



Рисунок 2 – Главный экран мониторинга и управления ПНС

Анализ результатов тестирования системы показывает, что использование сервиса облачного хранилища при разработке ПО, помимо локального сервера СКАДА-системы, позволяет получить возможность контролировать и управлять системой в любое время из любого места, а также повысить надежность работы системы за счет увеличения ее информационной безопасности, с помощью дополнительного шифрования канала связи и облачным хранением архивных данных работы.

УДК 65.011.56

## ИНФОРМАЦИОННО-ПОИСКОВАЯ СИСТЕМА ВЫБОРА МАРШРУТА СЛЕДОВАНИЯ ПАССАЖИРА В РЕГИОНАЛЬНОМ СООБЩЕНИИ

*Н. В. РЯЗАНЦЕВА, Е. А. ЖИДКОВА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Одной из основных тенденций развития Белорусской железной дороги является ее компьютеризация, в частности, внедрение информационно-вычислительных систем, однако остаются некоторые задачи, которые сложно компьютеризировать. Одной из таких задач является разработка информационно-поисковых систем маршрута следования пассажира в региональном сообщении с выбором оптимальных вариантов пересадки при отсутствии прямого маршрута. Сложность заключается в том, что данная задача является *NP*-полной и одним из лучших методов ее решения является полный перебор. Однако логический выбор и полный перебор вариантов решения данной задачи, даже с использованием компьютерных технологий, занимает значительное время, следовательно, для решения такой задачи нужно использовать различные методы оптимизации нахождения решений.

Подобные программные продукты существуют для городского общественного транспорта, для метро г. Минска, г. Москвы и г. Санкт-Петербурга, а также для авиAPERелетов международных авиакомпаний. Данные информационно-поисковые системы позволяют пассажирам выбрать не только прямой маршрут, но и маршруты с пересадками, при этом пассажиру не приходится вручную подбирать и согласовывать время прибытия, отправления различных маршрутов, высчитывать время в пути и пересадки между маршрутами. В Беларуси в настоящее время нет аналогичных программ, позволяющих находить удобный маршрут следования с возможностью пересадки для железнодорожного транспорта, как в региональном, так и в межрегиональном сообщении. Данная программа будет востребована билетными кассирами и позволит повысить качество их обслуживания.

Для поиска алгоритма нахождения оптимального маршрута следования пассажира за минимально возможное время были исследованы алгоритмы, основанные на графах. Графы являются существенным элементом математических моделей в самых разнообразных областях науки и прак-

тики и помогают наглядно представить взаимоотношения между объектами или событиями в сложных системах. Алгоритмы работы графов используются при создании различных информационных систем, связанных со схемами маршрутов передвижения, техническими схемами устройств, организационными схемами управления, с решением задач сетевого планирования. Применение графов позволяет решить множество задач: найти оптимальный маршрут на карте дорог; рассчитать максимальное время выполнения проекта (критический путь); определить, сколько элементов должно выйти из строя, чтобы отказал весь механизм и т. д.

Для реализации информационно-поисковой системы выбора маршрута следования пассажира в региональном сообщении был выбран алгоритм Дейкстры. Данный алгоритм решает задачу нахождения кратчайших путей для единственного источника на ориентированных графах, имеющих неотрицательные веса, и основан на методе поиска в ширину. Работу алгоритма Дейкстры можно описать последовательностью действий:

- поиск начинается путем помещения источника в просмотренную зону;
- на каждом шаге добавляется одно ребро, дающее кратчайший путь из источника в вершину, не включенную в просмотренную зону, то есть вершины добавляются в просмотренную зону в порядке возрастания их удаленности от источника.

Таким образом, чтобы найти кратчайший путь от  $s$  к  $t$  с помощью алгоритма Дейкстры, достаточно начать поиск с вершины  $s$  и закончить его, когда вершина  $t$  добавится в очередь.

Программная реализация информационно-поисковой системы выбора маршрута следования пассажира в региональном сообщении представлена в виде основного программного модуля, реализованного на языке C++, и удаленной базы данных, реализованной с помощью СУБД InterBase. Такой выбор связан с имеющимся оборудованием и программным обеспечением, используемым на железной дороге.

Основной программный модуль реализует принцип разделения пользователей по уровню доступа для исключения ошибочного изменения информации, которое может повлиять на корректную работу программы. Дежурный по станции после аутентификации имеет доступ ко всем функциям изменения информации в программе: модификации данных об остановках, расписании движения поездов, времени хода между станциями. При вводе начальной и конечной станции выдается список поездов, подходящих по заранее выбранным критериям поиска.

Для выполнения модификации данных, их анализа и поиска оптимального маршрута пассажира с помощью алгоритма Дейкстры основной программный модуль формирует SQL-запросы к удаленной базе данных. База данных представлена связанными таблицами, в которых присутствует следующая информация:

- таблица «Станции»: идентификатор станции, название станции;
- таблица «Перечень поездов»: идентификатор поезда, номер поезда, название поезда, начальная и конечная дата движения поезда согласно расписанию;
- таблица «Расписание движения поездов по станции»: идентификатор поезда, идентификатор станции, время прибытия, время отправления;
- таблица «Граф расположения станций»: идентификатор графа, идентификатор первой станции, идентификатор второй станции, расстояние между станциями;
- таблица «Узловые станции»: идентификатор станции, идентификатор первой узловой станции, идентификатор второй узловой станции.

При вводе начальной и конечной станции, времени и даты отправления начинается поиск маршрута. На первом этапе поиска осуществляется проверка наличия ближайшего по времени прямого маршрута, без пересадок. Второй этап начинается, если прямого маршрута не существует. Формируется запрос к базе данных, выбирающий узловые станции для станций отправления и прибытия. Затем от двух узловых станций, относящихся к станции отправления, запускается алгоритм Дейкстры, причем для ускорения поиска в качестве весов выбираются расстояния между узловыми станциями. Алгоритм позволяет получить до четырех вариантов маршрутов, от каждой узловой станции к каждой. Далее вызывается процедура расчета расстояний от начальной и конечной станции к ее узловым станциям и, прибавляя расстояние, найденное в ходе выполнения алгоритма Дейкстры, выдается кратчайший по расстоянию маршрут. После этого по выбранным узловым станциям происходит подбор маршрута с согласованием даты и времени прибытия и отправления поездов (рисунок 1).

Поезд	Название	Станция	Отправление	Станция	Прибытие	Поезд	Название	Станция	Отправление	Станция	Прибытие
6580	Осиповичи - Могилев	Друть	5:50:00	Могилев-1	7:07:00	6557	Могилев - Жлобин	Могилев-1	8:15:00	Быхов	9:39:00
6580	Осиповичи - Могилев	Друть	5:50:00	Могилев-1	7:07:00	6559	Могилев - Жлобин	Могилев-1	17:35:00	Быхов	18:48:00
6582	Осиповичи - Могилев	Друть	9:39:00	Могилев-1	10:54:00	6511	Могилев - Жлобин	Могилев-1	12:24:00	Быхов	13:37:00
6582	Осиповичи - Могилев	Друть	9:39:00	Могилев-1	10:54:00	6559	Могилев - Жлобин	Могилев-1	17:35:00	Быхов	18:48:00
6584	Осиповичи - Могилев	Друть	11:31:00	Могилев-1	12:40:00	6559	Могилев - Жлобин	Могилев-1	17:35:00	Быхов	18:48:00
6514	Осиповичи - Могилев	Друть	9:39:00	Могилев-1	10:54:00	6511	Могилев - Жлобин	Могилев-1	12:24:00	Быхов	13:37:00
6514	Осиповичи - Могилев	Друть	9:39:00	Могилев-1	10:54:00	6559	Могилев - Жлобин	Могилев-1	17:35:00	Быхов	18:48:00
6514	Осиповичи - Могилев	Друть	9:39:00	Могилев-1	10:54:00	6511	Могилев - Жлобин	Могилев-1	12:24:00	Быхов	13:37:00
6514	Осиповичи - Могилев	Друть	9:39:00	Могилев-1	10:54:00	6559	Могилев - Жлобин	Могилев-1	17:35:00	Быхов	18:48:00

Рисунок 1 – Результат поиска маршрута с пересадками

Для работы с программой разработан интуитивно понятный дружественный оконный интерфейс пользователя, предусмотрено наличие контекстного меню и интегрированной справочной системы помощи. Анализ результатов тестирования информационно-поисковой системы выбора маршрута следования пассажира в региональном сообщении показал корректность результатов работы.

УДК 656.25

## СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ РАСЧЕТА КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В ЕВРОПЕЙСКИХ НОРМАХ И ГОСТ

*С. Н. ХАРЛАП*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Ввод в эксплуатацию современных микроэлектронных систем железнодорожной автоматики в обязательном порядке включает в себя процедуру подтверждения соответствия требованиям функциональной безопасности. Основным количественным показателем функциональной безопасности является интенсивность опасных отказов. Этот показатель используется для определения уровня полноты безопасности (УПБ, SIL) в международных (IEC), европейских (EN), межгосударственных (ГОСТ) и национальных стандартах (СТБ, ГОСТ Р). Общая тенденция последних лет явно показывает сближение нормативной базы Европейского Союза и Евразийского экономического союза за счет применения единых стандартов МЭК, что выражается в принятии ряда национальных и межгосударственных стандартов, идентичных международным и европейским стандартам, например, СТБ IEC 61508-2014, СТБ EN 50126-1-2011, ГОСТ Р МЭК 61508-2012, ГОСТ IEC 61508-3-2018. Аутентичный перевод этих стандартов приводит к тому, что у нас начинают действовать нормы, принятые в Европейском союзе. Поэтому актуальным является сравнение методов расчета и норм количественных показателей функциональной безопасности в европейских нормах и ГОСТ.

Перед выполнением анализа следует уточнить, что основополагающим «вертикальным» стандартом верхнего уровня для функциональной безопасности является IEC 61508 «Функциональная безопасность систем электрических, электронных, программируемых электронных, связанных с безопасностью». Общие положения IEC 61508 детализированы для потенциально опасных областей. В частности, для систем железнодорожной автоматики количественные показатели безопасности установлены IEC 62425 (EN 50129) «Железные дороги. Системы связи, сигнализации и обработки данных. Электронные системы сигнализации, связанные с безопасностью». Несмотря на то, что требования и нормы в IEC 62425 установлены с учетом требований IEC 61508, существуют некоторые отличия в методах расчета показателей безопасности.

В международных (IEC 61508-1, IEC 62425), европейских (IEC 62425) для определения уровня полноты безопасности используется приведенный показатель «допустимая интенсивность опасных отказов в час и на одну функцию». В ГОСТ 33894–2016 «Системы железнодорожной автоматики и телемеханики на железнодорожных станциях. Требования безопасности и методы контроля» применяются показатели «интенсивность опасных отказов в час на железнодорожную станцию (при числе стрелок до 22 включительно)» и «интенсивность опасных отказов в час на централизованную