалы, использованные при строительстве исследуемых мостов, не являются значимыми, поскольку выборка состояла из двух типов – 27 железобетонных и 3 стальных мостов. Что касается состава и интенсивности движения, то эти параметры также оказались незначительными, а диапазон данных составил от 6193 до 148769 автомобилей в сутки при среднем значении 42698 автомобилей в сутки.

Наконец, было получено равновесное распределение различных оценок состояния

мостов: 12 хороших, 14 удовлетворительных, 3 ненадежных и 1 аварийный, что совпало с данными в отчете городского инспектора.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Возможность определения срока службы мостов на основе разработанной модели может обеспечить плановые оценки срока службы мостовых сооружений.

Использование модели позволяет планировать более конкретные сроки профилактического обслуживания, модернизации, или даже замены конструктивных элементов мостов.

Помимо этого, появляется возможность оптимизации распределения средств и планирования бюджета на развитие и содержание транспортной инфраструктуры городских агломераций. В ходе исследования удалось разработать значимую модель для оценки состояния мостов, которая служит вторичным источником информации при определении рейтингов состояния мостов в Багдаде других регионах со схожими условиями эксплуатации.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Сазонов С.Л. Россия-Китай: сотрудничество в области транспорта. М.: ИДВ РАН, 2012. 268 с.
2. Ermoshin N.A. Predicting The Risk of Road Pavement Premature Destruction // Journal of Physics: Conference Series. 2020. Vol. 1479. P. 1–11. <http://doi.org/10.1088/1742-6596/1479/1/012142>.
3. Maher M., Mujib R., Senthana M. Distress Based Pavement Performance Prediction Models // Eighth International Conference on Maintenance and Rehabilitation of Pavements (Singapore, 27–29 July 2016). Singapore, 2016. P. 357–368. <http://doi.org/10.3850/978-981-11-0449-7-052-cd>.
4. Нигаматова О.И., Овчинников И.Г. Системы управления состоянием мостовых сооружений // Вестник Евразийской науки. 2015. Т. 7. № 3 (28). С. 1–15. <https://doi.org/10.15862/09TVN315>. EDN: UMFXTU.
5. Комиссаров Д.В., Комиссаров А.В. Разработка и исследование методики прокладки сканерных ходов // Геодезия и картография. 2008. № 4. С. 14–16. EDN: ISDLBX.

6. Карапетов Э.С., Белый А.А. Вопросы оценки технико-эксплуатационных показателей мостовых сооружений Санкт-Петербурга // Сб. материалов 66-й науч. конф. профессоров, преподавателей, научных работников, инженеров и аспирантов университета (г. Санкт-Петербург, 03–05 февраля 2009 г.). СПб, 2009. С. 11–17. EDN: ZMBNFX.
7. Gomez T. Highways to Hell Are Paved with Good Intentions: Road Building and Violence in Iraq. London: Imperial College London, 2022. 48 p. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3997581>.
8. Al-Mansoori T., Abdalkadhum A., Al-Husainy A.S. A GIS-Enhanced Pavement Management System: A Case Study in Iraq // Journal of Engineering Science and Technology. 2020. Vol. 15. Iss. 4. P. 2639–2648.
9. Бенин А.В., Карапетов Э.С., Белый А.А. Особенности содержания, ремонта и реконструкции мостовых сооружений на городских магистралях Санкт-Петербурга // Транспорт, наука, бизнес: проблемы и стратегия развития. Материалы Всеросс. науч.-техн. конф., посвященной 130-летию Свердловской железной дороги (г. Екатеринбург, 16–17 октября 2008 г.). Екатеринбург, 2008. С. 1–12. EDN: ZMBJMF.
10. Карапетов Э.С., Белый А.А. Методы оценки технико-эксплуатационных показателей железобетонных мостовых сооружений Санкт-Петербурга // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2009. № 2 (19). С. 177–187. EDN: KVKFKX.
11. Saif Abdul Ameer Wattan, Maythm Al-Bakri Development of Bridges Maintenance Management System based on Geographic Information System Techniques (Case study: Al-Muthanna\Iraq) // Journal of Engineering. 2020. Vol. 26. Iss. 9. P. 137–154. <http://doi.org/10.31026/j.eng.2020.09.09>.
12. Rostam S. Service Life Design of Concrete Structures - A Challenge to Designers as Well as to Owners // Asian Journal of Civil Engineering (Building and Housing). 2005. Vol. 6. Iss. 5. P. 423–445. Режим доступа: <https://www.sid.ir/paper/298600/en> (дата обращения: 10.01.2024).
13. Карапетов Э.С., Белый А.А. Эксплуатационное состояние железобетонных мостовых сооружений Санкт-Петербурга // Сб. трудов «125 лет в мостостроении». 2008. С. 62–68. EDN: ZMFEJJ.
14. Лантух-Лященко А.И. Проблема оценки долговечности железобетонных мостов // Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта им. академика В. Лазаряна. 2008. № 21. С. 130–138. EDN: RWLSFK.
15. Карапетов Э.С., Шестовицкий Д.А. Прогнозирование срока службы железобетонных мостов с учетом внешних факторов и особенностей бетона защитного слоя // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2014. № 2 (39). С. 17–29. EDN: SGRTNV.
16. Нигаматова О.И., Овчинников И.Г. Системы управления состоянием мостовых сооружений // Вестник Евразийской науки. 2015. Т. 7. № 3 (28). С. 1–15. <https://doi.org/10.15862/09TVN315>. EDN: UMFXT.
17. Бенин А.В., Семёнов А.С., Семёнов С.Г., Мельников Б.Е. Конечно-элементное моделирование процессов разрушения и оценка ресурса элементов автодорожного моста с учетом коррозионных повреждений // Инженерно-строительный журнал. 2012. № 7 (33). С. 34–42. EDN: PHGQPP.
18. Никитин С.В., Белов В.В. Прогнозирование срока службы железобетонных конструкций транспортных сооружений // Вестник Евразийской науки. 2014. № 5 (24). С. 1–20. EDN: TKELFF.
19. Гуга Н.А., Аверченко Г.А., Васильев К.А., Борисов В.А., Исмаилов А.М. Планирование затрат и пути совершенствования службы эксплуатации мостов // Транспортные системы и технологии. 2021. Т. 7. № 2. С. 30–41. <https://doi.org/10.17816/transsyst20217230-41>. EDN: SMTTJL.
20. Ming-Te Liang, Li-Hsien Lin, Chih-Hsin Liang Service Life Prediction of Existing Reinforced Concrete Bridges Exposed to Chloride Environment // Journal of Infrastructure Systems. 2002. Vol. 8. Iss. 3. P. 76–85. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1076-0342\(2002\)8:3\(76\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1076-0342(2002)8:3(76)).
21. Ермошин Н.А., Романчиков С.А., Аверьянов Д.А. Имитационное моделирование риска разрушения дорожных конструкций в межремонтный период // Путевой навигатор. 2022. № 50 (76). С. 30–41. EDN: LNFPKN.

REFERENCES

1. Sazonov S.L. *Russia-China: Cooperation in The Field of Transport*. Moscow: IFES RAS, 2012. 268 p. (In Russ.).
2. Ermoshin N.A. Predicting The Risk of Road Pavement Premature Destruction. *Journal of Physics: Conference Series*. 2020;1479:1-11. <http://doi.org/10.1088/1742-6596/1479/1/012142>.
3. Maher M., Mujib R., Senthana M. Distress Based Pavement Performance Prediction Models. In: *Eighth International Conference on Maintenance and Rehabilitation of Pavements*. 27–29 July 2016, Singapore. Singapore, 2016. P. 357-368. <http://doi.org/10.3850/978-981-11-0449-7-052-cd>.
4. Nigmatova O.I., Ovchinnikov I.G. Systems of State Management Bridges. *Vestnik Evraziiskoi nauki = The Eurasian Scientific Journal*. 2015;7;3(28):1-15. (In Russ.). <https://doi.org/10.15862/09TVN315>. EDN: UMFXT.

5. Komissarov D.V., Komissarov A.V. Development and Research of the Scanner Routs Laying Method. *Geodeziya i kartografiya = Geodesy and Cartography*. 2008;4:14-16. (In Russ.). EDN: ISDLBX.
6. Karapetov E.S., Belyi A.A. Issues of Assessment of Technical and Operational Indicators of Bridge Structures of Saint Petersburg. In: *Sbornik materialov 66-i nauchnoi konferentsii professorov, prepodavatelei, nauchnykh rabotnikov, inzhenerov i aspirantov universiteta = Collection of Materials of The 66th Scientific Conference of Professors, Teachers, Researchers, Engineers and Graduate Students of the University*. 03–05 February 2009, Saint Petersburg. Saint Petersburg; 2009. P. 11-17. (In Russ.). EDN: ZMBNFX.
7. Gomez T. *Highways to Hell Are Paved with Good Intentions: Road Building and Violence in Iraq*. London: Imperial College London, 2022. 48 p. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3997581>.
8. Al-Mansoori T., Abdalkadhun A., Al-Husainy A.S. A GIS-Enhanced Pavement Management System: A Case Study in Iraq // *Journal of Engineering Science and Technology*. 2020;15(4):2639-2648.
9. Benin A.V., Karapetov E.S., Belyi A.A. Features of Maintenance, Repair and Reconstruction of Bridge Structures On City Highways of Saint Petersburg. In: *Transport, nauka, biznes: problemy i strategiya razvitiya. Materialy Vserossiiskoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii, posvyashchennoi 130-letiyu Sverdlovskoi zheleznoi dorogi = Transport, Science, Business: Problems and Development. Strategy. Materials of The All-Russian Scientific and Technical Conference Dedicated to The 130th Anniversary of The Sverdlovsk Railway*. 16–17 October 2008, Ekaterinburg. Ekaterinburg; 2008. P. 1–12. (In Russ.). EDN: ZMBJMF.
10. Karapetov E.S., Belyi A.A. Methods for assessing the technical and operational indicators of reinforced concrete bridge structures in Saint Petersburg. *Izvestiya Peterburgskogo universiteta putei soobshcheniya = Proceedings of Petersburg Transport University*. 2009;2(19):177-187. (In Russ.). EDN: KVKFKX.
11. Saif Abdul Ameer Wattan, Maythm Al-Bakri Development of Bridges Maintenance Management System based on Geographic Information System Techniques (Case study: Al-Muthanna/Iraq). *Journal of Engineering*. 2020;26(9):137-154. <http://doi.org/10.31026/j.eng.2020.09.09>.
12. Rostam S. Service Life Design of Concrete Structures - A Challenge to Designers as Well as to Owners. *Asian Journal of Civil Engineering (Building and Housing)*. 2005;6(5):423-445. Available from: <https://www.sid.ir/paper/298600/en> [Accessed 10 January 2024].
13. Karapetov E.S., Belyi A.A. Operational condition of reinforced concrete bridge structures in Saint Petersburg. In: *Sbornik trudov «125 let v mostostroenii» = Collection of Works “125 Years in Bridge Construction”*. 2008:62-68. (In Russ.). EDN: ZMFEJJ.
14. Lantukh-Liashchenko O.I. The Problem of Estimating the Durability of the Reinforced Concrete Bridges. *Vestnik Dnepropetrovskogo natsional'nogo universiteta zheleznodorozhnogo transporta im. akademika V. Lazaryana = Bulletin of Dnepropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan*. 2008;21:130-138. (In Russ.). EDN: RWLSFK
15. Karapetov E.S., Shestovitskiy D.A. Service Life Prediction for Reinforced Concrete Bridges, Considering External Factors and Special Features of the Concrete of Protection Layer. *Izvestiya Peterburgskogo universiteta putei soobshcheniya = Proceedings of Petersburg Transport University*. 2014;2(39):17-29. (In Russ.). EDN: SGRTNV.
16. Nigmatova O.I., Ovchinnikov I.G. Systems of State Management Bridges. *Vestnik Evraziiskoi nauki = The Eurasian Scientific Journal*. 2015;7;3(28):1-15. (In Russ.). <https://doi.org/10.15862/09TVN315>. EDN: UMFXT.
17. Benin A.V., Semenov A.S., Semenov S.G., Melnikov B.E. Finite Element Modeling of Fracture Processes and Estimation of Durability of the Road Bridge with Account of Corrosion Damages. *Inzhenerno-stroitel'nyi zhurnal = Magazine of Civil Engineering*. 2012;7(33):34-42. (In Russ.). EDN: PHGQPP.
18. Nikitin S.V., Belov V.V. Reinforced Concrete Construction Durability Estimation of Transport Constructions. *Vestnik Evraziiskoi nauki = The Eurasian Scientific Journal*. 2014;5(24):1-20. (In Russ.). EDN: TKELFF.
19. Guga N.A., Averchenko G.A., Vasilev K.A., Borisov V.A., Ismailov A.M. Costs Planning and Ways to Improve Bridge Operation Service. *Transportnye sistemy i tekhnologii = Transport Systems and Technologies*. 2021;7(2):30-41. (In Russ.). <https://doi.org/10.17816/transsyst20217230-41>. EDN: SMTTJI.
20. Ming-Te Liang, Li-Hsien Lin, Chih-Hsin Liang Service Life Prediction of Existing Reinforced Concrete Bridges Exposed to Chloride Environment. *Journal of Infrastructure Systems*. 2002;8(3):76-85. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1076-0342\(2002\)8:3\(76\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1076-0342(2002)8:3(76)).
21. Ermoshin N.A., Romanchikov S.A., Aver'yanov D.A. Simulation Modeling of the Risk of Destruction of Road Structures During the Period Between Repairs. *Putevoi navigator = Path Navigator*. 2022;50(76):30-41. (In Russ.). EDN: LNFPKN.

Информация об авторе

Аль-Жанаби Мохаммед Абдулкарим Салим,
аспирант,
Санкт-Петербургский политехнический
университет Петра Великого,
195251, г. Санкт-Петербург,
ул. Политехническая, 29, Россия
✉e-mail: Mohammedengineer51@yahoo.com

Вклад автора

Автор провел исследование, подготовил
рукопись к печати и несет ответственность за
плагиат.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта
интересов.

Автор прочитал и одобрил окончательный
вариант рукописи.

Информация о статье

Статья поступила в редакцию 02.04.2024.
Одобрена после рецензирования 22.04.2024.
Принята к публикации 23.04.2024.

Information about the author

Al-Janabi. Mohammed. A.,
Postgraduate Student,
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic
University,
29, Polytechnicheskaya St., 195251,
Saint Petersburg, Russia
✉e-mail: Mohammedengineer51@yahoo.com

Contribution of the author

Author has conducted the study, prepared the
manuscript for publication and bears the
re-sponsibility for plagiarism.

Conflict of interests

The author declare no conflict of interests
regaring the publication of this article.

The final manuscript has been read and approved
by the author.

Information about the article

The article was submitted 02.04.2024.
Approved after reviewing 22.04.2024.
Accepted for publication 23.04.2024.