

УДК 656.073.7

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

*Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», Украина***РАЗРАБОТКА ПОДСИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ
ДЛЯ ГРУЗОВЫХ АВТОПЕРЕВОЗОК С УЧЕТОМ ВНЕШТАТНЫХ СИТУАЦИЙ**

Проведен анализ транспортной логистики в Украине в целом. Рассмотрено предприятие ОАО «АВТОЛЮКС» с целью улучшения качества принятия решений и гарантированной доставки груза. Предлагается внедрение современных систем отслеживания местоположения транспортных средств. Сформированы требования для системы моделирования движения транспортных средств и реагирования на внештатные ситуации. Для моделирования движения транспортных средств используется кинематическая модель. Рассмотрены основные принципы и свойства алгоритмов, лежащих в основе системы поддержки принятия решения при внештатных ситуациях, разработана программа для моделирования процесса грузовых автоперевозок, которая предоставляет возможность получать информацию о местоположении автотранспорта, реагировать на внештатную ситуацию и предлагать варианты её решения с учётом трёх параметров: своевременность, стоимость и надежность.

Ключевые слова: автотранспортное предприятие, транспортное средство, система поддержки принятия решения, теория принятия решений, Java.

Введение

В условиях современного рынка фирмы все больше становятся клиентоориентированными, что проявляется в их стремлении к удовлетворению возможных потребностей заказчика. Для конкретного потребителя высокий уровень качества определенного товара или услуги означает наличие такого сочетания потребительских свойств, которое удовлетворяет его нужды. Одним из таких важных свойств является стоимость товара или услуги, которая в значительной степени зависит от издержек, связанных с различными операциями. Снижение общих издержек может быть достигнуто путем применения концепции и принципов логистики в практике деятельности компаний.

Логистическая деятельность носит интегрированный характер и простирается от момента возникновения потребности в товаре или услуге и до момента ее удовлетворения. Логистика определяется как совместная деятельность различных предприятий по интеграции всех процессов, связанных с достижением цели их бизнеса [1]. Все функции и операции должны планироваться, управляться и координироваться в целом. Все процессы, протекающие в рамках отдельных функций, согласовываются друг с другом и создают, таким образом, резервы снижения общих издержек [2]. Основу интегрированной системы логистики образуют такие важнейшие сферы бизнеса, как закупка сырья и материалов, производство, сбыт, потоки материалов, транспорт, информация, финансы, а также системы

управления запасами, качеством, планирование потребности в материалах и т.п. [3].

Успех в бизнесе зависит не только от результатов деятельности отдельной компании, но и от ее партнеров: поставщиков, дилеров, дистрибьюторов, перевозчиков, экспедиторов и т.п. Необходимость обеспечения взаимосвязей различных задач, функций и процессов требует комплексного и интегрированного подхода на основе принципов логистики.

Обеспечение масштабной согласованности деятельности как предпринимательских структур, так и государственных органов, а также науки и образования, обеспечит снижение уровня издержек в масштабе страны. Это служит интересам потребителей и является реальным шагом в направлении повышения конкурентоспособности украинских товаров и услуг.

В связи с нестабильностью экономики Украины возникают проблемы в логистике. Их решением необходимо заниматься на всех участках управления логистическими потоками, уделяя особое внимание самому предприятию как механизму в единой системе, так как именно на уровне предприятия видны проблемы всей логистической цепи. Основной проблемой логистики в Украине является сфера снабжения. В ней происходит постоянное повышение закупочных цен, по разным причинам несвоевременное выполнение заказов в производственных подразделениях, сложности со складским хозяйством, стареющее оборудование, большие запасы материалов и оборудования на складах. Кроме того, эта сфера связана с транспортом, который занимает

в логистике особую роль. На многих предприятиях отсутствуют новые транспортные средства (ТС), которые соответствуют международным стандартам, в чем прослеживается отсталость инфраструктуры транспортной сети, очень низкая технико-технологическая ступень и уровень организации перевозок. При этом следует отметить, что транспорт является одним из основных объектов затрат в логистической системе предприятия. Но предприятие не может функционировать без поставок сырья, готовой продукции или материалов. Последствиями остановок функционирования транспорта являются прямые и косвенные убытки предприятий, и даже их полное банкротство. Остановка подачи сырья, необходимого для производства, приводит к задержкам отгрузки готовой продукции, происходит ее простой и порча [5].

На основе выше изложенного необходимо выделить основные проблемы транспортной логистики в Украине:

1. Отсталая инфраструктура транспорта, прежде всего в области автомобильных дорог.
2. Высокая степень физического и морального износа подвижного состава транспорта.
3. Слабый уровень развития современных систем электронных коммуникаций, электронных сетей, систем связи и телекоммуникаций.
4. Недостаточная информированность о программных продуктах, позволяющих автоматизировать, упростить и ускорить выполнение операций, сопровождающих процесс перевозок.
5. Несовершенство существующих информационных систем управления транспортными потоками.

Постановка задачи

В качестве объекта исследования взята транспортная система ОАО «АВТОЛЮКС», а в качестве предмета – управление транспортными потоками в автотранспортном предприятии (АТП).

ОАО «АВТОЛЮКС» по характеру выполнения работы принадлежит к смешанному типу, т.к. имеют место и грузовые и пассажироперевозки [6]. По ведомственной принадлежности и характеру деятельности относится к АТП общего пользования, т.е. услугами данной компании могут пользоваться все предприятия, организации и частные лица независимо от ведомственной принадлежности. ОАО «АВТОЛЮКС» может осуществлять перевозку пассажиров в автобусах и автомобилях-такси на городских, пригородных и международных маршрутах, а также перевозку грузов по междугородным и международным маршрутам. В статье ОАО «АВТОЛЮКС» рассматривается в качестве

предприятия, занимающегося грузовыми автоперевозками.

Для рассматриваемого предприятия характерны все проблемы современной украинской транспортной логистики. Особое внимание уделено системе управления транспортными потоками. Обнаружено отсутствие системы реагирования при внештатной (в том числе аварийной) ситуации у ТС в пути. Связь диспетчеров между собой осуществляется с помощью мобильных телефонов и междугородной связи. Эти недостатки негативно сказываются на скорости и качестве принятия решений по устранению внештатной ситуации, своевременности и гарантированности доставки груза.

Проведя анализ конкретного транспортного предприятия, выявлены следующие недостатки:

- 1) отсутствие информационной системы управления транспортными потоками как таковой;
- 2) отсутствие единой базы данных ТС;
- 3) отсутствие современных средств отслеживания положения транспорта;
- 4) долгое время реагирования на внештатные ситуации.

Вышеперечисленные проблемы негативно сказываются на деятельности предприятия, ведут к дополнительным расходам и задержке груза, в результате чего и предприятие и заказчик несут материальные убытки.

Исходя из этого, возникает необходимость разработки подсистемы поддержки принятия решения, которая могла бы легко интегрироваться в информационную систему предприятия с использованием GPS-навигации и баз данных о ТС; моделировать движение транспорта с учётом его местоположения; реагировать на внештатные ситуации и предлагать варианты их решения.

Для этого потребуется использование баз данных, методы многокритериальной оценки решений, методы теории нечётких множеств, методы моделирования движения, технология отслеживания движения ТС в режиме реального времени.

Системы поддержки принятия решений

Существующая схема взаимодействия диспетчеров между собой и ТС изображена на рис. 1а. Предложено ее усовершенствовать путем внедрения подсистемы поддержки принятия решения (рис. 1б).

Система поддержки принятия решений (СППР) – это диалоговая автоматизированная информационная система, использующая правила принятия решений и соответствующие модели с базами данных, а также интерактивный компьютерный процесс моделирования, поддерживающий принятие самостоятельных и неструктурированных решений

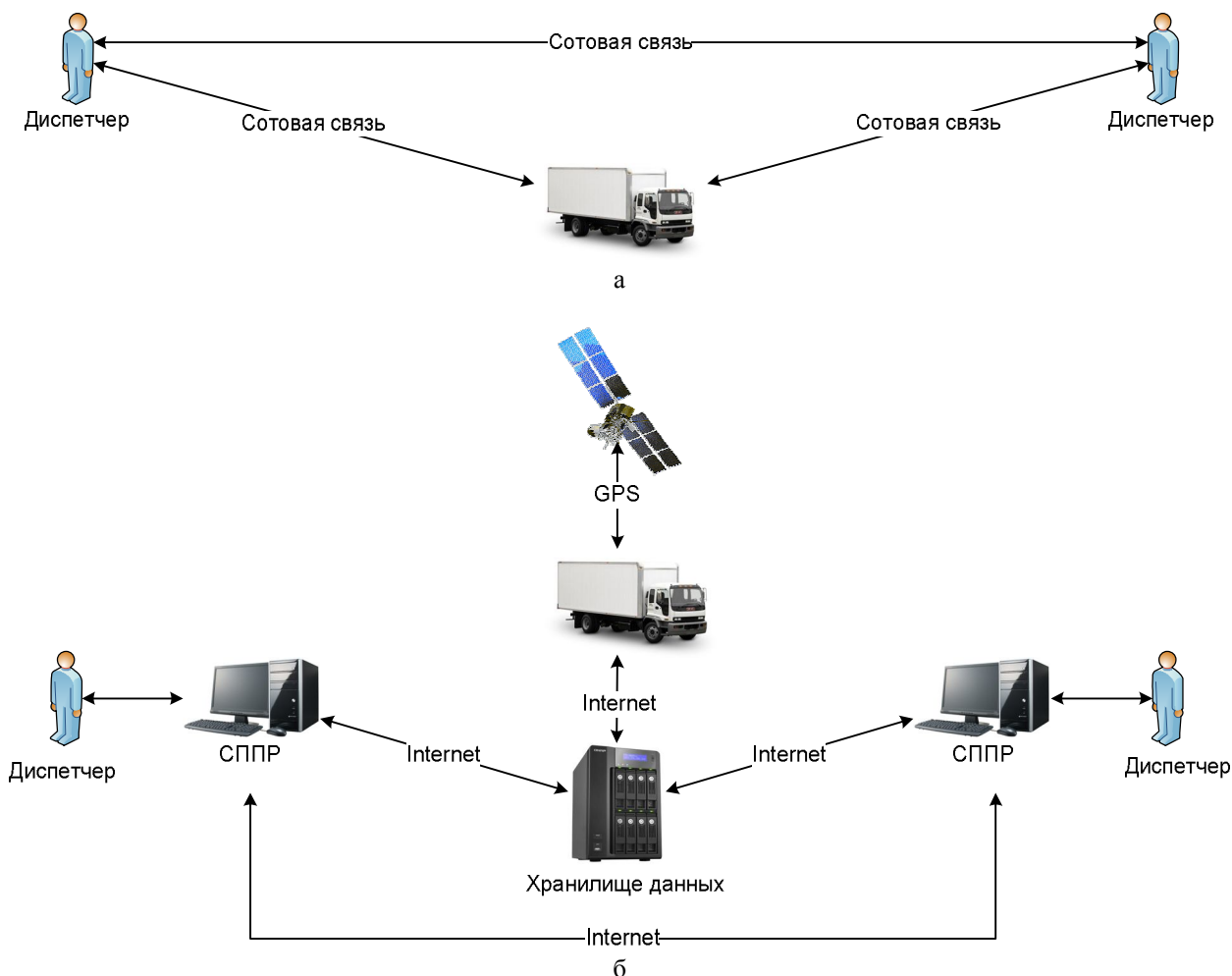


Рис. 1. Схема работы транспортного предприятия:
а – существующая; б – усовершенствованная путем введения СППР

отдельными менеджерами и личным опытом лица, принимающего решения (ЛПР), для получения конкретных, реализуемых решений проблем, не поддающихся решению обычными методами [7].

Установка на ТС GPS-трекера позволит диспетчеру отслеживать маршрут его движения и/или текущее местоположение, значение других внутренних и внешних параметров, и тем самым определять местонахождение груза. Автомобильный GPS-трекер – это устройство приёма-передачи данных, которое подключается к бортовой сети ТС и содержит GPS-приёмник, с помощью которого он определяет свои координаты, а также передатчик на базе GSM, передающий данные по GPRS, 3G, SMS, или на базе спутниковой связи для отправки их на серверный центр, оснащённый специальным программным обеспечением для спутникового контроля. Система отображает местонахождение объекта и историю его перемещения на карте. Диспетчер, ведущий контроль за объектом, может подключиться к серверу системы, используя программу-клиент либо web-интерфейс под своим логином и паролем.

Разработка алгоритмов принятия решений во внештатных ситуациях

С момента начала развития теории транспортных потоков, посвященной их математическому моделированию, многие исследователи ставили перед собой задачу получить более-менее достоверные данные о специфике функционирования будущего дорожно-транспортного сооружения еще на стадии проектирования или даже предпроектных предложений (концепции) [8]. При этом они стремились создать «идеальную» математическую модель, способную описать стохастическое движение транспортного потока. В результате за последние 50 лет было создано множество математических вероятностных моделей, которые на микро- и макроуровнях моделируют транспортные потоки [9]. Некоторые из них, такие как, например, VISSIM, имеют коммерческую основу. Другие же, появились и развиваются в учебных заведениях за рубежом и проектных институтах в обучающих целях. Первые держатся в строжайшем секрете, а вторым недостает удобства,

простоты использования и визуализации.

Модели симулирования движения транспортных потоков чаще всего делят на 4 класса, согласно подходу к уровню моделирования деталей. Первый уровень – макроскопические модели, где транспортный поток представляется как поток частиц, которые подчиняются законам гидродинамики. Вторым уровнем выделяют наиболее часто используемые модели – микроскопические, которые сосредотачиваются на индивидуальных ТС и их поведении. В то время как макроскопические модели используют меньше вычислительных ресурсов и поэтому позволяют моделирование больших дорожных сетей, результаты часто менее точны по сравнению с микроскопическим моделированием. Модели третьего уровня, мезоскопические, пытаются заполнить промежуток между макроскопическим и микроскопическим моделированием при использовании индивидуальных ТС, которые приводятся в действие через контролирующие макроскопические переменные. Подмикроскопические модели – четвертый уровень, обеспечивают самый высокий уровень детализации. Поэтому они чаще всего используются для моделирования поведения одиночного ТС в автомобильной промышленности.

Как правило, во всех программах моделирование транспортного потока происходит на микроуровне. Самой простой моделью является кинематическая модель:

$$a_{n+1} = a_n + (Dx - dx) \cdot \frac{2}{t_c^2} + dv \frac{2}{t_c}$$

Эта модель использует в своей основе кинематическое уравнение для того чтобы определить максимальную степень ускорения либо замедления, которое ТС должно проявить, чтобы избежать столкновения с другим ТС, движущимся впереди. В каждом временном отрезке (time-step) новое значение ускорения a_{n+1} должно быть достаточно высоким для того, чтоб избежать столкновения в выбранном часовом промежутке, который называется временем до столкновения – t_c . Кроме того, необходимо постоянно изменять расстояние Dx , чтобы достичь определенного оптимального значения следующего отрезка dx . Скорость v корректируется в пределах $[0 \dots v_{max}]$.

Моделирование с помощью кинематической модели будет иметь недостаточно высокую степень правдоподобности для моделирования реальных транспортных потоков, но достаточную для образовательных целей. Преимущество этой модели заключается в том, что модель опирается лишь на два параметра, поэтому усилия по ее калибровке будут достаточно низкими, как и затраты машинных ресурсов (в частности времени) на моделирование. В

общем же, имитационное моделирование на данном этапе является мощным инструментом для оценки и анализа движения транспортных и пешеходных потоков.

Разработана подсистема, которая отображает движение ТС на карте, реагирует на возникновение внештатной ситуации и предлагает варианты ее решения. Алгоритм работы приложения изображен на рис. 2.

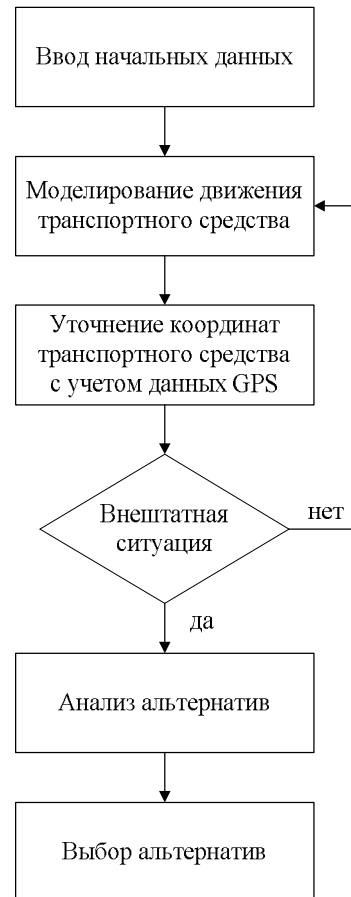


Рис. 2. Обобщенный алгоритм работы подсистемы

Для отображения движения используются данные с GPS-трекеров, установленных на ТС. После того как ТС начнёт движение, с помощью GPS-приёмника будут передаваться следующие данные: номер ТС, координаты, остаток топлива в процентах, время в пути (отсчет начинается с момента включения приёмника), скорость движения, статус исправности. Приложение получает данные о местоположении ТС и моделирует его движение на карте. Т.к. частота обновления данных недостаточно высокая, то приложение самостоятельно имитирует его движение, основываясь на полученных заранее данных. С каждым следующим запросом выполняется сравнение данных с GPS-координатами и положение ТС в системе корректируется. При возникновении внештатной ситуации водитель нажимает

аварийную кнопку, и трекер передаёт соответствующий сигнал системе, меняя статус исправности. Если внештатная ситуация не может быть устранена без привлечения дополнительного ТС, то, чтобы обеспечить доставку груза в срок, система проводит оценку имеющихся альтернативных ТС по трём критериям: стоимость, своевременность и надёжность доставки.

Анализ методов теории принятия решений показал, что для выбора альтернативного ТС в случае внештатной ситуации наиболее подходящим является метод многокритериальной оценки с выбором наилучшего. Рассмотрим метод выбора ТС при наличии нескольких критериев на основе теории нечётких множеств.

Задано множество возможных вариантов доставки $X: X = \{x_1, x_2, \dots, x_j, x_n\}$.

Каждый вариант характеризуется множеством параметров оценки качества $Y: Y = \{y_1, y_2, \dots, y_j, y_m\}$.

Между каждым членом множества X и каждым членом множества Y имеет место нечёткое отношение, обозначенное через x_{ij} или μ_{ij} . Иными словами μ_{ij} отражает уровень соответствия i -го варианта доставки требованиям по j -му параметру

$$(\mu_{ij}^* \in [0, 1]; i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, m).$$

Если собрать вместе все нечёткие отношения между x_i и y_j , то получим матрицу нечётких отношений R размером $n \times m$:

$$R = \{ \mu_{ij} / i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, m \}.$$

Требуется выбрать лучший вариант \tilde{O}^* из множества X .

Постановку задачи выбора ТС можно записать в следующем виде:

$$X^* = \text{opt} (X, Y, R, M),$$

где M – используемая модель решения задачи, выбранная лицом, принимающим решение. В зависимости от используемой модели результаты решения могут быть разными при одних и тех же исходных данных.

В качестве модели выбора ТС на основе теории нечётких множеств предложена модель эталонного сравнения, при которой ЛПР ищет оптимальное решение на основе компромиссной модели, при этом учитывает некоторое ограничение на значения параметров. Сущность модели заключается в следующем: строится эталонный вариант доставки груза x_0 . Параметры этого варианта принимают минимальные допустимые значения μ_{0j} , $j=1, \dots, m$. Каждый вариант множества X сравнивается с эталоном x_0 .

Если качество у варианта x_i не хуже, чем у эталона x_0 по всем j -м параметрам, то вариант x_i включается во множество решения и для него рассчитывается интегральный параметр качества f_i . Для эталонного варианта интегральный параметр принимает нулевое значение $f_0 = 0$. Оптимальное решение – вариант с максимальным значением интегрального параметра f_{\max} .

Математическая запись модели:

$$X^* = x_k | x_k \in X; \mu_{kj} \geq \mu_{0j} \quad \forall j = 1, \dots, m,$$

$$f_{\max} = \max \{f_i | f_i \in F; i = 1, \dots, n\},$$

$$f_i = \sum_{j=1}^m (\mu_{ij} - \mu_{0j}) \cdot w_j,$$

где $w_j, j=1, \dots, m$ – нормализованные значения уровней важности параметров качества, установленные ЛПР.

Программная реализация

Подсистема состоит из трёх основных модулей: модуля моделирования движения, модуля оценки альтернатив и модуля поддержки принятия решений. Схема работы приложения отображена на рис. 3. На рис. 4 представлен интерфейс разработанной подсистемы для работы диспетчера.

Программный продукт представляет собой клиентское Java-приложение. Разработана архитектура баз данных (БД), связь с которыми осуществляется через технологию JDBC (Java DataBase Connectivity). После настройки подключения к серверу осуществляется подключение к БД и авторизация в системе. Диспетчер добавляет маршруты, за которые он отвечает и которые он отслеживает, а также снимает маршруты, нажав на соответствующую кнопку. Если нажать на иконке ТС на карте дорог, то слева от карты отобразится таблица с информацией о нем. При получении сигнала о возникновении внештатной ситуации подсистема отображает ТС красным цветом (на рис. 4 выделено отдельно).

При внештатной ситуации диспетчеру необходимо принять решение об обеспечении своевременной доставки груза. При необходимости осуществляется выбор альтернативного ТС среди имеющихся в БД по выше обозначенным критериям. Для этого необходимо выделить ТС и нажать на кнопку «Расчёт альтернатив». Во всплывающем окне отобразятся варианты замены ТС, при этом на первой строке отобразится наилучший вариант с точки зрения системы. Так как приложение является СППР, то окончательное решение остаётся за диспетчером.

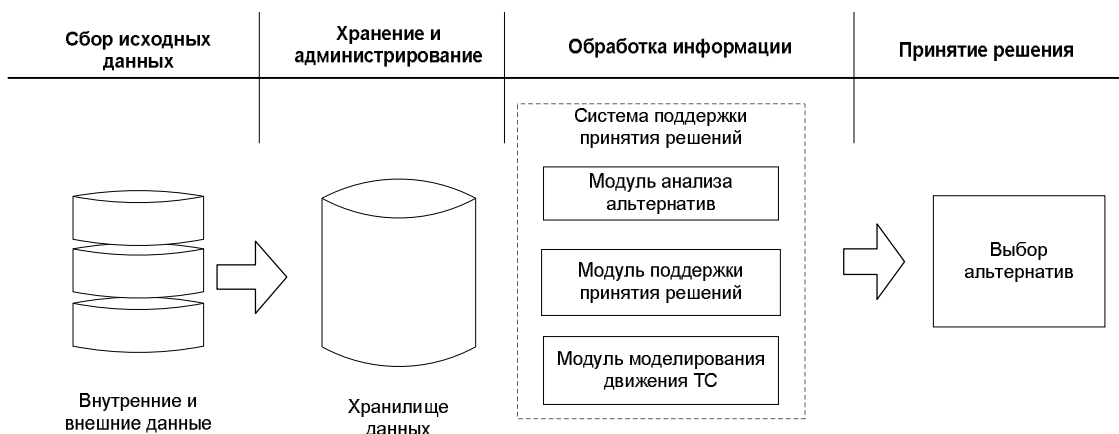


Рис. 3. Схема работы приложения

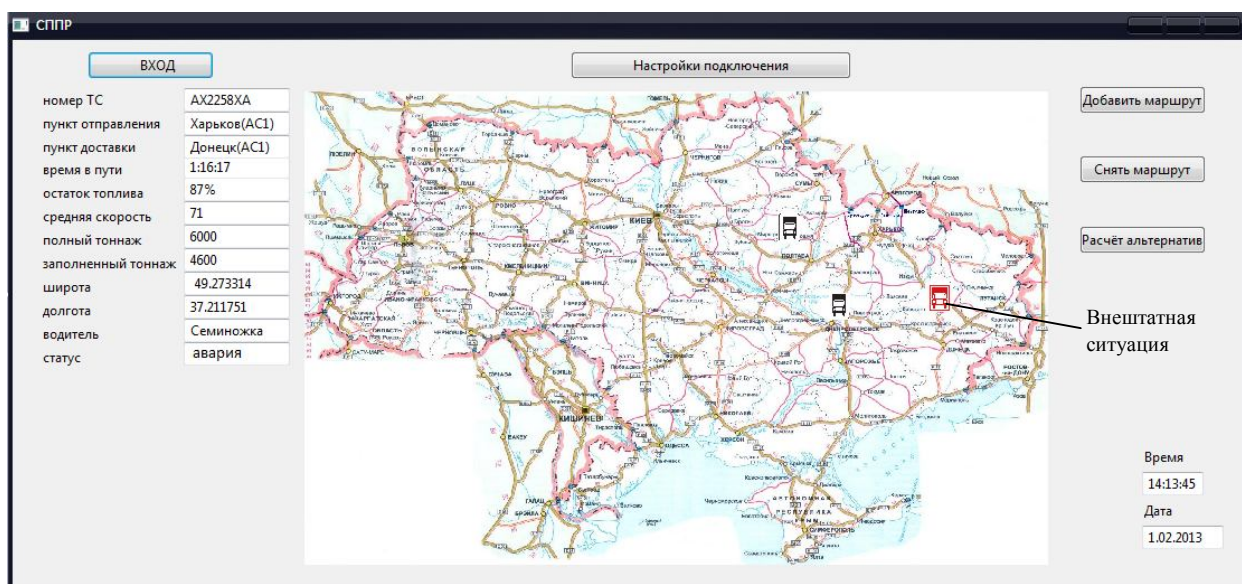


Рис. 4. Интерфейс приложения

Заключение

Современные автотранспортные предприятия ориентируются на такие важные факторы в транспортной логистике как: сохранность, своевременность и надёжность доставки грузов. Использование информационных систем позволяет доставлять грузы вовремя, экономить на топливе, избегать простоя транспорта, отслеживать груз на всём пути его движения, принимать решения быстро и качественно при возникновении внештатных ситуаций.

В результате анализа транспортной системы Украины в целом и анализа ОАО «АВТОЛЮКС» в частности выявлены основные проблемы в рассматриваемой области.

Разработана подсистема поддержки принятия решений при внештатных ситуациях. Она состоит из трёх основных модулей: модуля моделирования движения, модуля оценки альтернатив и модуля поддержки принятия решений. Приложение позво-

ляет отслеживать движение транспортных средств. Для получения данных о местоположении транспортного средства используется система глобального позиционирования GPS. Используются алгоритмы моделирования движения транспортных потоков. Рассмотрен метод выбора транспортного средства при наличии нескольких критериев на основе теории нечётких множеств. Т. о. предложенная подсистема дает возможность произвести автоматический расчёт оценок альтернативных транспортных средств и, тем самым, повысить надёжность доставки грузов потребителю.

Литература

1. Бажин, И. И. Логистика [Текст] : Компакт-учебник / И. И. Бажин – Х. : Консум, 2003. – 181 с.
2. Бауэрсокс, Д. Дж. Логистика. Интегрированная цепь поставок [Текст] / Д. Дж. Бауэрсокс, Д. Дж. Клосс. – 2-е изд. – М. : ЗАО Олимп-бизнес, 2008. – 640 с.

3. Гаджинский, А. М. Основы логистики [Текст] : учеб. пособие / А. М. Гаджинский. – 20-е изд. – М. : «Дашков и Ко», 2012. – 484 с.

4. Сергеев, В. И. Корпоративная логистика. 300 ответов на вопросы профессионалов [Текст] / Под общ. и науч. ред. проф. В. И. Сергеева. – М. : ИНФРА-М, 2005. – 976 с.

5. Макаренко, М. В. Закупочная и распределительная логистика [Текст] : учеб. пособие / М. В. Макаренко, А. А. Канке. – М. : ГУУ, 2003. – 75 с.

6. Послуги компанії Автолюкс. [Електронний ресурс] : ОАО Автолюкс, сайт. – Режим доступа: <http://www.autolux.ua>. – Дата доступа: 10.02.2014.

7. Ларичев, О. И. Системы поддержки принятия решений. Современное состояние и перспективы их развития [Текст] / О. И. Ларичев, А. В. Петровский // Итоги науки и техники. Сер. Техническая кибернетика. – Т.21. – М. : ВИНТИ, 1987. – С. 131-164.

8. Дрю, Д. Теория транспортных потоков и управление ими [Текст] / Д. Дрю. – М. : Транспорт, 1972. – 424 с.

9. Швецов, В. И. Математическое моделирование транспортных потоков [Текст] / В. И. Швецов // Автоматика и телемеханика. – 2003. – № 11. – С. 3-46.

Поступила в редакцию: 12.02.2014, рассмотрена на редколлегии 11.06.2014

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

РОЗРОБКА ПІДСИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ ВАНТАЖНИХ АВТОПЕРЕВЕЗЕНЬ З УРАХУВАННЯМ ПОЗАШТАТНИХ СИТУАЦІЙ

А. В. Попов, Ю. А. Білокін, О. М. Тарасенко

Проведено аналіз транспортної логістики в Україні в цілому. Розглянуто підприємство ВАТ «АВТОЛЮКС» з метою поліпшення якості прийняття рішень і гарантованої доставки вантажу. Пропонується впровадження сучасних систем відстеження місця розташування транспортних засобів. Сформовані вимоги для системи моделювання руху транспортних засобів і реагування на позаштатні ситуації. Для моделювання руху транспортних засобів використовується кінематична модель. Розглянуто основні принципи і властивості алгоритмів, що лежать в основі системи підтримки прийняття рішень при позаштатних ситуаціях, розроблено програму для моделювання процесу вантажних автоперевезень, яка надає можливість отримувати інформацію про місцезнаходження автотранспорту, реагувати на позаштатну ситуацію і пропонувати варіанти її вирішення з урахуванням трьох параметрів: своєчасність, ціна, збереження.

Ключові слова: автотранспортне підприємство, транспортний засіб, система підтримки прийняття рішень, теорія прийняття рішень, Java.

DEVELOPMENT OF A DECISION SUPPORT SUBSYSTEM FOR FREIGHT ROAD TRANSPORTATION CONSIDERING ABNORMAL SITUATION

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

The analysis of transport logistics in Ukraine as a whole is carried out. The enterprise «AUTOLUX» is considered to improve the quality of decision-making and guaranteed delivery of the cargo. Introduction of modern systems of tracking the vehicles locations is proposed. The requirements for a system modeling the vehicles movement and response to abnormal situations are formed. Kinematic model is used as a model of vehicles motion. The basic principles and properties of the algorithms underlying the systems of support of making decisions in abnormal situations are developed. The program for modelling of the road freight transport process is developed. It provides the opportunity to receive information about the vehicle location, to respond to the abnormal situation and to offer variants of its decision with regard to the following three parameters: timeliness, price and safety.

Key words: motor transport enterprise, vehicle, decision support system, decision theory, Java.

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

Белоконь Юлия Анатольевна – канд. техн. наук, н.с. кафедры информационных управляющих систем, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков, Украина, e-mail: ulia_g1@mail.ru.

Тарасенко Александр Николаевич – магистр кафедры информационных управляющих систем, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков, Украина.