

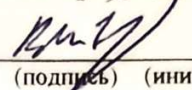
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Факультет информационных технологий и робототехники

Кафедра «Программное обеспечение информационных систем и технологий»

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

Старший преподаватель

 Н.В. Воюш
(подпись) (инициалы и фамилия)

« 11 » 06 2026 г.

РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА

«Backend-компонент сервиса автоматизации работы курьерской службы»

Специальность 1-40 05 01 «Информационные системы и технологии (по направлениям)»

Специализация 1-40 05 01 04 «Информационные системы и технологии (в обработке и представлении информации)»

Обучающийся

группы 10702222
(номер)

Руководитель

 01.06.26 Т.С. Брель
(подпись, дата)

Консультанты:

по разделу «Компьютерное
проектирование»

 03.06.26 О.М. Королёва
(подпись, дата)

по разделу «Охрана труда»

 02.06.26 М.Л. Калиниченко
(подпись, дата)

по разделу «Экономика»

 02.06.26 Н.В. Комина
(подпись, дата)

Ответственный за нормоконтроль

 11.06.26 Н.С. Домаренко
(подпись, дата)

Объем проекта:

расчетно-пояснительная записка – 105 страниц;

графическая часть – 10 листов;

магнитные (цифровые) носители – 1 единиц

РЕФЕРАТ

BACKEND–КОМПОНЕНТ, АВТОМАТИЗАЦИЯ РАБОТЫ КУРЬЕРСКОЙ СЛУЖБЫ, МАРШРУТИЗАЦИЯ, АНАЛИТИКА

Предметом исследования является процесс автоматизации операционной деятельности курьерской службы среднего масштаба.

Цель – разработка бэкенд–компонента сервиса автоматизации работы курьерской службы, обеспечивающего распределение заказов между курьерами, расчёт маршрутов на основе внешних геосервисов и сбор операционных показателей через единый программный интерфейс.

В ходе выполнения проекта решены задачи: разработана архитектура бэкенд–компонента, спроектирована и реализована база данных, построены диаграммы вариантов использования и информационная модель, реализован программный интерфейс взаимодействия с приложениями менеджера, курьера и заказчика, реализованы модуль распределения заказов, модуль маршрутизации с интеграцией внешних геосервисов и подсистема аналитики и прогнозирования, проведено тестирование компонента.

Элементы научной новизны и практической значимости являются механизм распределения заказов на основе пуловой модели с поддержкой совместного выполнения нескольких заявок одним курьером, отказоустойчивая интеграция с внешними геосервисами с предварительной фильтрацией запросов и кэшированием результатов, подсистема диагностической аналитики, выявляющая неравномерность нагрузки курьеров и узкие места в жизненном цикле заказа, прогнозный модуль потока заявок для планирования загрузки курьеров.

Область возможного практического применения – внедрение в курьерские службы среднего масштаба с собственным штатом исполнителей в Республике Беларусь и других странах, нуждающиеся в открытом и настраиваемом решении операционного управления доставкой.

Студент–дипломник подтверждает, что приведённый в дипломном проекте расчётно–аналитический материал объективно отражает состояние разрабатываемого объекта, все заимствованные из литературных и других источников теоретические и методологические положения сопровождаются ссылками на их авторов.

Дипломный проект: 105 с., 48 рис., 48 источников, 1 прил.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 2023 Global Smart Last-Mile Logistics Outlook // Deloitte Consulting [Электронный ресурс]. – 2023. – Режим доступа: <https://www.deloitte.com/cn/en/services/consulting/perspectives/2023-global-smart-last-mile-logistics-outlook.html>
- 2 Kabra Y. The Order You Should Have Rejected: A Last Mile Delivery Software Wake-Up Call // LogiNext Solutions [Электронный ресурс]. – 2026. – Режим доступа: <https://www.loginextsolutions.com/blog/the-order-you-should-have-rejected-a-last-mile-delivery-software-wake-up-call/>
- 3 Торговля в Республике Беларусь : статистический сборник / Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – Минск : Белстат, 2024.
- 4 Vehicle routing problem // Wikipedia [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://en.wikipedia.org/wiki/Vehicle_routing_problem
- 5 Последняя миля // Дело Модульбанка [Электронный ресурс]. – 2022. – Режим доступа: <https://delo.modulbank.ru/all/glossary-last-mile>
- 6 Сколько стоит доставка: от чего зависит цена – формула, таблица и чек-лист // Sostav [Электронный ресурс]. – 2026. – Режим доступа: <https://www.sostav.ru/blogs/288404/83750>
- 7 Калькулятор стоимости доставки // DPD Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mydpd.dpd.by/ols/calc/Bb>
- 8 Объёмный вес отправления // Википедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Объёмный_вес_отправления
- 9 Объёмный и фактический вес груза: как считать и за что платить // Gul.in.ua [Электронный ресурс]. – 2024. – Режим доступа: <https://gul.in.ua/obemnyj-i-fakticheskij-ves-gruza-kak-schitat-i-za-cto-platit/>
- 10 Versta – Digital Supply Chain [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://versta.io>
- 11 Belarus Courier Services Market (2025–2031): Trends, Outlook & Forecast // 6Wresearch [Электронный ресурс]. – 2025. – Режим доступа: <https://www.6wresearch.com/industry-report/belarus-courier-services-market>
- 12 Pillac V., Gendreau M., Guéret C., Medaglia A.L. A review of dynamic vehicle routing problems // European Journal of Operational Research. – 2013. – Vol. 225, No. 1. – P. 1–11.
- 13 Kuhn H.W. The Hungarian Method for the Assignment Problem // Naval Research Logistics Quarterly. – 1955. – Vol. 2. – P. 83–97.
- 14 Bertsimas D.J., Van Ryzin G. A stochastic and dynamic vehicle routing problem in the Euclidean plane // Operations Research. – 1991. – Vol. 39, No. 4. – P. 601–615.

- 15 Burkard R., Dell'Amico M., Martello S. Assignment Problems, Revised Reprint. – Philadelphia : SIAM, 2012. – 393 p.
- 16 Ulmer M.W., Goodson J.C., Mattfeld D.C., Thomas B.W. On modeling stochastic dynamic vehicle routing problems // EURO Journal on Transportation and Logistics. – 2020. – Vol. 9, No. 2.
- 17 Reyes D., Erera A., Savelsbergh M., Sahasrabudhe S., O'Neil R. The meal delivery routing problem // Optimization Online [Электронный ресурс]. – 2018. – Режим доступа: <https://optimization-online.org/2018/04/6571/>
- 18 Held M., Karp R.M. A Dynamic Programming Approach to Sequencing Problems // Journal of the Society for Industrial and Applied Mathematics. – 1962. – Vol. 10, No. 1. – P. 196–210.
- 19 Lin S., Kernighan B.W. An Effective Heuristic Algorithm for the Traveling-Salesman Problem // Operations Research. – 1973. – Vol. 21, No. 2. – P. 498–516.
- 20 Berbeglia G., Cordeau J.-F., Laporte G. Dynamic pickup and delivery problems // European Journal of Operational Research. – 2010. – Vol. 202, No. 1. – P. 8–15.
- 21 Toth P., Vigo D. Vehicle Routing: Problems, Methods, and Applications. – 2nd ed. – Philadelphia : SIAM, 2014. – 462 p.
- 22 Clarke G., Wright J.W. Scheduling of Vehicles from a Central Depot to a Number of Delivery Points // Operations Research. – 1964. – Vol. 12, No. 4. – P. 568–581.
- 23 Dijkstra E.W. A note on two problems in connexion with graphs // Numerische Mathematik. – 1959. – Vol. 1. – P. 269–271.
- 24 Hart P.E., Nilsson N.J., Raphael B. A Formal Basis for the Heuristic Determination of Minimum Cost Paths // IEEE Transactions on Systems Science and Cybernetics. – 1968. – Vol. SSC-4, No. 2. – P. 100–107.
- 25 Geisberger R., Sanders P., Schultes D., Delling D. Contraction Hierarchies: Faster and Simpler Hierarchical Routing in Road Networks // Experimental Algorithms (WEA 2008). Lecture Notes in Computer Science, Vol. 5038. – Berlin : Springer, 2008. – P. 319–333.
- 26 Davenport T.H., Harris J.G. Competing on Analytics: The New Science of Winning. – Boston : Harvard Business Review Press, 2007. – 240 p.
- 27 Boysen N., Fedtke S., Schwerdfeger S. Last-mile delivery concepts: a survey from an operational research perspective // OR Spectrum. – 2021. – Vol. 43. – P. 1–58.
- 28 Gini C. Measurement of Inequality of Incomes // The Economic Journal. – 1921. – Vol. 31, No. 121. – P. 124–126.
- 29 Sen A. On Economic Inequality. – Oxford : Clarendon Press, 1973. – 118 p.
- 30 Lorenz M.O. Methods of measuring the concentration of wealth // Publications of the American Statistical Association. – 1905. – Vol. 9, No. 70. – P. 209–219.

- 31 Boscoe F.P., Henry K.A., Zdeb M.S. A nationwide comparison of driving distance versus straight-line distance to hospitals for traffic accident victims // *The Professional Geographer*. – 2012. – Vol. 64, No. 2. – P. 188–196.
- 32 Christopher M. *Logistics & Supply Chain Management*. – 5th ed. – Harlow : Pearson Education, 2016. – 328 p.
- 33 Hyndman R.J., Athanasopoulos G. *Forecasting: Principles and Practice*. – 3rd ed. – Melbourne : OTexts, 2021 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://otexts.com/fpp3/>
- 34 Holt C.C. Forecasting seasonals and trends by exponentially weighted moving averages // *International Journal of Forecasting*. – 2004. – Vol. 20, No. 1. – P. 5–10.
- 35 Winters P.R. Forecasting Sales by Exponentially Weighted Moving Averages // *Management Science*. – 1960. – Vol. 6, No. 3. – P. 324–342.
- 36 Yandex Delivery API. List of methods // Яндекс [Электронный ресурс]. – 2024. – Режим доступа: <https://yandex.com/support/delivery-profile/en/api/express/overview>
- 37 Inside Glovo's deliveries optimization // The Glovo Tech Blog [Электронный ресурс]. – 2023. – Режим доступа: <https://medium.com/glovo-engineering/inside-glovo-deliveries-optimization-7609f3f86586>
- 38 Решение для доставки последней мили – «Умная доставка» (Norbit CDS) // Норбит [Электронный ресурс]. – 2024. – Режим доступа: <https://www.norbit.ru/platformy/cds/>
- 39 Norbit CDS – умная система управления доставкой // CNews [Электронный ресурс]. – 2023. – Режим доступа: https://www.cnews.ru/news/line/2023-11-29_norbit_cds_umnaya_sistema_upravleniya
- 40 Bierman G.M., Abadi M., Torgersen M. Understanding TypeScript // *ECOOP 2014 – Object-Oriented Programming. Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 8586. – Berlin : Springer, 2014. – P. 257–281.
- 41 About Node.js // Node.js Foundation [Электронный ресурс]. – 2024. – Режим доступа: <https://nodejs.org/en/about>
- 42 About PostgreSQL // PostgreSQL Global Development Group [Электронный ресурс]. – 2024. – Режим доступа: <https://www.postgresql.org/about/>
- 43 Fielding R.T. *Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures* : Ph.D. dissertation. – Irvine : University of California, 2000. – 162 p. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ics.uci.edu/~fielding/pubs/dissertation/top.htm>
- 44 Learn GraphQL // GraphQL Foundation [Электронный ресурс]. – 2024. – Режим доступа: <https://graphql.org/learn/>
- 45 tRPC documentation // tRPC Project [Электронный ресурс]. – 2024. – Режим доступа: <https://trpc.io/docs/>.
- 46 Stonebraker M., Rowe L.A. The design of POSTGRES // *ACM SIGMOD*

Record. – 1986. – Vol. 15, No. 2. – P. 340–355.

47 Prisma documentation // Prisma Data Inc. [Электронный ресурс]. – 2024. – Режим доступа: <https://www.prisma.io/docs>

48 OpenRouteService documentation // HeiGIT – Heidelberg Institute for Geoinformation Technology [Электронный ресурс]. – 2024. – Режим доступа: <https://openrouteservice.org>

49 GraphHopper Directions API // GraphHopper GmbH [Электронный ресурс]. – 2024. – Режим доступа: <https://www.graphhopper.com/>