

УДК 629.7

А.В. ПОПОВ, Ю.А. БЕЛОКОНЬ, А.Н. КОТЬКОВ

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина***МОНИТОРИНГ АВИАПЕРЕВОЗКИ ГРУЗОВ**

Проведен анализ авиаперевозок грузов с целью построения и разработки способов улучшения их качества. Сформулированы требования для системы мониторинга за процессом авиаперевозки груза. Предложены основные принципы для разработки алгоритмов, лежащих в основе системы контроля груза при авиаперевозках, программа для мониторинга процесса перевозки груза авиатранспортом, которая предоставляет возможность получать информацию о местоположении авиатранспорта, позволяет просматривать пройденный маршрут движения самолета, а также наиболее вероятный путь дальнейшего его следования. Проводится прогнозирование времени прибытия грузов, что позволяет уведомить пользователя об опоздании рейса.

Ключевые слова: авиаперевозки, транспортная задача, алгоритм Флойда – Уоршелла, логистический подход, маршрут, транспортное средство.

Введение

В последнее время в мире наблюдается тенденция глобализации производства. Это приводит к тому, что возникает необходимость транспортировки большого количества грузов на большие расстояния. Часто скорость и надежность доставки играет большую роль, чем ее стоимость. Так, например, при необходимости срочной доставки клиент хочет быть уверенным в том, что его груз прибывает к месту назначения вовремя, а в случае каких-либо задержек прибытия груза он получит соответствующие своевременные уведомления. При отправке ценного груза клиенты часто требуют обеспечения прозрачности доставки, т.е. возможности отслеживания движения груза и его текущего местоположения на протяжении всей цепочки доставки в режиме реального времени.

Кроме того, в большинстве ситуаций аэропорт не является конечной точкой доставки, что приводит к необходимости привлечения автомобильного транспорта для перевозки груза в конечный пункт назначения. Если же авиарейс задерживается, это может привести к простаиванию автотранспорта и, как следствие, к увеличению накладных расходов. Этого можно избежать, если у вас имеется информация о местонахождении самолета и примерном времени его прибытия, исходя из скорости полета и погодных условий.

Поэтому своевременное информирование клиентов о возможных задержках доставки груза или непредвиденных ситуациях позволяет снизить возможные затраты клиентов, связанные с несвоевременным прибытием груза, позволяет повысить прозрачность доставки груза, а также повышает конку-

рентоспособность данной транспортной компании на рынке грузоперевозок.

На сегодняшний день существует много способов для отслеживания груза при транспортировке на автотранспорте или при контейнерной перевозке морем, но программное обеспечение для определения местоположения авиатранспорта при перевозке груза [1-3] разработано недостаточно. Все это приводит к актуальности создания программного обеспечения, которое могло бы выполнять отслеживание местоположения груза, а также прогнозировать возможные задержки доставки путем расчета маршрута следования самолетов и, исходя из скорости их полета, примерно рассчитывать время их прибытия в пункт назначения. Это позволит обеспечивать прозрачность доставки груза при перевозке его авиатранспортом, что в свою очередь даст возможность клиентам видеть передвижение своего груза, а транспортным компаниям увеличить спектр предоставляемых услуг и свою конкурентоспособность на рынке.

1. Особенности авиаперевозок

Авиаперевозки являются наиболее быстрым вариантом доставки грузов при международных перевозках, а иногда и единственно возможным, если необходимо осуществить срочную доставку в труднодоступные регионы, наземное и морское транспортное сообщение с которыми затруднено. Перевозка грузов авиатранспортом зависит от большого количества внешних факторов, главным из которых являются погодные условия. Кроме того, влияние на график доставки грузов и расписание авиаперелетов могут оказать техническое состояние

самолета или форс-мажорные обстоятельства.

Услуги авиагрузоперевозки могут объединять в себе совокупность работы нескольких авиакомпаний, что предоставляет более широкий выбор мест и способов доставки для клиента [4].

К основным этапам работы компании, доставляющей авиагрузы, относятся:

- бронирование самолетов всех типов для чартерных рейсов;
- отправка грузов регулярными пассажирскими рейсами;
- доставка груза от отправителя до аэропорта и от аэропорта к получателю;
- экспресс-доставка;
- таможенное оформление грузов;
- упаковка и распаковка грузов;
- хранение грузов на терминале на таможне;
- обслуживание ценных и опасных грузов;
- авиадоставка крупногабаритного груза;
- страхование авиагрузов.

Таким образом, при грузовых перевозках авиатранспортом груз проходит ряд этапов (рис. 1.). Видно, что авиaperевозки часто сопровождаются спектром дополнительных услуг, таких как погрузка и разгрузка товара, а также доставка товара до места погрузки или пункта назначения, для которых необходимо задействовать автомобильные грузоперевозки. Эти работы осуществляются компанией, занимающейся логистикой, и связаны с дополнительными затратами.

Качество доставки груза характеризуется рядом параметров (рис. 2), среди которых особое значение приобретает надежность доставки [5]. Надежность доставки является сложным комплексным параметром, который должен учитывать своевременность доставки, сохранность груза, уровень риска, совместимость системы, имидж участников системы и др.

При обеспечении требуемого уровня надежности функционирования системы доставки грузополучатели смогут планировать поставки в оптимальных объемах, определять точные размеры страховых запасов. Согласно статистическим данным 98% суммарного времени движения товара от первичного источника сырья материалов до конечного потребителя готовой продукции, приходится на прохождение по различным логистическим каналам, в т. ч. на транспортировку. Для обеспечения синхронности всех логистических процессов грузовладелец и участники системы доставки заинтересованы в максимальной определенности сроков доставки грузов. Несвоевременная доставка грузов может повлечь за собой значительные убытки клиента в виде потери заказов из-за ограниченного времени обслуживания или потери части дохода из-за испорченных грузов. Поэтому при заключении договоров доставки клиент часто требует доставки «точно в заданный срок» путем указания требуемого интервала времени доставки или величины допустимого опоздания. Требование доставки в минимальный срок может быть предъявлено клиентом в том случае, когда возникает необходимость срочной доставки груза, или в условиях ограниченности по времени осуществления доставки (например, в случае доставки скоропортящихся грузов).

Обеспечение своевременной доставки грузов позволяет избежать дополнительных затрат на выполнение таких операций, как:

- хранение дополнительных запасов у грузоотправителей и грузополучателей;
- иммобилизация дополнительных товарно-материальных ценностей из сферы производства на период хранения и доставки;
- содержание дополнительных средств и оборудования погрузки и разгрузки;

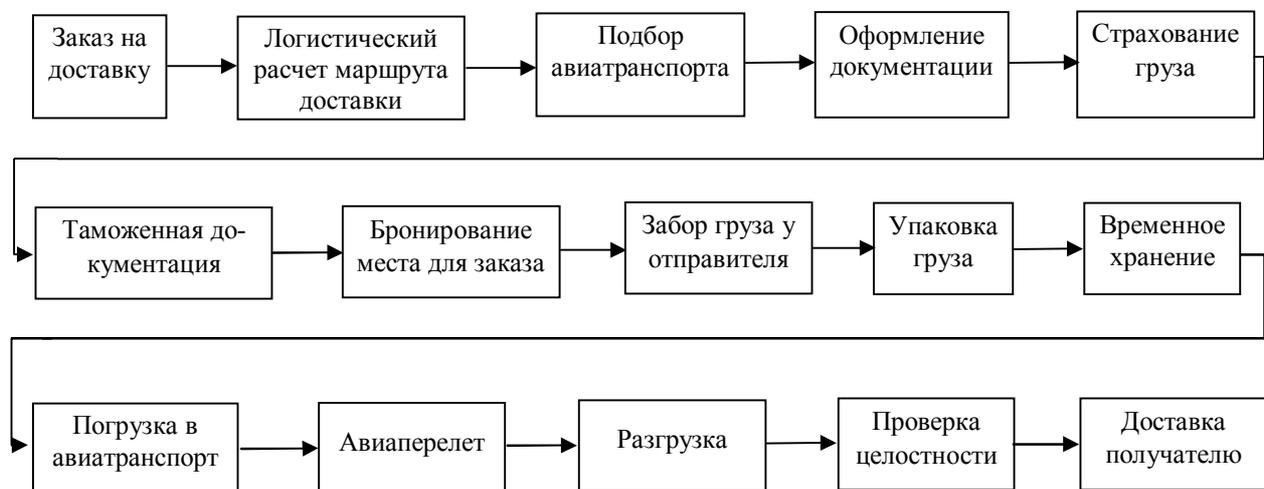


Рис. 1. Основные этапы авиaperевозок

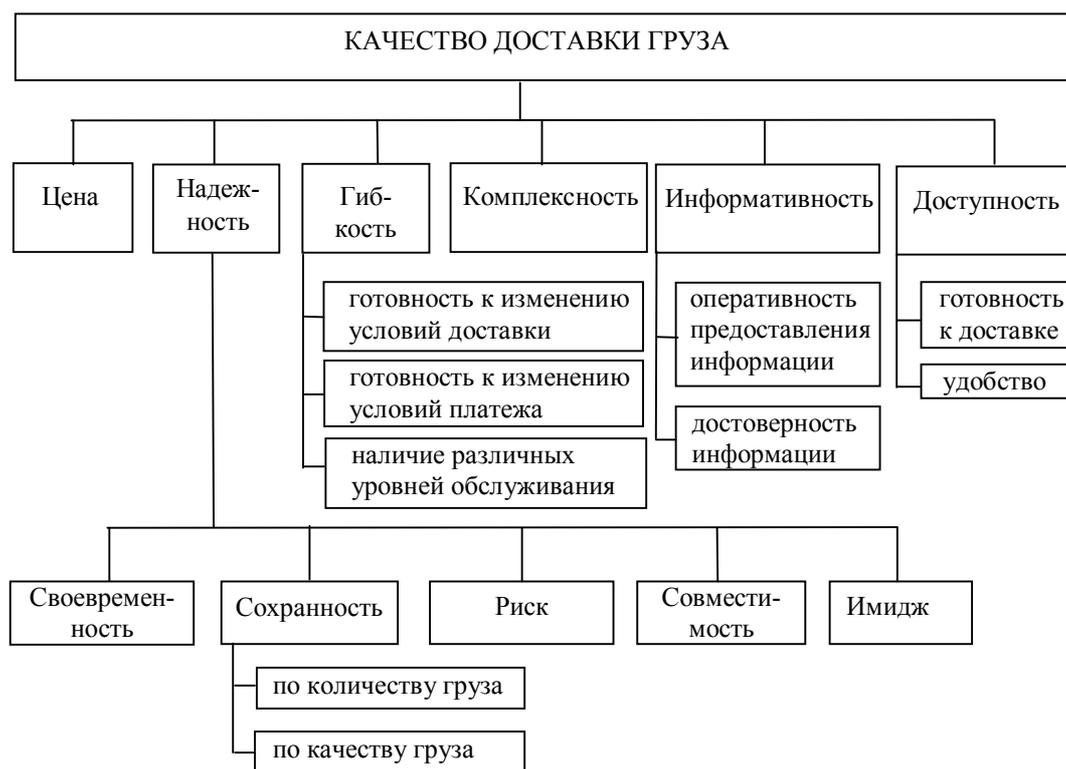


Рис. 2. Параметры качества доставки грузов

– использование клиентом более дорогих видов транспорта с целью предотвращения остановки производственного процесса;

– применение менее экономичных технологических процессов или снижение интенсивности их протекания у грузоотправителей и/или грузополучателей и др.

Кроме того, своевременность доставки предоставляет клиентам существенные конкурентные преимущества на рынке сбыта товаров. Оценка времени доставки необходима при бизнес-планировании и организации доставки, особенно когда применяется технология «доставка точно в срок».

2. Постановка задачи исследования

Анализ рынка авиационных грузоперевозок выявил следующие проблемы:

- недостаточное информирование заказчика о местоположении груза в процессе перевозки;
- отсутствие средств автоматического информирования клиентов о задержке доставки груза;
- отсутствие возможности прогнозировать время прибытия самолета в пункт назначения.

Все вышеперечисленные проблемы увеличивают риски, а также снижают надежность перевозки груза и могут повлечь за собой накладные расходы, связанные с простоем транспорта, необходимого для доставки груза из аэропорта в нужное место, а также

расходы, связанные с утратой потребительских свойств быстропортящимися товарами или простоем производства при несвоевременной доставке груза.

Исходя из этого возникает необходимость разработки программного обеспечения, которое позволяло бы отслеживать местоположение авиатранспорта в режиме реального времени, производить расчет наиболее вероятного пути следования самолета, а также рассчитывать примерное время прибытия в пункт назначения исходя из скорости полета и оставшегося пути. В случае опоздания должна быть предусмотрена возможность проинформировать клиентов о задержке доставки груза или о том, что груз доставлен в другой аэропорт (в случае непредвиденных обстоятельств).

Для этого потребуются методы расчета маршрута, отображения местоположения самолетов на карте, а также технология, позволяющая определять координаты самолета в режиме реального времени.

3. Решение задачи исследования

Для решения задачи определения наиболее вероятного пути следования воздушных средств необходим алгоритм расчета кратчайшего пути. Было решено использовать алгоритм Флойда-Уоршелла, так как он позволяет проводить расчет расстояния между каждой парой вершин взвешенного ориенти-

рованного графа и имеет меньшую сложность при реализации на компьютере [6]. Временная эффективность алгоритма имеет порядок $O(N^3)$, поскольку в нем практически нет ничего, кроме вложенных друг в друга трех циклов.

Для определения координат самолета в режиме реального времени среди существующих методов навигации и определения местоположения, используемых воздушными средствами, была выбрана технология ADS-B (Automatic dependent surveillance-broadcast) [7]. Эта технология, внедряемая в настоящее время Федеральным управлением гражданской авиации США (Federal Aviation Administration, FAA) на территории США и в других странах, позволяет пилотам в кабине самолета и диспетчерам на наземном пункте получать аэронавигационную информацию и «видеть» трафик движения воздушных судов с большей точностью, чем это было доступно ранее. ADS-B базируется на системе GPS для определения точных координат воздушного судна в пространстве. Эта информация о положении воздушных судов комбинируется с другой информацией, такой как тип воздушного судна, скорость, его номер, рейс, курс, вертикальная скорость и затем, широкоэвентально передается примерно каждую секунду.

Другие воздушные суда и наземные станции, оборудованные ADS-B, в радиусе примерно 150 миль принимают эту информацию. Наземные станции комбинируют полученную с разных точек информацию с дополнительной информацией, полученной от наземных радаров для не-ADS-B устройств и ретранслируют данные для всех воздушных судов в радиусе обслуживания.

ADS-B обеспечивает большой запас по обнаружению конфликтов, поскольку эффективная дальность действия составляет более 100 миль. Пилоты могут видеть расположение, курс, скорость и высоту других воздушных судов. ADS-B дает пилотам такие сервисы, как графическое отображение погодных условий и текстовые полетные рекомендации.

Режим Mode-A - так называемый вторичный радар (Secondary Surveillance Radar (SSR)), используется как гражданскими, так и военными воздушными судами, обеспечивает до 4096 идентификационных кодов (squawk) и является наиболее часто используемым режимом. В режиме Mode-A/C передаются данные о высоте, сквоке и ICAO коде самолета, координаты не передаются.

Режим Mode-S вместо передачи пары импульсов, модулирует несущую сигнала, используя DPSK для обеспечения большей эффективности и без помех для других запросов режима Mode A/C. Только в режиме Mode-S передаются координаты воздушного судна.

Когда транспондер воздушного судна получает запрос, он подтверждает запрос излучением фазово-импульсно-модулированного (ФИМ) (англ. Pulse-position modulation, PPM) сигнала.

Существует также расширенный сквиттер (extended squitter), это пакет данных с координатами, который передается воздушным судном без запроса извне примерно каждую секунду. Воздушное судно как бы говорит каждую секунду "я здесь", "я здесь",...

Существуют проекты по наблюдению за воздушными судами с помощью ADS-B приёмников, установленных любителями в своих домах и других местах. Данные от этих приёмников с помощью интернета отправляются на центральный сервер, где собираются воедино от сотен добровольцев и любителей и отображаются на карте. Таким способом удаётся покрыть большие территории в разных странах мира.

Определение координат самолета с применением ADS-B технологии позволит использовать эти данные для отображения маршрута самолета в режиме реального времени.

4. Программная реализация

Чтобы отобразить пройденный маршрут на карте, необходимы данные о координатах пребывания авиатранспорта через определенные промежутки времени. Эти координаты будем получать в виде XML-файлов с системы, которая занимается отслеживанием местоположения.

Получив координаты, необходимо выполнить следующие шаги:

- 1) создать графический слой;
- 2) нанести на него полученные координаты;
- 3) привязать новый слой к карте местности;
- 4) отобразить графический слой поверх карты.

Таким образом, получим карту местности с нанесенным на нее маршрутом, который прошел самолет. После этого будет проведен расчет маршрута исходя из текущего положения самолета и пункта его назначения. Этот маршрут будет нанесен на карту аналогичным способом.

Для обеспечения работоспособности приложения необходимо, чтобы оно взаимодействовало с другими, уже существующими, системами. На рис. 3. показаны системы, с которыми требуется наладить взаимодействие.

Система определения координат требуется для получения информации о местоположении того или иного самолета в данный момент времени. Взаимодействие с базой данных предприятия обеспечивает приложение информацией о том, каким рейсом

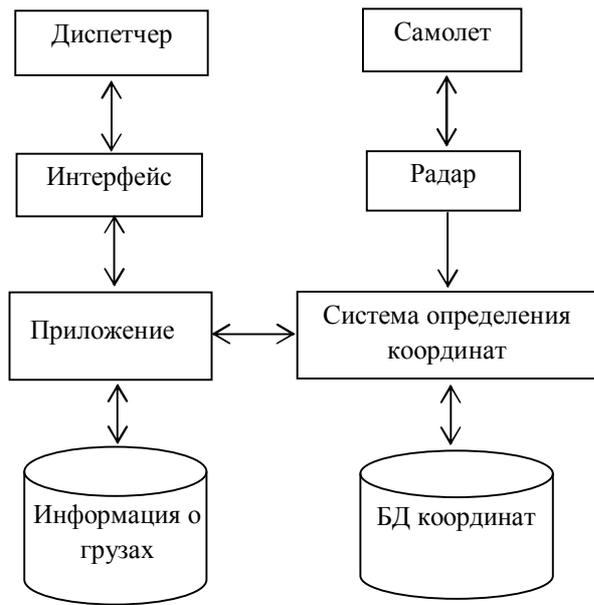


Рис. 3. Взаимодействие с другими системами

производится перевозка каждого из грузов, что позволит определить самолет, на котором находится груз и показать его на карте. База данных приложения необходима для хранения служебной информации, а также информации о пользователях системы. Интерфейс приложения обеспечивает взаимодействие пользователей и системы.

Основные модули приложения приведены на рис. 4. Система состоит из пяти модулей, каждый из которых выполняет свою функцию. Модуль обработки запросов пользователя занимается обработкой запросов поиска груза по номеру накладной или воздушного средства по номеру рейса. Он в свою очередь обращается к модулю работы с базой данных предприятия, который отвечает за поиск нужной информации о грузах. Далее идет модуль работы с сервером координат, который получает координаты воздушного средства, а также уже пройденные им точки маршрута, после чего управление переходит к модулю расчета дальнейшего маршрута,

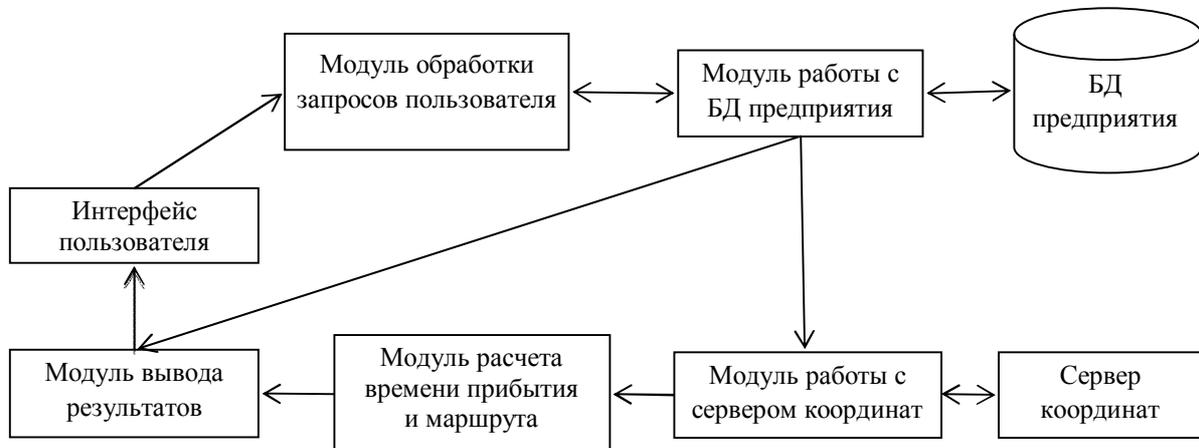


Рис. 4. Основные модули приложения

необходимого для прогнозирования времени прибытия. После получения всей необходимой информации и проведения расчетов информация выдается для просмотра пользователю.

На рис. 5 изображен алгоритм работы приложения. Приложение постоянно обновляет информацию о местоположении самолетов и проводит расчет времени прибытия в пункт назначения. В случае несоответствия расчетного времени плановому выдается сообщение об опоздании рейса, а также информация о находящихся на его борту грузах.

Чтобы начать работу, необходимо войти в систему. После этого пользователь может видеть местоположение самолетов, на которых производится перевозка грузов.

Для получения информации по самолету достаточно сделать щелчок левой кнопкой мыши по нему и информация отобразится в нижней панели, при этом выделенный самолет станет желтого цвета.

Для выбранного самолета производится расчет наиболее вероятной траектории дальнейшего движения (зеленым отображается наиболее вероятный путь, желтым – возможный). Если пользователя интересует конкретный авиарейс или груз, он может воспользоваться поиском. Пользователь получает подробную информацию о грузе (в случае поиска по грузам) или же информацию об авиарейсе с возможностью просмотра всех грузов, находящихся на борту данного самолета (в случае поиска по авиарейсам).

Поиск по авиарейсам также дает возможность уведомить заказчиков об опоздании доставки в случае задержки рейса из-за погодных условий или непредвиденных ситуаций. В случае если расчетное время прибытия в пункт назначения не совпадает с тем, что должно быть по графику, соответствующий самолет выделяется красным цветом. Если кликнуть по нему левой кнопкой мыши, то будет показано окно информации о рейсе со всеми грузами на борту

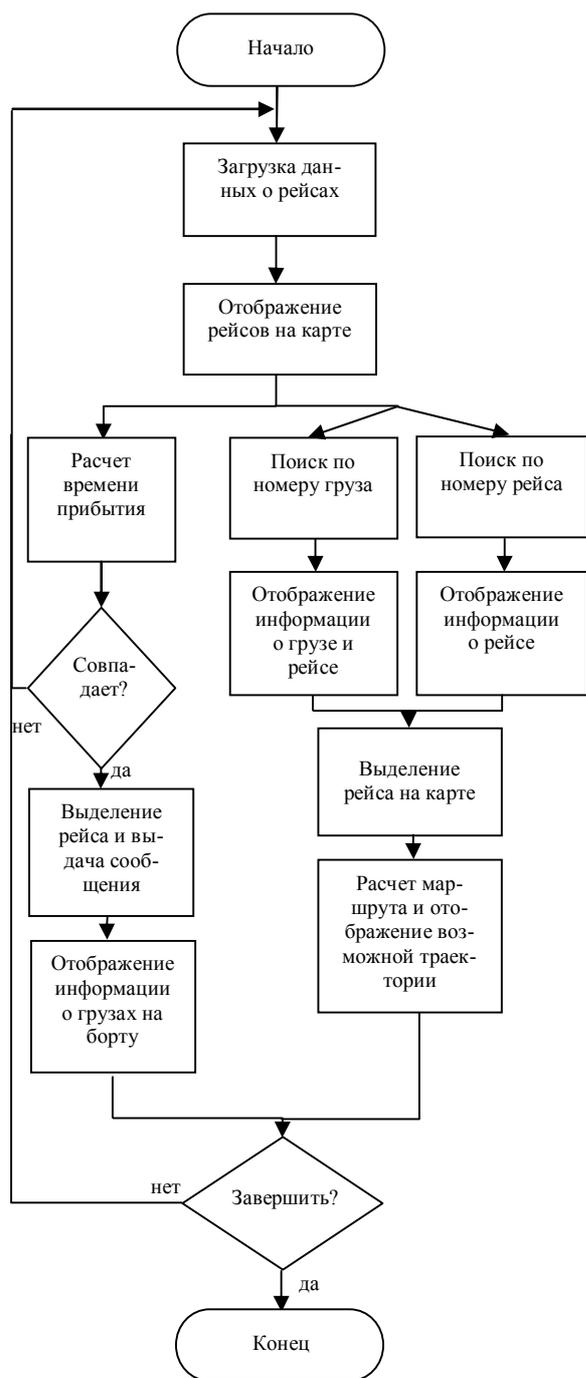


Рис. 5. Алгоритм работы приложения

(такое же, как и при поиске по рейсам).

Также в приложении имеется возможность задать настройки подключения к базе данных предприятия и базе данных сервера координат.

Структура базы данных (рис. 6.) представлена пятью таблицами, главной из которых является таблица, отвечающая за информацию о перевозимых грузах. Для груза (Cargo) можно просмотреть рейс (Flight), которым он перевозится, владельца груза (Client), диспетчера (Dispatcher), который принял

заказ и производит наблюдение за состоянием перевозки, а также последнее зафиксированное местоположение (Check_point).

Приложение для мониторинга и прогнозирования маршрута следования воздушных средств имеет интерфейс пользователя, представленный на рис. 7.

Заключение

В настоящее время перевозки грузов авиатранспортом становятся все более востребованными. Это связано с необходимостью транспортировки большого количества грузов из одной точки в другую за короткое время, при этом необходимо знать, где находится груз в течение всего процесса перевозки. Все это приводит к необходимости разработки программного обеспечения, которое имело бы возможность производить мониторинг за местоположением грузов при авиaperевозке.

В работе выявлены основные этапы авиaperевозки грузов, рассмотрены тенденции развития рынка грузоперевозок. Анализ деятельности авиакомпаний на рынке грузовых авиaperевозок показал, что наиболее важными критериями качества доставки для пользователей являются обеспечение требуемого срока доставки, сохранность груза при перевозке, а также минимальные затраты на доставку и оказание дополнительных услуг.

На основе анализа методов расчета кратчайшего пути принято решение использовать алгоритм Флойда-Уоршелла как наиболее эффективный в данном случае, так как он имеет возможность проводить расчет между каждой парой вершин и не требует больших объемов памяти.

Для определения позиции самолета при перевозке грузов были проанализированы методы определения положения воздушных средств и выбран наиболее доступный и современный, а именно технология ADS-B, которая позволяет определять местоположение посредством разбора данных, транслируемых в открытый эфир воздушными судами.

Разработана архитектура базы данных и программного продукта, выявлено его взаимодействие с другими системами. Для получения данных о координатах воздушных средств был использован обмен данными в XML формате. Полученные данные анализируются, и по ним производится расчет маршрута и построение пройденного самолетом пути и предполагаемый дальнейший маршрут, после чего определяется время прибытия, исходя из построенного маршрута и текущей скорости полета. В случае опоздания выводится соответствующая информация. В качестве платформы для разработки выбрана Java, так как программы, написанные на ней, не накладывают ограничений на операционные системы,

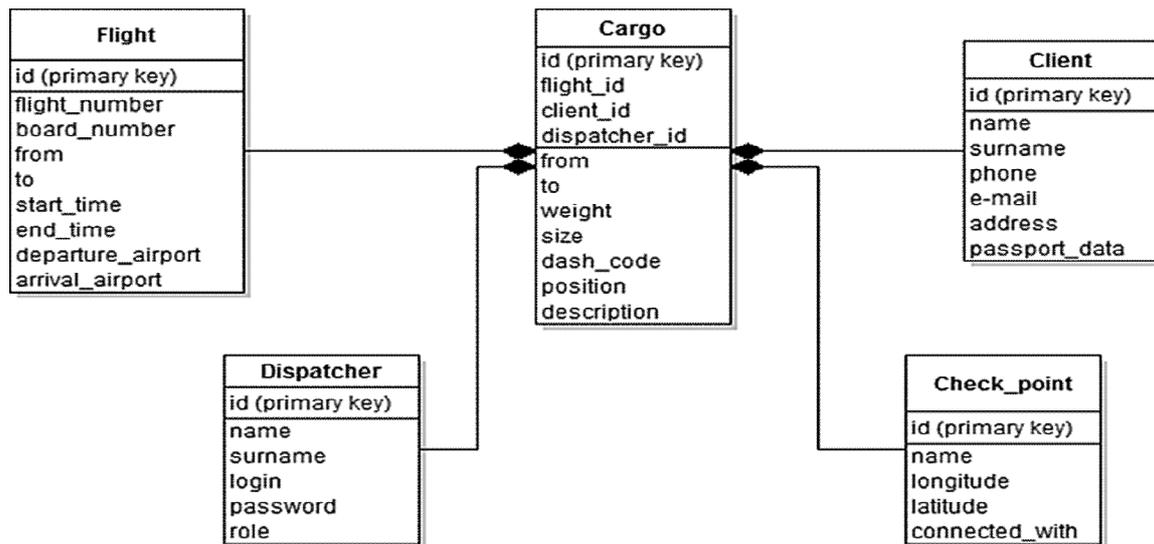


Рис. 6. База данных приложения

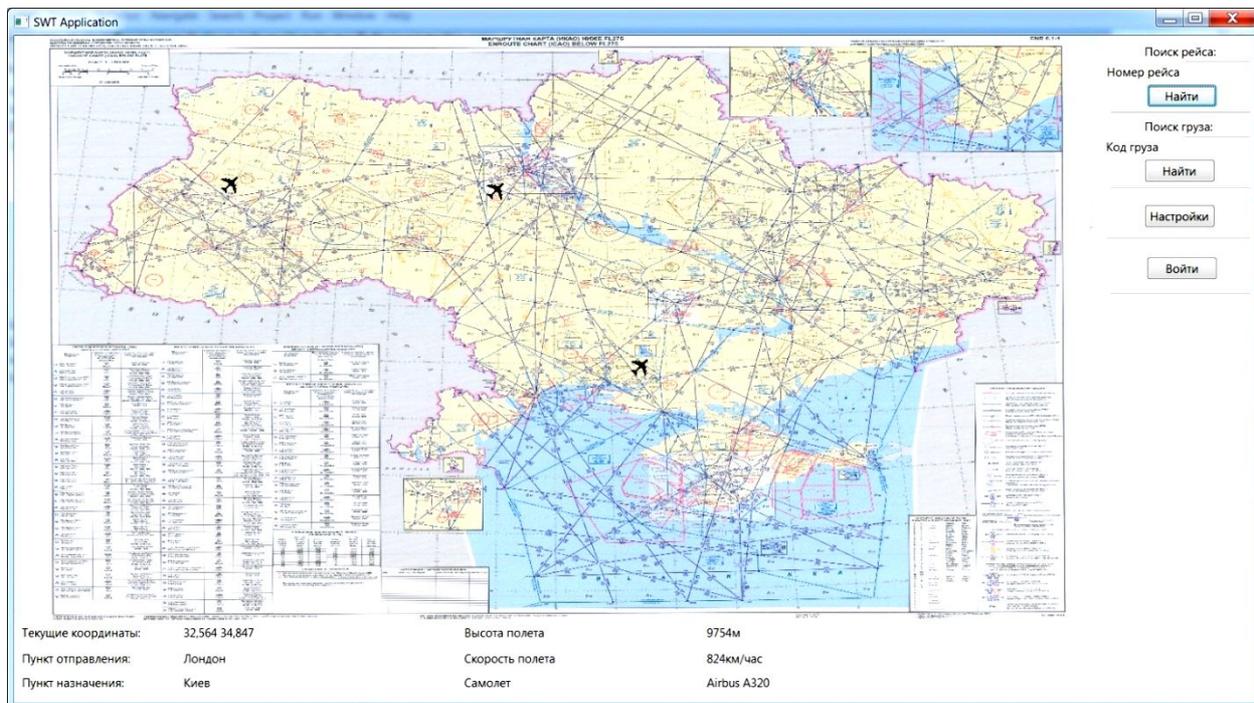


Рис. 7. Интерфейс приложения

и могут быть запущены практически на любой из них. Приложение состоит из клиентской части и базы данных, находящейся на сервере. Пользователи имеют возможность производить мониторинг самолетов, выполнять поиск по рейсам или грузам.

Литература

1. Гаджинский, А.М. *Логистика [Текст]: учебник для студентов ВУЗов / А.М. Гаджинский. – 12-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательско-*

торговая корпорация «Даиков и К^о», 2006. – 432 с.

2. *Логистика [Текст]: учеб. пособие / под ред. Б.А. Аникина. – М. ИНФРА-М, 1999. – 327 с.*

3. *Особенности и основные этапы авиaperевозок [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://truthlogistic.ru/stati/avia-gruzoperevozki/osobennosti-i-osnovnye-ehrapy-aviapervezok.html>. – 23.10.2012.*

4. *Авиaperезовки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rapidtrans.ru/aviapervezki.html>. – 20.11.2012.*

5. Миротин, Л.Б. *Логистика для предприни-*

мателя: основные понятия, положения и процедуры [Текст]: учебное пособие / Л.Б. Миротин, Б.Э. Таубаев. – М.: ИНФРА-М, 2002. – 252 с.

6. Алгоритмы: введение в разработку и анализ [Текст] / А.В. Левитин. – М.: Изд. дом Вильямс, 2006. – 576 с.

7. Vigier, C. *Automatic Dependent Surveillance Broadcast (ADS-B). Surveillance development for Air Traffic Management [Электронный ресурс]* / Christine

Vigier. – Режим доступа: http://www.airbus.com/fileadmin/media_gallery/files/brochures_publications/FAST_magazine/FAST47_5-adsb.pdf. – 25.03.2013.

8. Хорстманн, Кей С. *Java 2. Библиотека профессионала, том 1. Основы [Текст]* : пер. с англ./ Кей С. Хорстманн, Г. Корнелл. – 7-е изд. – М.: Издательский дом “Вильямс”, 2007. – 896 с.

Поступила в редакцию 3.09.2013, рассмотрена на редколлегии 11.09.2013

Рецензент: д-р техн. наук, проф., профессор кафедры программной инженерии И.В. Шостак, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.

МОНІТОРИНГ АВІАПЕРЕВЕЗЕННЯ ВАНТАЖІВ

А.В. Попов, Ю.А. Білокінь, А.М. Котьков

Проведено аналіз авіаперевезень вантажів з метою побудови та розробки способів поліпшення їх якості. Сформовано вимоги для системи моніторингу за процесом авіаперевезення вантажу. Запропоновано основні принципи для розробки алгоритмів, що лежать в основі системи контролю вантажу при авіаперевезеннях, програму для моніторингу процесу перевезення вантажів авіатранспортом, яка надає можливість отримувати інформацію про місцезнаходження авіатранспорту, дозволяє переглядати пройдений маршрут руху літака, а також найбільш вірогідний шлях подальшого його проходження. Проводиться прогнозування часу прибуття, що дозволяє повідомити користувача про запізнення рейсу.

Ключові слова: авіаперевезення, транспортна задача, алгоритм Флойда – Уоршелла, логістичний підхід, маршрут, транспортний засіб.

MONITORING OF LOADS AIR TRANSPORTATION

A.V. Popov, J.A. Bilokin, A.N. Kotkov

The analysis of air freight transport for the purpose of creation and development of methods of their quality improving is carried out. The requirements for a monitoring system of air freight transport process are created. The basic principles for developing of the algorithms underlying the monitoring system of air freight transport are proposed. The program for monitoring of air freight transport process which allows receiving information of an air transport location is proposed. This program allows viewing the passable airplane route and also the most probable way of its further following. Arrival time prediction that allows notifying the user about flight delay is made.

Keywords: air freight transport, transportation problem, the Floyd - Worshall algorithm, logistical approach, the route, the vehicle.

Попов Андрей Вячеславович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры информационных управляющих систем, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.

Белоконь Юлия Анатольевна – канд. техн. наук, н.с. кафедры информационных управляющих систем, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.

Котьков Андрей Николаевич – магистр кафедры информационных управляющих систем, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.