Коллекция Delivery представляет собой гибкую систему учета перевозок, где каждая операция детально документируется. Интеллектуальное сочетание вложенных документов для часто используемых данных и ссылочных связей для интеграции с другими сущностями обеспечивает баланс между производительностью и целостностью информации. Особое внимание уделено механизмам фильтрации по статусу перевозок, что существенно ускоряет обработку запросов.

Складской учет реализован через коллекцию Storage, где геопространственные индексы и автоматически обновляемые показатели загрузки создают мощный инструмент для управления товарными потоками. Товарная номенклатура в коллекции Product организована с учетом специфики различных категорий, обеспечивая гибкость при работе с разнородными грузами.

Отдельная коллекция DriversCredentials гарантирует безопасное хранение учетных данных, изолируя конфиденциальную информацию и ускоряя процессы аутентификации. Архив выполненных перевозок в WorkHistory не просто фиксирует исторические данные, но и предоставляет аналитический инструментарий для оценки качества работы, благодаря оптимизированным индексам и системе рейтингов.

Взаимосвязанная структура коллекций образует целостную экосистему, где каждый компонент выполняет четко определенную функцию, а продуманные механизмы оптимизации обеспечивают высокую производительность даже при интенсивной нагрузке. Такая архитектура позволяет системе эффективно масштабироваться и адаптироваться к изменяющимся бизнес-требованиям.

В архитектуре системы реализована гибкая модель организации связей между данными, сочетающая несколько взаимодополняющих подходов. Основу взаимодействия между сущностями составляют ссылочные связи, которые обеспечивают целостность отношений между разными коллекциями.

Для критически важных и часто запрашиваемых данных используется подход вложенных документов. Этот метод особенно эффективен для информации, которая требуется в большинстве операций чтения — таких как основные характеристики товаров в перевозках. Вложенная структура минимизирует количество обращений к базе, обеспечивая быстрый доступ к связанным данным в рамках одного запроса.

С точки зрения оптимизации производительности, система использует комплексный подход. Тщательно продуманная индексация охватывает все ключевые аспекты работы — от поиска водителей по категориям прав до сортировки перевозок по датам.

Стратегическая денормализация данных позволяет ускорить выполнение типовых операций за счет разумного дублирования информации. В сочетании с предварительно рассчитанными агрегированными показателями это дает значительный прирост производительности для аналитических запросов.

Для обеспечения масштабируемости применено горизонтальное разделение данных (шардирование) по географическому признаку и временным периодам. Это позволяет равномерно распределять нагрузку и эффективно управлять большими объемами исторических данных, сохраняя высокую скорость работы системы даже при значительном росте количества пользователей и операций.

Заключение. Проведенное исследование подтвердило эффективность использования MongoDB в качестве основы для корпоративной логистической системы. Реализованное решение продемонстрировало ключевые преимущества документо-ориентированного подхода: гибкость структуры данных, высокую производительность при работе с JSON-документами и возможность горизонтального масштабирования. Оптимальное сочетание ссылочных связей и вложенных документов, продуманная индексация и стратегическая денормализация данных обеспечили системе стабильную работу под нагрузкой.

Применение MongoDB позволило создать единое информационное пространство для веб-приложения логистов и мобильного приложения водителей, обеспечив согласованность данных и оперативность их обработки. Особое внимание было уделено безопасности хранения учетных данных и эффективности работы с геопространственной информацией.

Список цитируемых источников

1. *Алексендрич, М.* Осваиваем MongoDB 7.0 : руководство / М. Алексендрич, А. Боруцки, Л. Домингес ; пер. с англ. А. В. Снастина. — М. : ДМК Пресс, 2025. — 458 с.

УДК 681.3:658

А. К. Крамаренко, М. Ю. Сливко
Учреждение образования «Брестский Государственный Технический Университет», Брест, Республика Беларусь

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В УПРАВЛЕНИИ МЕЖДУНАРОДНЫМИ ТРАНЗИТНЫМИ ПЕРЕВОЗКАМИ

Введение. Сложность управления международными транзитными перевозками определена множеством факторов (географическое распределение, таможенные процедуры, разнообразие транспортных средств и маршрутов, динамичность рыночных условий, др.). В этих условиях важно применять инновационные

Репозиторий БарГУ

решения, которые обеспечат оптимизацию и гибкость логистических процессов. Эффективное управление этими процессами требует всестороннего анализа и адаптации к изменяющимся условиям, что делает использование современных технологий, таких как имитационное моделирование, особенно актуальным. Эти подходы позволяют не только сократить время и затраты, но и улучшить качество обслуживания клиентов, что является ключевым фактором в конкурентной среде.

Основная часть. Одним из таких решений является использование имитационного моделирования. Оно позволяет создать виртуальные прототипы реальных систем и проанализировать их поведение в различных условиях.

Имитационное моделирование — это процесс создания и анализа цифровых прототипов систем для предсказания их поведения. Оно используется для оптимизации, тестирования и обучения, предоставляя гибкость и точность в анализе сложных систем [1].

Среди множества инструментов для имитационного моделирования особое место занимают AnyLogic и AnyLogistix. Эти программные продукты предлагают ряд возможностей для моделирования и анализа логистических процессов, но имеют особенности в области применения.

AnyLogic, например, поддерживает различные методы моделирования, включая дискретные события и системную динамику, что делает его универсальным инструментом для сложных систем. В то время как AnyLogistix фокусируется на логистике и цепочках поставок, предлагая специализированные функции для оптимизации маршрутов и управления запасами.

Целью данной статьи является исследование возможностей имитационного моделирования в AnyLogic (на примере управления международными транзитными перевозками). Мы рассмотрим, как с помощью этой платформы можно моделировать различные сценарии, анализировать их влияние на логистические процессы.

С конца 1970-х годов термин «принятие решений в динамической среде» стал использоваться исследователями. По мнению Б. Бремера, в условиях сложной динамической среды принятие решений имеет несколько особенностей: требуется принять ряд решений для достижения целей; каждое новое решение зависит от последствий предыдущих, что накладывает ограничения на дальнейшие выборы; среда, в которой принимаются решения, изменяется как независимо, так и в результате принятых решений; сами решения принимаются в реальном времени, то есть в процессе изменения этой среды. Эти особенности подчеркивают важность гибкости и способности адаптироваться к изменениям, что делает имитационное моделирование особенно ценным инструментом [2].

Изучаемые программы представляют собой инструменты для имитационного моделирования сложных систем, помогающие в принятии решений в условиях динамически изменяющейся среды. Они разработаны компанией The AnyLogic Company [3; 4]. Они разработаны в 1998 г. в Санкт-Петербургском государственном университете под руководством А. Борщева.

AnyLogistix построен на основе AnyLogic. Этот инструмент нацелен на профессионалов в сфере логистики и управления цепями поставок. Он интегрирует классические методы моделирования с подходами имитационного моделирования. AnyLogistix предлагает эффективные и доступные решения, не требуя от пользователей значительных навыков в программировании.

Эти программы используются в разных видах деятельности для улучшения производственных процессов. В контексте международных транзитных перевозок AnyLogic и AnyLogistix позволяют создавать детализированные модели транспортных сетей, анализировать потоки грузов, оптимизировать маршруты и управлять складскими операциями. Их работа интегрируется с геоданными и картами, что обеспечивают точное и детализированное моделирование.

Основные преимущества AnyLogic и AnyLogistix включают:

– моделирование различных схем для выявления наиболее эффективных маршрутов;
– возможность оценки рисков и разработки стратегий их минимизации;
– планирование технического обслуживания, закупки, аренды или лизинга автомобилей, вагонов, др.;
– мониторинг данных в режиме реального времени;
– интеграцию с другими системами управления для более комплексного анализа;
– визуализацию результатов моделирования, что помогает в презентации данных и принятии решений и др.

Имитационное моделирование также активно используется для повышения квалификации. Этот метод позволяет создавать виртуальные сценарии, которые приближены к реальным условиям, что дает возможность специалистам отрабатывать навыки. В таких моделях можно учитывать различные переменные и факторы, влияющие на работу, что помогает не только освоить теорию, но и применить её на практике. Это особенно важно в профессиях, требующих быстрого реагирования и принятия решений в условиях неопределенности. Участники могут анализировать свои действия и получать обратную связь, что позволяет выявлять слабые места и улучшать свои навыки. В результате, такие тренировки не только повышают уровень компетентности, но и увеличивают уверенность специалистов в своих силах.

Заключение. Таким образом, внедрение инновационных решений на основе имитационного моделирования может значительно повысить эффективность международных транзитных перевозок, снизить риски и затраты, а также улучшить качество обслуживания клиентов.

Репозиторий БарГУ

Список цитируемых источников

1. Опыт проектирования контейнерных терминалов методами имитационного моделирования. — URL: https://www.anylogic.ru/-resources/articles/opyt-proektirovaniya-konteynernykh-terminalov-metodami-imitatsionnogo-modelirovaniya (дата обращения: 17.02.2025).
2. Ситуационное моделирование в условиях неопределенности как способ проверки подготовки специалистов. — URL: https://www.anylogic.ru/resources/articles/situatsionnoe-modelirovanie-v-usloviyakh-neopredelennosti-kak-sposob-proverki-podgotovki-spetsialist (дата обращения: 17.02.2025).
3. *Крамаренко, А. К.* Исследование отдельных аспектов инновационной деятельности микро- и малых предприятий в белорусской экономике = Research of a Certain Aspects of Micro- and Small Enterprises Innovative Activity in the Belarusian Economy / А. К. Крамаренко. — Текст : непосредственный // Веснік Брэсцкага універсітэта. Серыя 2: Гісторыя. Эканоміка. Права. — 2024. — № 2. — С. 61–70.
5. *Крамаренко, А. К.* Исследование применения информационных технологий в международной логистике / А. К. Крамаренко, А. Н. Марзан. — Текст : непосредственный // I Международный логистический форум = I International Logistics Forum : материалы форума, Минск, 25 апреля 2024 г. / Белорусский государственный университет ; редкол.: Е. А. Достанко (гл. ред.), В. А. Острога, Н. Н. Капустина. — Минск : БГУ, 2024. — С. 64—70.

УДК 621.377.6

И. С. Красуцкий, А. И. Калько
Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи, Республика Беларусь

ДИНАМО-ГЕНЕРАТОРНЫЙ ЛЕЖАЧИЙ ПОЛИЦЕЙСКИЙ С УМНЫМ ОСВЕЩЕНИЕМ НА БАЗЕ ARDUINO

Введение. Множество организаций ищет способы получения безопасной и экологически чистой энергии, при этом предпочтение отдается возобновляемым источникам, таким как солнечная, ветровая и гидроэнергия.

Принцип работы ветро- и гидрогенераторов заключается в преобразовании кинетической энергии воздушных масс и водных потоков в электрическую, механическую, тепловую или другую форму энергии.

Целью данной работы является сборка макета устройства для выработки энергии, которое можно использовать в качестве лежачего полицейского и умного освещения.

Основная часть. Динамо-машина, или генератор электрического тока, это устройство, которое преобразует в электрическую энергию другие состояния энергии: тепловую, механическую, химическую. До сегодняшнего дня остаются популярными велосипедные генераторы, питающие фары и задние фонари.

Динамо-машина генерирует электрическую энергию благодаря принципу электромагнитной индукции. Обычно такое устройство конвертирует именно механические воздействия прямо в электрические импульсных. В его составе — ротор (открытая проволочная обмотка) и статор, в котором расположены полюса магнита. Ротор, не прекращая движения, все время вращается в силовом магнитном поле, что неизбежно приводит к возникновению тока в обмотке.

Схему своего устройства динамо-машины следующуя: вращающийся проводник, или ротор, пересекает магнитное поле и в нем генерируется электрический ток; концы ротора подведены к кольцу (коллектор), через них и прижимные щётки ток перемещается в электрическую сеть.

В данной работе для выработки энергии используется велосипедная динамо-машина, генерирующая переменный ток с напряжением в 6 Вольт и мощностью в 12 Ватт модифицированная специальной ручкой для создания необходимого крутящего момента (рисунок 1).

Рисунок 1 — Модифицированная динамомашина

С целью распределения энергии и систематизации подключения элементов используется клеммная колода, в которую параллельно к динамо--генератору подключены светодиодный индикатор поступления энергии и выпрямитель на основе диодного моста, который подключён к кабелю micro USB [1]. Описанные компоненты представлены на рисунке 2.

Для получения энергии необходимо резким ударом пальцев об ручку привести динамо-генератор в движение, после чего энергия через кабель micro USB поступит на аккумулятор, энергию от которого можно будет использовать для разных целей, в том числе и питания освещения, собранного на плате Arduino. Устройство в сборе представлено на рисунке 3.

Система умного освещения лежачего полицейского представляет собой источник света, который активируется, если датчик света фиксирует недостаточную освещённость. Макет данной системы базируется на микроконтроллере Arduino Uno и использует светодиод (как источник света) и фоторезистор (как датчик света). Светодиод подключается к пину ~10 и через резистор к пину Gnd [2]. Фоторезистор в свою очередь подключается к пину 5V и через ещё один резистор к пинам A0 и GND. Схема сборки устройства на рисунке 4.

Репозиторий БарГУ