

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

УДК 658.788.5

На правах рукописи

КОТИКОВ
Павел Петрович

**МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА
ПЛАНИРОВАНИЯ ГРУЗОПЕРЕВОЗОК**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание степени
магистра экономических наук

по специальности 1-25 80 08 – Математические и инструментальные
методы экономики

Минск 2017

Работа выполнена на кафедре экономической информатики учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Научный руководитель: **Кабак Елена Владимировна**,
кандидат технических наук, старший инженер по проверке качества иностранного общества с ограниченной ответственностью «ЭПАМ Системз»

Рецензент: **Сеньков Андрей Григорьевич**
кандидат технических наук, доцент кафедры автоматизированных систем учреждения образования «Белорусский государственный аграрный технический университет»

Защита диссертации состоится «27» января 2017 г. года в 10⁰⁰ часов на заседании Государственной экзаменационной комиссии по защите магистерских диссертаций в учреждении образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» по адресу: 220013, г. Минск, ул. Платонова, 39, 5 уч. корп., ауд. 806, тел.: 293-89-92, e-mail: kafei@bsuir.by.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

СОГЛАСОВАНО:
научный руководитель
канд. техн. наук

Е.В. Кабак

ВВЕДЕНИЕ

Грузоперевозки являются ресурсоемким сектором экономики. Нормальное функционирование всех составных частей требует значительного труда, материальных и энергетических ресурсов. Модернизация и дальнейшее развитие требует больших капиталовложений. Очень важно уменьшить эти затраты за счет использования технических, организационных и других средств. Одним из важнейших средств для снижения транспортных расходов является распределение потоков грузов и пассажиров в транспортной сети наиболее эффективным способом.

Качественным показателем планирования является регулярность движения. Движение считается регулярным, в том случае если транспортные средства выпущены в рейс точно по расписанию, своевременно проследовали через контрольные пункты и прибыли в конечные пункты по расписанию (графику) или же в пределах разрешенных временных отклонений. При планировании перевозок так же нужно составлять систематический резерв автотранспортных средств на случай непредвиденных обстоятельств. Такой резерв составляет до 5% от количества машин, запланированных в рейс расписанием.

Это, в первую очередь, требует решения проблемы, которая известна в теории как задача оптимального распределения потоков в сети. Критерием оптимальности в ней является достижение минимума затрат на транспортировку. На основании результата, могут быть разработаны оптимальные схемы перевозки грузов и пассажиров. Сложность этих проблем, усугубленная большими объемами и нелинейными отношениями, неизбежно требует внедрения современных подходов и использования современной вычислительной техники. Этой теме посвящены работы таких специалистов как А.А. Чаботаев, М.И. Карпенков, Т. Аллегри, В.С. Лукинский, Л.Б. Миротин, А.Г. Некрасов.

Одной из проблем стоящей на пути улучшения качества планирования можно считать оптимизацию функции затрат. На сегодняшний день существует проблема повышения скорости оптимизации этой функции, выраженная в том, что зачастую алгоритм нахождения минимума в ней может остановить свою работу найдя лишь локальный минимум, а при попытке полного перебора всех решений недопустимо растет затраченное время.

В работе представлен подход к оптимизации распределения транспортных потоков с использованием подхода, расширяющего возможности для решения подобных задач. Предлагаемый подход является достаточно эффективным, что показано на примере практического применения в программном средстве.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

Сегодня становится очевидным, что использующиеся методы и инстру-

ментальные средства планирования автотранспортных грузоперевозок в логистических предприятиях несовершенны в стремительно меняющихся условиях. Актуальность темы исследования заключается в необходимости решения научно-практической задачи по повышению эффективности планирования оптимальных схем перевозки грузов с целью сокращения общих издержек и увеличения прибыли.

Степень разработанности проблемы

В последние десятилетия проблемы, связанные с вопросами оптимизации планирования автотранспортных грузоперевозок, разрабатывались многими зарубежными и отечественными учеными и практиками. Этой теме посвящены работы таких специалистов как А.А. Чаботаев, М.И. Карпенев, Т. Аллегри, В.С. Лукинский, Л.Б. Миротин, А.Г. Некрасов.

Перспективные разработки ведутся в таких крупных компаниях как «IBM», «Wolters Kluwer» и «123Cargo». Целью деятельности их подразделений логистического планирования является разработка стратегий и тактик, новых организационных мероприятий по совершенствованию системы логистического обеспечения в современных социально-экономических условиях.

Цель и задачи исследования

Целью работы является анализ и разработка инструментальных средств и методов, повышающих эффективность планирования и оптимизации автотранспортных грузоперевозок.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Произвести обзор и анализ показателей использования транспортных средств, затрат при грузоперевозках, а также существующих методов системного анализа.
2. Адаптировать метод оптимизации распределения транспортных потоков с использованием современных инструментальных средств повышения качества планирования и оптимизации логистических процессов.
3. Разработать программную поддержку по организации и оптимизации планирования расписания и загрузки грузоперевозок на логистических предприятиях малого и среднего размера.

Область исследования

Содержание диссертационной работы соответствует образовательному стандарту высшего образования второй ступени (магистратуры) ОСВО 1-39 81 01-2012 специальности 1-25 80 08 «Математические и инструментальные методы экономики».

Теоретическая и методологическая основа исследования

В основу диссертации легли результаты известных исследований российских и зарубежных специалистов в области применения современной ком-

пьютерной техники для анализа и решения задач автоматизированной обработки информации в сфере материально-технического обеспечения, таких как А.А. Чаботаев, М.И. Карпенев, Т. Аллегри, В.С. Лукинский, Л.Б. Миротин, А.Г. Некрасов.

Для проведения анализа было использовано CASE-средство BPwin, поддерживающее методологию IDEF0. На одном из этапов моделирования информационной системы использовалась CASE-технология UML.

Научная новизна

Научная новизна заключается в исследовании ряда новых прикладных результатов в рамках метода транспортного планирования, в разработке и применении метода оптимизации распределения транспортных потоков, разработке методологических основ информационной системы повышения качества планирования автотранспортных грузоперевозок в логистических организациях.

Теоретическая значимость диссертационной работы заключается в исследовании и внедрении современных методов и инструментальных средств, для повышения эффективности системы оптимизации планирования грузоперевозок в логистических компаниях.

Практическая значимость диссертационной работы заключается в разработке программной поддержки оптимизации планирования грузоперевозок в логистических компаниях.

Основные положения, выносимые на защиту

1. Систематизация затрат при грузоперевозках, основанная на анализе показателей использования транспортных средств, позволившая более детально определить пути повышения качества планирования грузоперевозок.

2. Адаптация метода оптимизации распределения транспортных потоков в логистических компаниях, основанная на аппроксимации функции затрат, позволившая сократить время на поиск оптимального решения на 5%, а также повысить скорость выполнения поиска решения на 3% согласно полученным данным.

3. Программная поддержка процесса по организации и оптимизации планирования грузоперевозок в логистических компаниях, основанная на адаптированном методе оптимизации распределения транспортных потоков, позволяющая сократить как временные, так и материальные затраты логистической компании.

Апробация диссертации и информация об использовании ее результатов

Результаты исследования представлены на XX Международной научно-практической конференции «Актуальные научные исследования в современном мире» («Научно-исследовательские публикации», Переяслав-Хмельницкий, 2016 г.).

Публикации

Основные положения работы и результаты диссертации изложены в двух работах общим объемом 8 страниц (авторский объем 4 страницы).

Структура и объем работы

Структура диссертации обусловлена целью, задачами и логикой исследования. Работа состоит из введения, общей характеристики работы, трех глав, заключения, списка использованных источников и двух приложений.

В первой главе выполнен обзор текущего положения в логистических организациях, а также рассмотрены современные методы решения оптимизационных задач в грузоперевозках и возможность их оптимизации.

Во второй главе описан исследуемый на применимость способ повышения качества планирования грузоперевозок основывающийся на применении метода аппроксимации функции расходов.

В третьей главе представлено разработанное программное средство использующее исследуемый метод для повышения качества планирования автотранспортных грузоперевозок.

В приложении представлены публикации автора и акт внедрения.

Общий объем диссертационной работы составляет 65 страниц. Из них 50 страниц основного текста, 15 иллюстраций на 10 страницах, 1 таблица на 1 странице, библиографический список из 34 наименований на 2 страницах, список собственных публикаций соискателя из 2 наименований на 1 странице, 3 приложения на 15 страницах.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** рассмотрено современное состояние проблемы повышения качества планирования грузоперевозок, указаны основные направления исследований, проводимых по данной тематике, а также описано обоснование актуальности темы.

В **общей характеристике работы** показана актуальность проводимых исследований, степень разработанности проблемы, сформулированы цель и задачи диссертации, обозначена область исследований, научная (теоретическая и практическая) значимость исследований.

В первой главе выполнен обзор текущего положения в логистических организациях, а также проанализированы современные методы планирования грузоперевозок и возможность их оптимизации, изучен отечественный и зарубежный опыт.

Постоянный рост объемов перевозок товаров автомобильным транспортом, в том числе принадлежащим торговым организациям и предприятиям, вызывает необходимость более эффективного его использования. К числу факторов, определяющих более интенсивное использование автомобильного транспорта, относятся: улучшение использования грузоподъемности транспортных средств; повышение коэффициента сменности работы транспорта;

сокращение простоев; улучшение использования пробега; ускорение погрузочно-разгрузочных работ. Для оценки эффективности работы автомобильного транспорта используются технико-экономические показатели.

Так, использование парка подвижного состава можно оценить при помощи коэффициентов технической готовности и выпуска.

Коэффициент технической готовности (K_y) подвижного состава к работе определяется по формуле:

$$K_y = \frac{АД_г}{АД_с}, \quad (1)$$

где $АД_г$ – автомобиле-дни в готовом для эксплуатации состоянии;

$АД_с$ – списочные автомобиле-дни подвижного состава в автохозяйстве.

Коэффициент выпуска подвижного состава (K_B) можно определить по формуле:

$$K_B = \frac{АД_э}{АД_с}, \quad (2)$$

где $АД_э$ – число автомобиле-дней эксплуатации;

Важное условие роста эффективности использования автотранспорта – повышение сменности его работы, чего можно добиться путем продления времени работы экспедиционных складов и диспетчерских служб, а также созданием условий для ночного завоза товаров в торговые предприятия.

Показатели по перевозкам во многом зависят от типа дорог, по которым осуществляются перевозки. В этой связи все автомобильные дороги делятся на три группы.

К первой группе относятся дороги с твердым покрытием и с односторонним движением при наличии разделительных полос. Ко второй группе относятся дороги также с твердым покрытием, но и со встречным движением. К третьей группе дорог относятся грунтовые дороги.

Наиболее высокие нормативы по использованию транспорта установлены для первой группы дорог, и наоборот – самые низкие установлены для третьей группы дорог.

Издержки по транспортировке товаров во многом зависят от средней дальности их перевозок. Чем меньше расстояние перевозок, тем ниже транспортные издержки, и наоборот.

Все эти факторы и показатели необходимо учитывать при планировании организации перевозок товаров.

Математическая формулировка ТЗ может быть представлена следующим образом: некоторый однородный продукт, который находится у m поставщика A_i количестве a_i ($i=1. m$) единиц соответственно, необходимо доставить n потребителям B_j в количестве b_j ($j=1. n$) единиц. Известна стоимость c_{ij} перевозки единицы груза от i -го поставщика к j -му потребителю.

Нам необходимо составить план перевозок, который позволит вывести

все грузы с минимальными затратами, а также позволит удовлетворить все потребности заказчика.

Обозначим через x_{ij} количество единиц груза, запланированных к перевозке от i -го поставщика к j -му потребителю. Тогда стоимость перевозки составит $c_{ij}x_{ij}$.

Стоимость всего плана перевозок можно выразить двойной суммой:

$$z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij}x_{ij} . \quad (3)$$

Систему ограничений получаем из следующих условий задачи:

а) все грузы должны быть перевезены, т.е.

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i, i = 1..m ; \quad (4)$$

б) все потребности должны быть удовлетворены, т.е.

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j, j = 1..m . \quad (5)$$

Таким образом, математическая модель транспортной задачи имеет следующий вид:

$$z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij}x_{ij} , \quad (6)$$

при ограничениях:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i, i = 1..m , \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j, j = 1..m , \quad (8)$$

$$x_{ij} \geq 0, i = 1..m, j = 1..n . \quad (9)$$

Таким образом, проанализированные показатели использования транспортных средств и методика их расчета, позволяют выявить области с возможностью дальнейшего сокращения затрат.

Во второй главе рассмотрены стандартные методы оптимизации планирования, приведен пример использования модели улучшения качества планирования путем совершенствования функции сокращения расходов. В основе представленной методики лежит принцип аппроксимации функции расходов с использованием модифицированного метода золотого сечения. На основании данной методики произведена анализ повышения эффективности планирования и сделан вывод об эффективности данного подхода.

Модель распределения транспортных потоков предполагает, что потоки пассажиров и грузов, перевозимых в транспортной сети должны быть распределены таким образом, что все потребности пользователей транспорта будут удовлетворены по наименьшей возможной стоимости транспортировки. Проблема распределения потока может быть проанализирована как определенная статическая задача, если принять технические состояния элементов сети неизменными.

Распределение потока продукта в транспортной сети может быть описана такой моделью:

$$\min_X f(X) = \sum_{l=1}^L f_l(x_l), \quad (10)$$

$$SX = B, \quad (11)$$

где $f(X)$ – функция, которая выражает зависимость общих расходов на транспортировку груза сети основным потоком, где $X = (x^{(1)}, \dots, x^{(n)})$; $x^{(j)} = (x_1^{(j)}, \dots, x_L^{(j)})$; является вектором нагрузки на сети по продуктам j ;

$f_1(x_1)$ является функцией затрат (цены) транспортного элемента (дуги), выражающего зависимость расходов от нагрузки ребра, $x_l = (x_l^{(1)}, \dots, x_l^{(n)})$ – переменная, выражающая нагрузку ребра l от продукта J ;

S – квази-диагональная $N \times N$ матрица, главными диагоналями которой являются узловые ребра матрицы инцидентности данной сети, с нулями в других местах;

$B = (b^{(1)}, \dots, b^{(n)})$ – это общий вектор загрузки узлов сети, который определяет объемы перевозок и их структуру, $b^{(j)} = (b_1^{(j)}, \dots, b_M^{(j)})$ – вектор загрузки узлов сети по продукту j .

Оптимальные маршруты соответствий определяются на основе алгоритмов для нахождения кратчайшего пути в сети. Хотя в настоящее время известен целый ряд таких алгоритмов, и многие из них являются достаточно эффективными, это решение уже исчерпано, так как различные известные методы отличаются только способами формирования маршрута. С другой стороны, эти алгоритмы содержат ряд эвристических элементов, эффективное использование которых требует соответствующих навыков.

Алгоритм был протестирован в экспериментальных расчетах, при решении проблемы распределения потока в реальных транспортных сетях. Ряд классических подходов сравнивали с рассматриваемой моделью при расчете распределения товарных потоков в сети, состоящей из 43 транспортных пунктов и 49 дорог, связывающих их. В данной работе представлены результаты расчетов, полученные с помощью классических подходов, используя упрощенные функции транспортных расходов, а также зависимость значений, полученных оптимального критерия (функции) расходы на число итераций.

Распределение транспортных потоков рассчитаны, используя одни и те

же функции транспортных расходов в той же сети; она была рассчитана путем с использованием упрощенной версии предлагаемого алгоритма оптимизации контура, в котором был использован только первый этап алгоритма. После выполнения 50 итераций, алгоритм оптимизации контура произвел результат многом схожий с оптимальным распределением потоков, получаемых с помощью классических подходов после такого же числа итераций. Величина оптимизируемого критерия (транспортных расходов), полученная рассматриваемым подходом была на 2-5 процентов ниже, чем полученная с помощью традиционных подходов, и около 3 процентов выше по сравнению с результатом, полученным путем последовательного подхода распределения, который использует специальные меры ускорения сходимости алгоритма. Эти результаты доказывают, что рассматриваемый алгоритм оптимизации контура подходит для расчета распределения транспортных потоков в сети.

В третьей главе описаны функциональные возможности программной поддержки совершенствования управления грузовыми автоперевозками. Приведена диаграмма вариантов использования программного продукта, описаны основные компоненты программной поддержки совершенствования управления грузовыми автоперевозками. Приведена диаграмма развертывания разработанной системы. Приведены модели представления системы, а также физическая и логическая модели базы данных, диаграмма классов разработанной системы, описаны возможности программного средства.

Диаграмма вариантов использования, на которой указаны все возможные действия, которые могут осуществлять пользователи при работе с данным приложением.

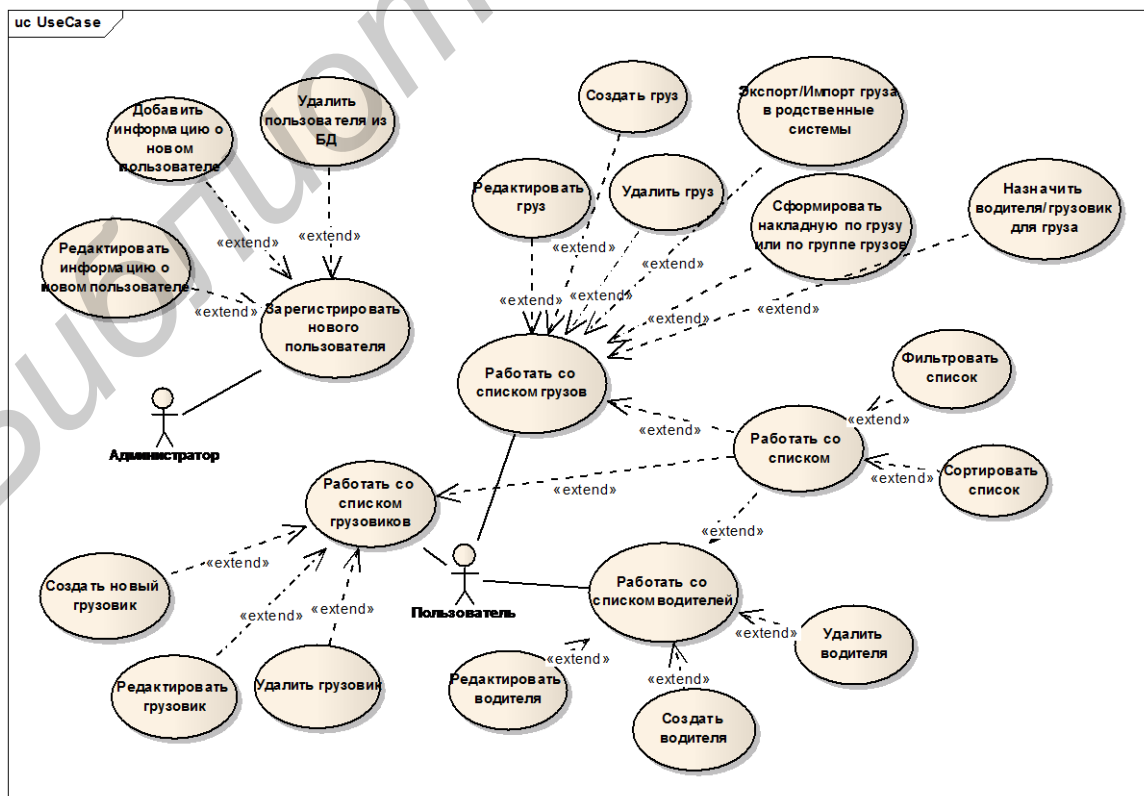


Рисунок 1 – Диаграмма вариантов использования

Главной его задачей является регистрация грузов в системе, планирование перевозок грузов из отправной точки в точку назначения и т.д. После регистрации сотрудник попадает в главное меню, представленное на рисунке 2.



Рисунок 2 – Главная страница

Для планирования сроков перемещения грузов создано отдельное окно, показанное на рисунке 3.

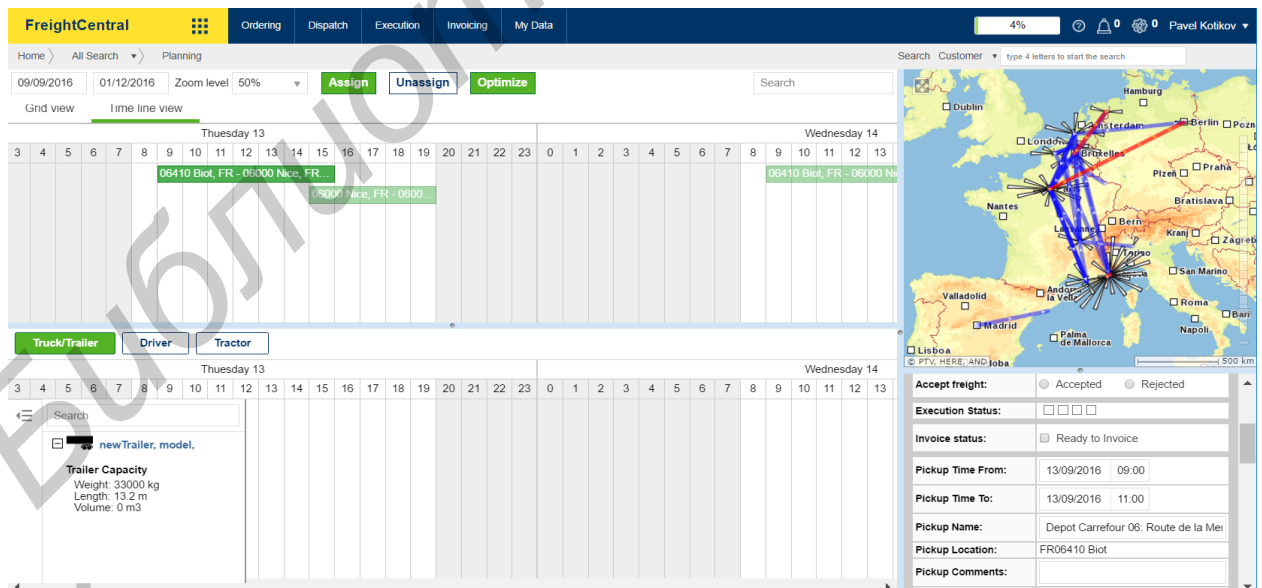


Рисунок 3 – Планирование

При нажатии на кнопку «Optimize», происходит автоматическое распределение грузов между доступными грузовиками с учетом всех ограничений,

формируя оптимальное с точки зрения стоимости и скорости расписание доставки.

В приложениях приведены графические изображения компьютерной презентации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для успешного функционирования логистической организации необходимо совершенствование системы управления грузовыми автоперевозками.

Основной задачей диссертации является совершенствование процесса управления грузовыми автоперевозками, путем исследования и внедрения методов и инструментальных средств обработки информации.

Результатами решения поставленной задачи является:

1. Произведен обзор и анализ показателей использования транспортных средств, затрат при грузоперевозках, а также существующих методов системного анализа.

2. Адаптирована методика оптимизации распределения транспортных потоков с использованием современных инструментальных средств повышения качества планирования и оптимизации логистических процессов.

3. Разработана программная поддержка по организации и оптимизации планирования расписания и загрузки грузоперевозок на логистических предприятиях малого и среднего размера.

В результате выполнения диссертации было разработано приложение, которое повысит качество работы отдела планирования логистической организации. Программа имеет интуитивный интерфейс, что сделает работу с ней удобной и быстрой как для новичка, так и для опытного пользователя [1-2].

Разработанное приложение отвечает поставленным задачам и имеет следующий функционал:

- просмотр, добавление, редактирование и удаление информации о заказчиках, грузах, водителях, грузовиках, субподрядчиках, и т.д.;
- утверждение грузов пользователями со специальными правами;
- оптимизация транспортного потока;
- формирование отчетности;
- изменение логина и пароля;
- поиск груза по различным параметрам.

Программа успешно прошла тестирование и может быть внедрена в эксплуатацию. Положительной стороной приложения является контроль работы пользователей со стороны программы, что избавляет от ошибочного введения данных. Данное приложение интернационализировано, имеется возможность выбора русского и английского языков, что может вызвать интерес к нему со стороны зарубежных пользователей. Поэтому дальнейшая поддержка проекта позволит ему конкурировать с аналогами из компаний других стран.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

1. Котиков, П.П. Разработка программной поддержки управления грузовыми автоперевозками / П.П. Котиков, И.А. Кимпель // Актуальные научные исследования в современном мире: сборник научных трудов, Переяслав–Хмельницкий, 15 – 20 декабря 2016 г. – С. 37-41.

2. Котиков, П.П. Разработка программной поддержки оптимизации планирования грузоперевозок в организации / П.П. Котиков, И.А. Кимпель // Актуальные научные исследования в современном мире: сборник научных трудов, Переяслав–Хмельницкий, 15 – 20 декабря 2016 г. – С. 41-45.

Библиотека БГУМР

РЭЗІЮМЭ

Коцікаў Павел Пятровіч

Метады і сродкі павышэння якасці планавання грузаперавозак

Ключавыя словы: кіраванне грузавымі перавозкамі, лагістыка, планаванне грузаперавозак.

Мэта работы: даследаванне працэсу планавання грузавых аўтаперавозкамі, даследаванне дастасавальнасці метадаў і інструментальных сродкаў для ўдасканалення планавання грузавых аўтаперавозак і ацэнкі іх эфектыўнасці, а таксама вывучэнне і ўкараненне метаду павышэння якасці планавання аўтатранспартных грузаперавозак.

Атрыманыя вынікі і іх навізна: праведзена сістэматызацыя сучасных тэарэтычных падыходаў у галіне кіравання грузавымі аўтаперавозкамі, на аснове якой выяўлены ключавыя фактары эфектыўнасці планавання. Разгледжаны асноўныя крытэрыі ацэнкі эфектыўнасці. Выканана адаптацыя метаду аптымізацыі размеркавання транспартных патокаў у лагістычных кампаніях і распрацаваны план яе ўкаранення ў праграмнае сродак. Распрацавана унікальная праграмная падтрымка планавання грузавых аўтаперавозак. Прыведзены мадэлі прадстаўлення сістэмы, а таксама фізічная і лагічная мадэлі базы дадзеных, дыяграма класаў распрацаванай сістэмы. Апісаны магчымасці праграмнага сродкі і прыведзены прыклады выкарыстання распрацаванай сістэмы.

Ступень выкарыстання: вынікі ўкаранёны ў бізнес-працэс планавання грузавых аўтаперавозак міжнароднай кампаніі «Wolters Kluwer».

Вобласць ужывання: эканоміка, лагістыка.

РЕЗЮМЕ

Котиков Павел Петрович

Методы и средства повышения качества планирования грузоперевозок

Ключевые слова: управление грузовыми перевозками, логистика, планирование грузоперевозок.

Цель работы: исследование процесса планирования грузовых автоперевозками, исследование применимости методов и инструментальных средств для совершенствования планирования грузовых автоперевозок и оценки их эффективности, а также изучение и внедрение метода повышения качества планирования автотранспортных грузоперевозок.

Полученные результаты и их новизна: проведена систематизация современных теоретических подходов в области управления грузовыми автоперевозками, на основе которой выявлены ключевые факторы эффективности планирования. Рассмотрены основные критерии оценки эффективности. Выполнена адаптация метода оптимизации распределения транспортных потоков в логистических компаниях и разработан план ее внедрения в программное средство. Разработана уникальная программная поддержка планирования грузовых автоперевозок. Приведены модели представления системы, а также физическая и логическая модели базы данных, диаграмма классов разработанной системы. Описаны возможности программного средства и приведены примеры использования разработанной системы.

Степень использования: результаты внедрены в бизнес-процесс планирования грузовых автоперевозок международной компании «Wolters Kluwer».

Область применения: экономика, логистика.

SUMMARY

Kotikov Pavel Petrovich

Methods and means of improving the quality of transportation planning

Keywords: management of freight transportation, logistics, transportation planning.

The object of study: To study the process of transport operations planning to investigate the applicability of methods and tools for improved planning of road freight transport and to assess their effectiveness, as well as the study and implementation of a method to improve the quality of road transportation planning.

The results and novelty: systematization of modern theoretical approaches in the field of freight road transport management, on the basis of which identified key factors for effective planning. Defined the main criteria for performance evaluation. Performed adaptation of the method of optimization of the distribution of traffic flows in logistics companies and developed a plan for its implementation in a software tool. Developed a unique software support for road freight transport planning. Presented results of reporting system models, as well as physical and logical database model, the class diagram of the developed system. Described possibilities of software tools and examples of use of the developed system.

Degree of use: results embedded in business process planning road haulage of international company «Wolters Kluwer».

Scope: Economy, logistics.