УДК 004.68

В. Е. КАЗАКОВ, А. Н. БИЗЮК, А. С. СОКОЛОВА

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ОБХОДОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Витебский государственный технологический университет,
г. Витебск, Республика Беларусь

Аннотация. *Методом тестирования функционального поведения объекта разработана функциональная модель программно-аппаратного комплекса трекинговой системы, применяющейся на промышленном предприятии. С применением функциональной методики анализа потоков данных построена концептуальная модель предметной области, а также даталогическая реляционная модель. На основе моделей разработана и внедрена на предприятии клиент-серверная информационная система управления мониторингом обходов охраняемых объектов предприятия. Данная система позволит обеспечить сбор информации о перемещениях и критически важных событиях охранного подразделения предприятия, ее обработку в режиме реального времени с целью выявления внештатных ситуаций, а также управление мониторингом объектов предприятия. Данные, полученные в процессе работы системы, будут локализованы на серверном оборудовании, размещенном на территории предприятия, что позволит усилить информационную безопасность предприятия.*

Ключевые слова: *программно-аппаратный комплекс, информационная система, функциональное тестирование, модель предметной области, Laravel, MySQL, OSM-сервер, автоматизация развертывания*

Введение

Применение современных систем отслеживания местоположения для автоматизации различной деятельности промышленных организаций на основе современных информационных технологий является необходимым условием эффективности и конкурентоспособности. Территориально-секторальное направление цифровизации, концентрирующееся на учете инфраструктурного обеспечения организации, является драйвером для устойчивого роста экономики [1]. Используемые на данный момент информационные системы базируются на зарубежных программных и аппаратных системах, которые используют для своего функционирования и хранения данных серверные платформы, размещенные на территории других государств. На сегодняшний момент актуальна задача переноса хранилищ данных и информационных систем на серверы, физически расположенные на территории Республики Беларусь. Используя современные информационные технологии, было разработано программное обеспечение, реализующее сбор информации о мероприятиях и критически важных событиях охранного подразделения предприятия, ее обработку в режиме реального времени, а также управление мониторингом объектов предприятия.

Функциональное исследование

Аппаратная часть системы – это устройство, предназначенное для приема/передачи по сетям сотовой подвижной связи стандарта GSM/DCS информации о контролируемых объектах и параметрах. Кроме модуля GSM в устройстве опционально с помощью системы глобального позиционирования GPS и/или с помощью модуля RFID устанавливаются функции определения точного местоположения человека или имущества.

Программная часть системы – OSM-сервер, являющийся свободно распространяемым десктопным приложением и используемый для приема, первичного декодирования сообщений от трекинговых устройств и трансляции их по IP-сети.

OSM-сервер имеет возможность транслировать декодированные данные через TCP или UDP соединение, а также сохранять их в базу данных. Для реализации программной системы было принято решение использовать TCP-сокеты.

Рассматриваемая архитектура достаточно часто применяется в различных комплексах зарубежного производства и базирования [2–4].

Исследован протокол взаимодействия OSM-сервера с конечным получателем сообщений устройств. Исследование проводилось с применением генеративного искусственного интеллекта. О возможности применения искусственного интеллекта данного типа для исследований упоминается в источнике [5].

Для подготовки исходных данных для исследования данных были проведены тестовые запуски трекингового устройства в различных ситуациях, которые могут возникать в рамках бизнес-процессов охранной структуры предприятия. Например, считывание RFID-метки, падение трекингового устройства, вскрытие трекингового устройства, потеря связи с трекинговым устройством и т. д.

В ходе тестирования перехватывались декодированные в формат xml пакеты обмена OSM-сервера с клиентским приложением.

Полученные вышеуказанным образом данные использовались при составлении промпта для гене-

ративного искусственного интеллекта. Учитывая недостатки генеративных моделей, возникающие при работе с большими объемами данных, описанные в источнике [6], исходные данные были поделены на несколько синхронизированных по времени частей, которые поочередно вводились в качестве промпта в генеративный искусственный интеллект с сохранением контекста. Результаты, полученные в ходе этого исследования, были проверены исследователями вручную.

В результате исследования была получена диаграмма взаимодействия OSM-сервера с клиентским приложением, представленная на рисунке 1. OSM-сервер после установки соединения передает xml-заголовок и в ответ ожидает также xml-заголовок. Все сообщения от устройств в это время накапливаются в OSM-сервере.

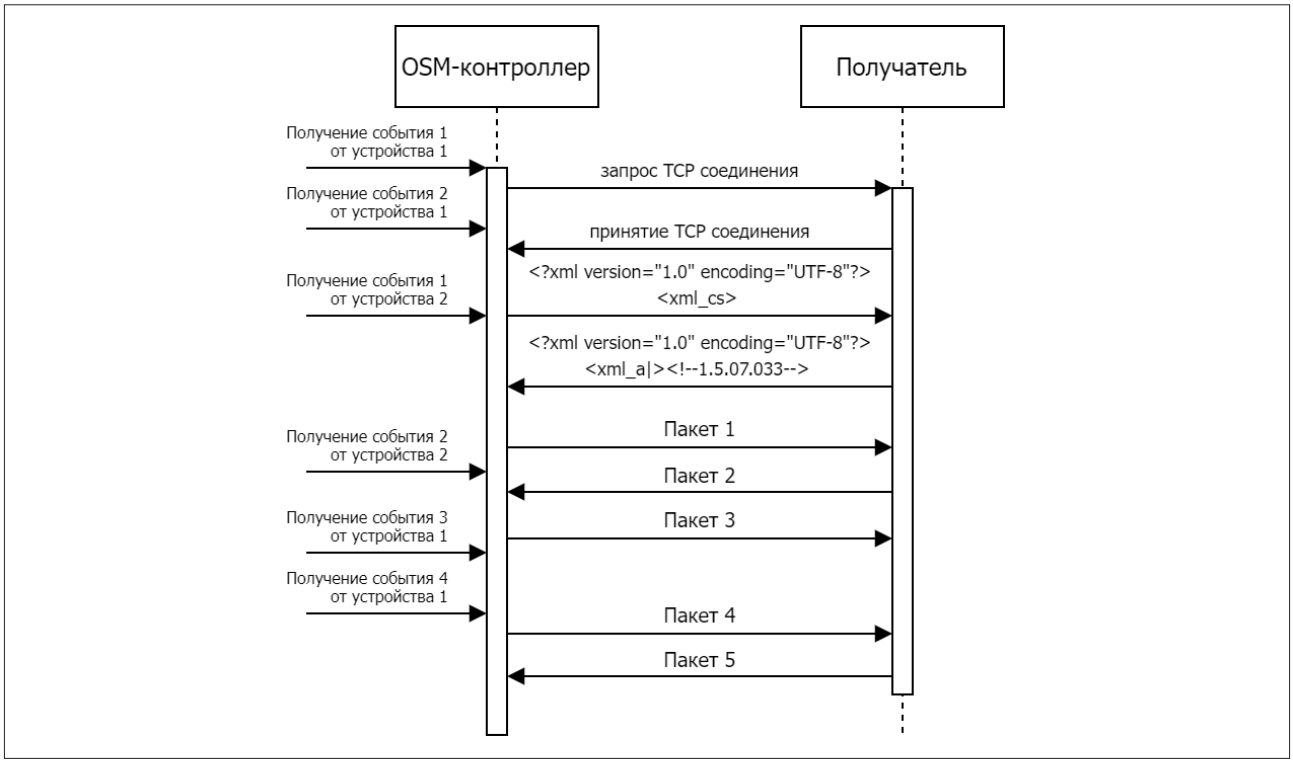


Рисунок 1. Взаимодействие OSM-сервера с пользовательским приложением мониторинга

После получения ответа OSM-сервер передает пакет, фрагмент которого приведен на рисунке 2.

```
<packet sq="1" id="1" count="3" >
<msg dt="fp" serialNumber="1" dts="2024-04-16 15:56:28"/>
<msg dt="fp" serialNumber="1" dts="2024-04-16 15:56:29"/>
<msg dt="fp" serialNumber="2" dts="2024-04-16 15:56:31"/>
</packet>
```

Рисунок 2. Формат Пакета 1

Следует обратить внимание на атрибуты тега packet: sq содержит номер пакета; count – количество тегов сообщения в пакете.

Затем OSM-сервер ожидает некоторое время пакет с подтверждением получения. Пример формата пакета – на рисунке 3.

```
<packet>
<msg command="commit" sq="1" />
</packet>
```

Рисунок 3. Формат Пакета 2

Атрибуты тега packet в ответе: command – название команды; sq – номер принятого пакета.

```
<packet sq="2" id="1" count="1" >
<msg dt="fp" serialNumber="2" dts="2024-04-16 15:56:38"/>
</packet>
```

Рисунок 4. Формат Пакета 3

Исследован формат каждого из видов пакетов и формат сообщений, транслируемых OSM-сервером.

В результате исследования была составлена классификация типов сообщений и определен формат трансляции их OSM-сервером, а также идентифицированы параметры, поставляемые с сообщениями и диапазоны их значений.

Исследование предметной области

На основе методик системного анализа было проведено исследование бизнес-процессов охранного

подразделения. В соответствии с методологией SADT были исследованы: нормативные документы, регламентирующие планирование маршрутов, выполнение обходов, фиксацию событий; технические средства; а также проведено интервьюирование начальника подразделения.

В результате анализа выявлены сущности предметной области, их отношения и атрибуты.

Исходя из результатов исследования предметной области была разработана схема реляционной базы данных, реализованная в СУБД MySQL (рисунок 5).

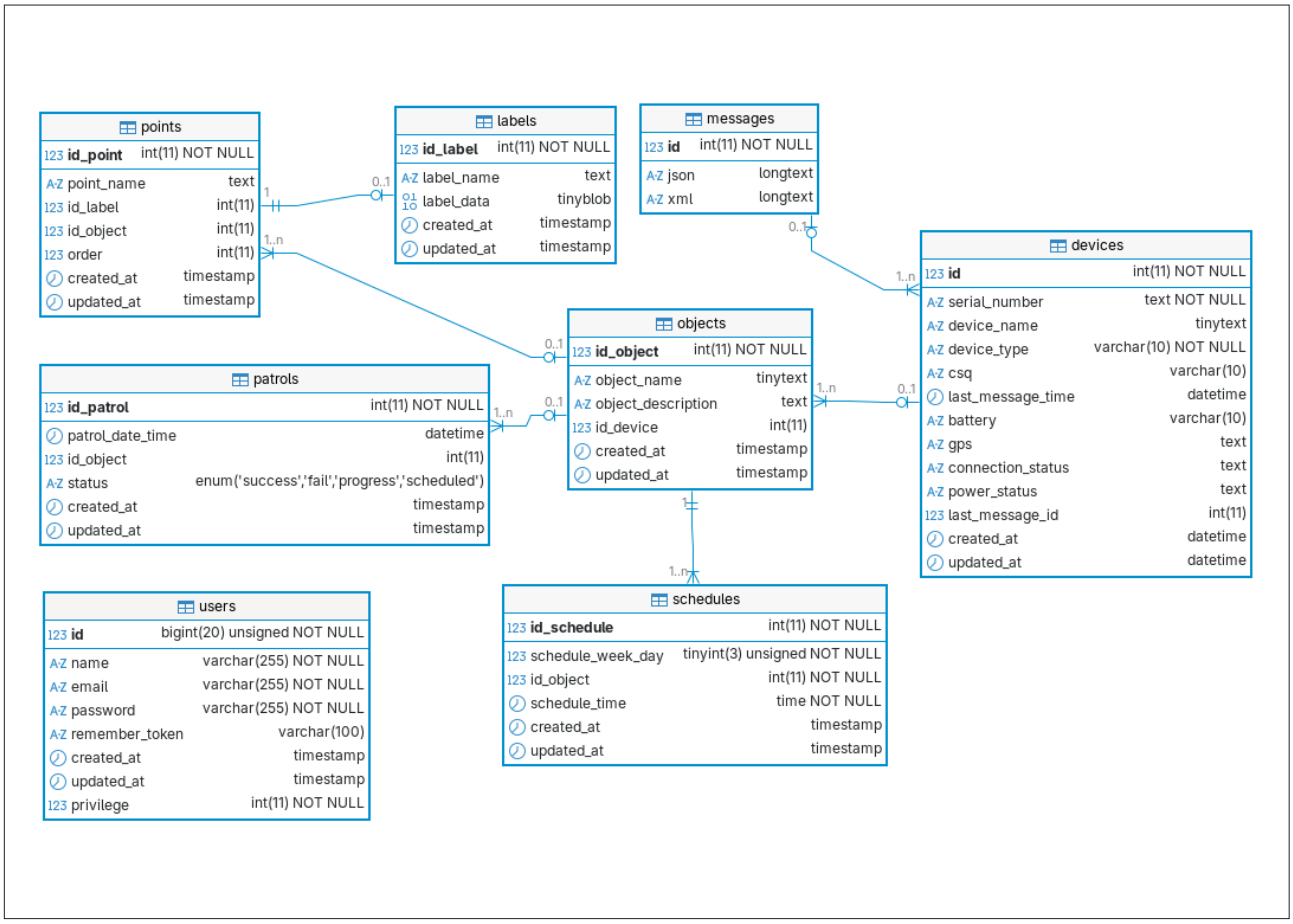


Рисунок 5. Схема базы данных

В дополнение к таблицам, представляющим сущности предметной области, в схеме базы данных имеются служебные таблицы: messages – для хранения поступивших от OSM-сервера сообщений (все поля сообщения будут преобразованы и сохранены в JSON формате); users – для хранения учетных записей пользователей системы.

Каждая из таблиц схемы содержит 2 поля: created_at, updated_at, в которых сохраняется время создания каждой записи и ее последнего обновления. Данные поля будут обновляться автоматически благодаря триггерам.

Разработка информационной системы

На данный момент на рынке имеется ряд информационных систем, предназначенных для мониторинга обходов и контроля патрулирования охраняемых объектов. Системы класса Guard Tour / Patrol Management обеспечивают планирование маршрутов патрулирования, фиксацию контрольных точек с помощью RFID/NFC-меток и формирование отчетов. Как правило, данные решения реализованы в виде облачных SaaS-платформ развернутых на базе серверов, расположенных за пределами Республики Беларусь.

В отличие от рассмотренных аналогов, разработанная информационная система имеет следующие преимущества:

– локализована на серверном оборудовании предприятия;

– использует открытые технологии (Laravel, MySQL, Docker, OSM-сервер), что снижает стоимость владения и обеспечивает независимость от проприетарных вендоров;

– сопровождается методикой автоматизированного развертывания на базе контейнеризации, что повышает масштабируемость и устойчивость системы;

– спроектирована с учетом результатов SADT-анализа бизнес-процессов предприятия, что обеспечивает бесшовную интеграцию в операционную деятельность;

– обеспечивает минимизацию операционных расходов и нулевую стоимость владения.

Проведенные SADT-анализ предметной области, функциональные исследования аппаратной части системы, интервью с руководителями подразделений и сотрудниками технической поддержки позволили сформировать четкие пользовательские требования. Основные функции разработанной информационной системы.

1. Авторизованный вход в систему зарегистрированных пользователей.

2. Получение информации о важных событиях в режиме реального времени.

3. Получение информации о всех осуществленных и запланированных патрулях охраняемых объектов в виде структурированных отчетов.

4. Управление данными обо всех включенных в бизнес-процессы охранного подразделения объектах: патрули, трекинговые устройства, охраняемые объекты, а также маршруты их обхода, RFID-метки.

5. Управление расписанием патрулей с возможностью автоматической генерации расписания на следующий период.

На основании исследования системных требований, а также изучения опыта применения систем комплексного мониторинга персонала на производственных предприятиях [7–10], разработана архитектура информационной системы, представленная на рисунке 6.

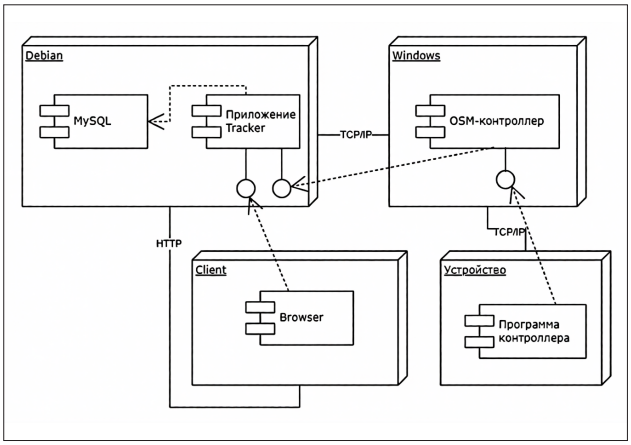


Рисунок 6. Диаграмма развертывания информационной системы

Для реализации информационной системы было принято решение использовать фреймворк Laravel – бесплатный PHP-фреймворк с открытым исходным кодом, специально разработанный для создания сложных сайтов и веб-приложений. С помощью фреймворка было принято решение реализовать web-приложение с генерацией UI-компонентов на стороне сервера. В состав архитектуры информационной системы также вошли СУБД MySQL, OSM-сервер.

Исходя из пользовательских требований разработан пользовательский интерфейс информационной системы. Дизайн минималистичный, функциональный, с акцентом на текстовую информацию (рисунок 7).

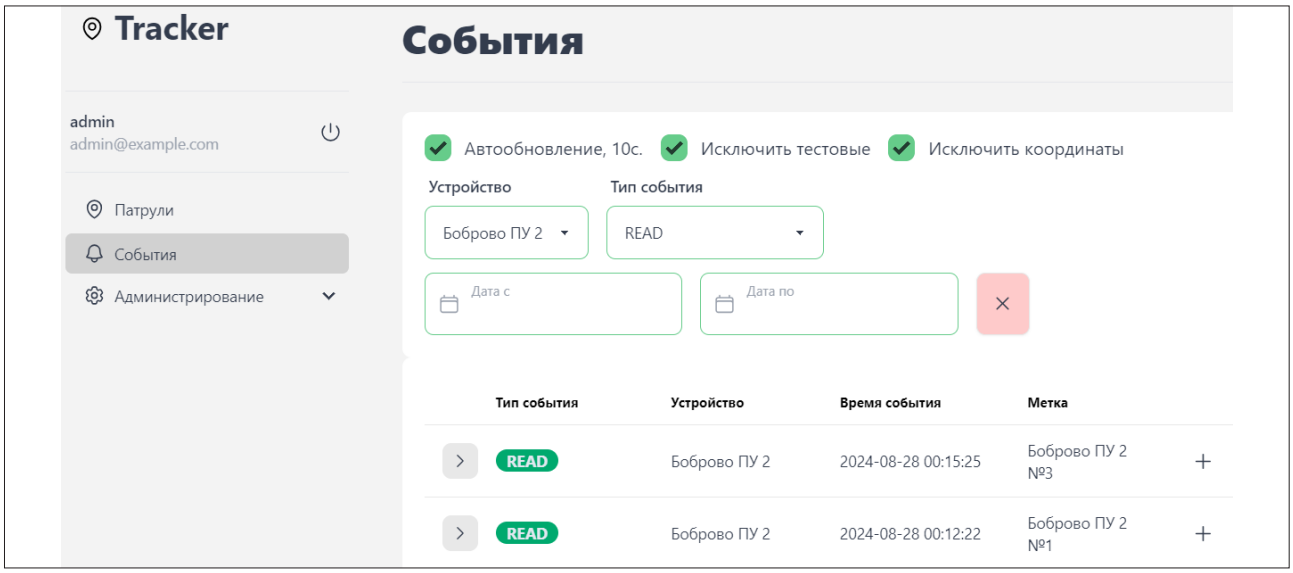


Рисунок 7. Пользовательский интерфейс информационной системы

Разработана методика автоматизированного развертывания программной части информационной системы мониторинга на сервере, размещенном непосредственно на территории промышленного предприятия ЗАО «Витебскагропродукт», позволяющая повысить масштабируемость и устойчивость работы информационной системы.

Для развертывания информационной системы используется система контейнеризации docker с разработанными изображениями контейнеров, а также

система оркестрации контейнеров docker-compose, что позволяет сократить затраты времени на обслуживание информационной системы. Также для автоматизации обновления и перезапуска системы разработан скрипт, позволяющий автоматически загрузить измененный исходный текст проекта информационной системы из удаленного репозитория, построить запускаемые модули, разместив их в соответствующих контейнерах и выполнить перезапуск всей информационной системы.

Заключение

Проведено функциональное исследование программно-аппаратной системы, состоящей из OSM-сервера и трекингового устройства, а также протокола трансляции OSM-сервером информации, поступающей с трекинговых устройств. Проведено исследование бизнес-процессов охранного подразделения предприятия. Результаты исследования позволили разработать информационную систему управления мероприятиями по охране объектов предприятия, сочетающую функциональность зарубежных коммерческих решений с требованиями по локализации данных и использованию свободного программного обеспечения. Также разработана методика автоматизированного развертывания программной части информационной системы мониторинга на сервере, размещенном непосредственно на территории промышленного предприятия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Якушев, Н. О. Вопросы исследования цифровизации в различных сферах деятельности / Н. О. Якушев // Цифровая трансформация. 2024. Т. 30, № 3. С. 52–56. DOI: 10.35596/1729-7648-2024-30-3-52-56.

2. Academic & attendance monitoring system using RFID, face recognition & IoT / A. Sachin, A. George, G. M. George, K. K. Nair // International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology. 2021. Vol. 9, № VI. P. 2169–2173. DOI: 10.22214/ijraset.2021.35518.

3. Isyanto, H. Desain monitoring human tracking dengan RFID dan GPS / H. Isyanto, W. Ibrahim, Z. A. Meilisha // RESISTOR (Elektronika Kendali Telekomunikasi Tenaga Listrik Komputer). 2020. Vol. 3, №. 1. P. 9–16. DOI: 10.24853/resistor.3.1.9-16.

4. Lin, C. Y. An end-to-end logistics management application over heterogeneous location systems / C. Y. Lin, W. T. Cheng, S. C. Wang // Wireless Personal Communications. 2011. Vol. 59. P. 5–16. DOI: 10.1007/s11277-010-0185-3.

5. Generative artificial intelligence (GenAI) in the research process – A survey of researchers' practices and perceptions / J. P. Andersen, L. Deng, R. Fishberg [et al.] // Technology in Society. 2025. Vol. 81. 102813. DOI: 10.1016/j.techsoc.2025.102813.

6. Lost in the middle: How language models use long contexts / N. F. Liu., K. Lin, J. Hewitt [et al.] // Transactions of the Association for Computational Linguistics. 2024. Vol. 12. P. 157–173. DOI: 10.1162/tacl_a_00638.

7. Шарманов, В. В. Идентификация местоположения работника на объекте строительства с помощью цифрового двойника / В. В. Шарманов, Т. Л. Симанкина, И. А. Горбачев // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2022. № 3. С. 70–80.

8. A mobile and web-based security guard patrolling, monitoring and reporting system to maintain safe and secure environment at premises / V. R. Gannapathy, V. Narayanamurthy, S. K. Subramaniam [et al.] // International Journal of Interactive Mobile Technologies. 2023. Vol. 17, № 11. P. 4–14. DOI: 10.3991/ijim.v17i11.35483.

9. Монгуш, А. В. Обзор технологий indoor-навигации / А. В. Монгуш, П. М. Кикин // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2017. № 1. С. 119–123.

10. Гибридная система позиционирования indoor/outdoor как метод комплексного мониторинга персонала / А. А. Бляблин, М. А. Леонтьев, А. В. Здаров, Е. Б. Каганов // Автоматизация в промышленности. 2021. № 9. С. 39–42. DOI: 10.25728/avtprom.2021.09.05.

REFERENCES

1. Yakushev N.O. Questions of research of digitalization in various fields of activity. *Digital Transformation*. 2024;30(3):52–56 (in Russian). https://doi.org/10.35596/1729-7648-2024-30-3-52-56.

2. Sachin A., George A., George G.M., Nair K.K. Academic & attendance monitoring system using RFID, face recognition & IoT. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology.* 2021;9(VI):2169–2173. https://doi.org/10.22214/ijraset.2021.35518.

3. Isyanto H., Ibrahim W., Meilisha Z.A. Desain monitoring human tracking dengan RFID dan GPS [Design of human tracking monitoring using RFID and GPS]. *RESISTOR (Elektronika Kendali Telekomunikasi Tenaga Listrik Komputer).* 2020;3(1):9–16 (in Bahasa Indonesia). https://doi.org/10.24853/resistor.3.1.9-16.

4. Lin C.Y., Cheng W.T., Wang S.C. An end-to-end logistics management application over heterogeneous location systems. *Wireless Personal Communications.* 2011;59:5–16. https://doi.org/10.1007/s11277-010-0185-3.

5. Andersen J.P., Deng L., Fishberg R., Graversen E.K., Horbach S.P.J.M., Schmidt E.K., et al. Generative artificial intelligence (GenAI) in the research process – A survey of researchers' practices and perceptions. *Technology in Society.*

2025;81:102813. https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2025.102813.

6. Liu N.F., Lin K., Hewitt J., Paranjape A., Bevilacqua M., Petroni F., et al. Lost in the middle: How language models use long contexts. *Transactions of the Association for Computational Linguistics*. 2024;12:157–173. https://doi.org/10.1162/tacl_a_00638.

7. Sharmanov V.V., Simankina T.L., Gorbachev I.A. Identifikatsiya mestopolozheniya rabotnika na ob'ekte stroitel'stva s pomoshch'yu tsifrovogo dvoinika [Identification of a workers location at a construction site using a digital twin]. *Vestnik nauchnogo centra po bezopasnosti rabot v ugolnoj promyshlennosti [Bulletin of the Scientific Center for Safe Operation in the Coal Industry].* 2022;3:70–80 (in Russian).

8. Gannapathy V.R., Narayanamurthy V., Subramaniam S.K., Bin Tuani Ibrahim A.F., Md Isa I.S., Rajkumar S. A mobile and web-based security guard patrolling, monitoring and reporting system to maintain safe and secure environment at premises. *International Journal of Interactive Mobile Technologies.* 2023;17(11):4–14. https://doi.org/10.3991/ijim.v17i11.35483.

9. Mongush A.V., Kikin P.M. Review of technologies for indoor navigation. *Interexpo Geo-Siberia.* 2017;9(1):119–123 (in Russian).

10. Blyablin A.A., Leontyev M.A., Zdarov A.V., Kaganov E.B. Gibridnaya sistema pozitsionirovaniya indoor/outdoor kak metod kompleksnogo monitoringa personala [Hybrid indoor/outdoor positioning system as a method of integrated personnel monitoring]. *Avtomatizatsiya v promyshlennosti [Automation in Industry].* 2021;9:39–42 (in Russian). https://doi.org/10.25728/avtprom.2021.09.05.

Работа выполнена в рамках хоздоговорной НИОКР «Исследование возможности переноса серверной части системы мониторинга обходов промышленных объектов на платформу, размещенную на территории РБ» по заказу ЗАО «Витебскагропродукт».

V. E. KAZAKOV, A. N. BIZJUK, A. S. SOKOLOVA

INDUSTRIAL FACILITY MONITORING INFORMATION SYSTEM

Vitebsk State Technological University
Vitebsk, Republic of Belarus

Abstract. *By applying functional testing methods, a functional model of the hardware and software complex for a tracking system employed at an industrial enterprise was developed. Using functional methodology for data flow analysis, conceptual and database data models of the domain were constructed. Based on these models, a client-server information system for managing patrol monitoring of the enterprise's secure locations was developed and implemented. This system enables the collection of information on the movements tracking and critical events involving the enterprise's security department, its real-time processing for the identification of emergency situations, and the management of location monitoring. All data generated during system operation are stored on a server located within the enterprise premises, thereby enhancing information security.*

Keywords: *hardware and software system, information system, functional testing, domain model, Laravel, MySQL, OSM server, deployment automation*



Казаков Вадим Евгеньевич
Витебский государственный технологический университет (ВГТУ), г. Витебск, Республика Беларусь.
Кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Информационные системы и технологии» ВГТУ. Научные интересы: системный анализ, имитационное компьютерное моделирование технологических процессов, процессное моделирование систем управления.
Vadim E. Kazakov
Vitebsk State Technological University (VSTU), Vitebsk, Republic of Belarus.
PhD of Engineering Sciences. Associate Professor, Head of the Department of Information Systems and Technologies, VSTU. His research interest focus on systems analysis, computer simulation modeling of technological processes; process modeling of control systems.
E-mail: vstu_info@mail.ru



Бизюк Андрей Николаевич
Витебский государственный технологический университет (ВГТУ), г. Витебск, Республика Беларусь.
Старший преподаватель кафедры кафедрой «Информационные системы и технологии» ВГТУ. Научные интересы: информационные технологии и программирование, моделирование технологических процессов.
Andrei N. Bizjuk
Vitebsk State Technological University (VSTU), Vitebsk, Republic of Belarus.
Senior Lecturer of the Department of Information Systems and Technologies, VSTU. His research interest focus on information technology and programming, modeling of technological processes.
E-mail: biziuk.andrei@gmail.com



Соколова Анна Сергеевна
Витебский государственный технологический университет (ВГТУ), г. Витебск, Республика Беларусь.
Старший преподаватель кафедры кафедрой «Информационные системы и технологии» ВГТУ. Научные интересы: бизнес-анализ, системный анализ, анализ данных.
Anna S. Sokolova
Vitebsk State Technological University (VSTU), Vitebsk, Republic of Belarus.
Senior Lecturer of the Department of Information Systems and Technologies, VSTU. Shies research interest focus on business analysis, systems analysis, data analysis.
E-mail: sokolova203509@gmail.com