Мурлин А.Г.
Murlin A.G.

кандидат технических наук, доцент
кафедры «Информационные системы и
программирование»,
Кубанский государственный
технологический университет,
г. Краснодар, Российская Федерация

Мурлина В.А.
Murlina V.A.

кандидат технических наук, доцент
кафедры «Информационные системы и
программирование»,
Кубанский государственный
технологический университет,
г. Краснодар, Российская Федерация

Янаева М.В.
Yanaeva M.V.

кандидат технических наук,
заведующий кафедрой
«Информационные системы и
программирование»,
Кубанский государственный
технологический университет,
г. Краснодар, Российская Федерация

Кривоногов С.В.
Krivonogova S.V.

старший преподаватель кафедры
«Информационные системы и технологии»,
Нижегородский государственный
инженерно-экономический университет,
г. Княгинино,
Российская Федерация

УДК 004.75

DOI:

МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ЛОГИСТИЧЕСКИХ МАРШРУТОВ СБОРА И ВЫВОЗА ТВЁРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

В статье рассматривается алгоритм построения оптимальных маршрутов сбора и вывоза твердых бытовых отходов для парка машин с учетом динамического изменения маршрутов и перераспределения точек обхода. Рассмотрены шаги выполнения процесса клининговых работ с подробным описанием каждого из них. Определены недостатки существующего алгоритма, а также сложности, возникающие при его работе. Рассмотрены существующие программные решения, и определено, что все они являются универсальными, для рассматриваемой предметной области существующие решения отсутствуют. Изучены возможные факторы перевозок мусора, и выявлены методы оптимизации перевозок, данные методы

возможно применять ко всем компаниям, занимающимся аналогичной деятельностью. Выявлены возможные проблемы, возникающие при перевозках, предложены меры по устранению и совершенствованию работы перевозок. Построен граф маршрутов, поделённый на зоны. Определены методы снижения затрат на перевозки. Выявлен общий коэффициент отклонения и определена погрешность результатов. Показана архитектура информационной системы с учётом построения её на основе разработанных алгоритмов оптимизации. Предложены необходимые для работы системы серверные компоненты. Разработаны способы динамического перераспределения точек между автомобилями автопарка. Описаны процессы, протекающие в системе, структура базы данных и запросы, поступающие к серверу. Определены принципы взаимодействия клиентов с сервером через API. Создан процесс обработки запроса на создание маршрута. Описан процесс обработки запросов. Определен цикл запросов к API со стороны клиентов. Для компаний, занимающихся организацией вывоза твердых бытовых отходов, целесообразно внедрять информационную систему поддержки построения оптимальных маршрутов для некоторой совокупности транспортных средств и с учётом динамически изменяющейся обстановки. Использование разработанных алгоритмов построения оптимальных маршрутов для транспортных средств клининговой компании позволит получить дополнительную прибыль за счёт рационального использования транспортных средств и экономии расходных материалов.

Ключевые слова: алгоритм, база данных, информационная система, клининговая компания, мобильное приложение, приложение, оптимизация, предприятие, проектирование, пользователь, синхронизация, технологии, эффективность, транспортная логистика.

MULTICRITERIA OPTIMIZATION OF LOGISTIC ROUTES OF COLLECTING AND EXPORT OF MUNICIPAL SOLID WASTE

The article discusses the algorithm for constructing optimal routes for collecting and transporting solid household waste for a fleet of vehicles, taking into account the dynamic change of routes and the redistribution of bypass points. The steps of the process of cleaning work with a detailed description of each of them. The shortcomings of the existing algorithm, as well as difficulties arising from its operation, are identified. Existing software solutions are considered and it is determined that they are all universal, for the subject domain under consideration there are no existing solutions. Possible factors of garbage transportation have been studied and methods of transport optimization have been identified, these methods can be applied to all companies engaged in similar activities. Possible problems arising during transportation have been identified, and measures have been proposed for the elimination and improvement of transport operations. Built route graph divided into zones. Methods to reduce transportation costs are defined. The general coefficient of deviation is revealed and the error of results is determined. The architecture of the information system is shown taking into account its construction on the basis of the developed optimization algorithms. Required server components for system operation. Methods have been developed for the dynamic redistribution of points between vehicles in a fleet. Describes the processes occurring in the system, the database structure and requests coming to the server. The principles of client interaction with the server through the API. Created the process of processing the request to create a route. Describes the processing of requests. Defined a cycle of requests to the API by the customers. For companies engaged in organizing the removal of solid household waste, it is advisable to implement an information system to support the construction of optimal routes for a certain set of vehicles and taking into account the dynamically changing environment. The use of the developed algorithms for constructing the best routes for vehicles of a cleaning company will provide additional income through rational use of vehicles and saving consumables.

Key words: algorithm, database, information system, cleaning company, mobile application, application, optimization, enterprise, design, user, synchronization, technologies, efficiency, transport logistics.

Введение

На сегодняшний день множество предприятий, занимающихся логистикой, требуют оптимизации маршрутов для уменьшения издержек и увеличения прибыли. Но на данный момент существуют автоматизированные системы, основной целью которых является оптимизация торговой логистики, на что и рассчитаны используемые в этих системах алгоритмы. Для некоторых компаний, таких как клининговые, необходим немного другой подход – оптимизация общего времени и расстояния обхода всех точек в городе. Оптимизация по нескольким критериям (необходимое количество автомашин или минимальное время обхода всех точек) является наиболее выгодной схемой работы такой информационной системы. Сбор и транспортировка твердых бытовых отходов (ТБО) по разным причинам, в основном – экономическим и социальным, рассматриваются как один из наиболее важных элементов системы управления твердыми отходами. Более 60 % затрат на системы управления твердыми отходами в разных странах обусловлено сбором и транспортным

процессом, включая трудовые затраты, высокую цену на топливо, оборудование и обслуживание оборудования. Поэтому как никогда актуальна задача оптимизации маршрутов сбора и вывоза ТБО. Недостаточно оптимизировать маршрут для одного транспортного средства, необходима оптимизация работы всего парка клининговой компании, при этом достаточно важен вопрос учета статистических данных, используемых при оптимизации. Существует множество готовых программных решений для составления оптимальных маршрутов обхода нескольких точек. Однако основной областью, для которой ведутся эти разработки, является логистика. Есть принципиальное отличие логистического маршрута от маршрутов клининговых машин – это область оптимизирования. В логистике оптимизируется время обхода точек машиной для полной её разгрузки. Для парка клининговой компании же требуется одновременный обход всех точек за минимальное время [18; С. 70].

Планируемый процесс с использованием специализированной информационной системы строится в несколько шагов (рис. 1).

Рисунок 1. Схема планируемого процесса

Первый шаг – на определенный день строится несколько маршрутов для каждого водителя. Для этого используется алгоритм построения маршрута с учётом прогнозируемых значений ситуации на дороге и загруженности пунктов сбора. Прогнозируемые значения рассчитываются с помощью статистических данных, собранных при предыдущих прохождении маршрутов, а также при помощи посторонних информационных систем (ИС), предоставляющих информацию о текущей и прогнозируемой загруженности дорог [5].

Второй шаг заключается в обеспечении всех водителей маршрутом на текущий день. Для этого используется информационная система, содержащая все маршруты и отправляющая их на мобильные устройства водителей. После получения маршрута и выезда водителя из гаража это отмечается в системе для расчёта прогнозируемого времени прохода определённых участков маршрута и всего маршрута в целом.

После посещения каждого маршрута водитель отмечает на своем мобильном устройстве загруженность определённого пункта сбора. Это позволяет спрогнозировать загруженность при построении маршрутов в будущем.

Третий шаг – завершение цикла. После возвращения водителя весь маршрут сохраняется как пройденный и информация о прохождении будет использоваться для прогнозирования при построении маршрутов в следующие дни.

Такая схема процесса несёт некоторые трудности при расчёте оплаты труда водителей. Ведь маршруты могут меняться каждый день, а соответственно будет меняться протяженность и количество пунктов сбора. Данную проблему можно решить несколькими методами:

- определить фиксированный оклад каждому водителю;
- перевести систему в режим построения маршрутов на месяц вперед и распределения этих маршрутов для равномерной оплаты каждому из водителей.

Выбор метода расчёта суммы оплаты водителям зависит от конкретно выбранного предприятия.

Вопрос оптимизации транспортных маршрутов подробно рассмотрен с точки зрения оптимизации затрат на торговую логистику. В отличие от торговой логистики, оптимизация логистики вывоза ТБО требует немного другого – оптимизации общего времени и расстояния обхода всех точек в городе парком грузовых машин. Особенно это актуально в крупных городах, где усложнена ситуация на дорогах, а контейнеры с ТБО находятся в густонаселенных районах.

Для клининговых компаний из всех факторов, требующих оптимизации, наиболее существенные – это:

- количество заполненных контейнеров на точке сбора, которое влияет на наполненность кузова грузовой машины;
- пропускная способность дорог, которая влияет на скорость перемещения транспорта по городу.

Необходим алгоритм, который разделит все точки в городе на несколько маршрутов, общее время обхода которых будет оптимальным. Также необходимо учитывать физическую возможность грузовых машин перенести весь груз, собранный на маршруте, и оптимально распределить этот груз между всеми единицами транспорта [20; С. 47].

Материалы и методы. Для построения оптимальных маршрутов используется алгоритм зональной многокритериальной оптимизации логистических маршрутов. Данный алгоритм разделяет общую зону, состоящую из пунктов обхода, на несколько подзон, которые и представляют собой маршруты для обхода (рис. 2).

Проблема построения оптимальных маршрутов сбора и вывоза твёрдых бытовых отходов для парка машин неоднократно рассматривалась, предложены различные информационные системы и программное обеспечение для её решения. В системе ARCGIS поднимается важный вопрос – динамическое распределение точек между маршрутами. Предлагается использовать постоянные маршруты для каждой машины и при переполнении убирать её с маршрута, а оставшиеся точки передавать другим машинам. Такой подход добавляет множество сложностей – достроение маршрутов другим авто, уведомление их об изменениях.

Рисунок 2. Граф маршрутов, разбитый на зоны

Возможна ситуация, когда в ближайших маршрутах машины окажутся также перегруженными, и придётся забирать машины из дальних маршрутов, что займёт большое количество времени [2; С. 22].

Проблему построения маршрутов важно рассмотреть с точки зрения построения алгоритма. Для каждой машины необходимо выстраивать каждый раз новый маршрут с учетом её характеристик, при этом учитывая наполненность пунктов сбора. Необходимо учитывать тот факт, что наполненность пунктов может изменяться даже при достаточно точном прогнозировании – случайные, не поддающиеся прогнозированию, значения либо изменение заселённости определённого района города. В таких случаях необходимо динамическое изменение маршрутов с заблаговременным реагированием и уведомлением водителя об изменении [1, 4, 5].

При наличии сведений о наполненности определённых пунктов сбора данный алгоритм подразумевает динамическое перераспределение точек между другими машинами автопарка.

Будем использовать следующие обозначения:

$S\{s_0, s_1, \dots, s_n\}$ – множество пунктов сбора (ПС);

$T\{t_0, t_1, \dots, t_m\}$ – множество единиц транспорта (ТС);

$D\{d_0, d_1, \dots, d_k\}$ – множество пунктов отгрузки (ПО);

$v(t_i)$ – вместимость ТС $t_i \in T$;

$v(s_k)$ – наполненность ПС $s_k \in D$;

r_{ab} – длительность пути от точки a к точке b ;

$Z\{z_0, z_1, \dots, z_m\}$ – множество зон обхода (ЗО), где z_i – зона для i -го ТС;

$f(z_i)$ – функция определяющая длительность обхода транспортом $t \in T$ точек $s_{ti} \in S$;

$v(z_i)$ – функция определяющая наполненность всех ПС в ЗО;

Наиболее оптимальный маршрут получаем при условиях (1) и (2):

$$f_{t_1} = f_{t_1} = \dots = f_{t_m}, \quad (1)$$

$$v(z_t) \leq v(t), \forall t \in T. \quad (2)$$

Исходные данные для задачи представляются в виде взвешенного ориентированного графа, вершинами которого являются перекрестки дорог, ПС и ПО, а в качестве веса ребёр выступает длительность передвижения по данной дороге.

После этого необходимо распределить ПС и ПО на ЗО для каждого ТС. Для этой цели предназначен алгоритм оптимизации маршрутов эвакуации населения. Изменения в алгоритме вносятся на этапе перераспределения точек между ЗО.

После вычисления f_t всех ЗО происходит обмен ПС между всеми ЗО для оптимизации

общего времени обхода всех зон. В общем случае алгоритм перераспределения может быть описан последовательностью, представленной ниже.

1. Определяются допустимые погрешности:

- длительности обхода Δt ;
- вместимости грузовой машины Δc .

2. Для каждой ЗО рассчитывается длительность обхода $f(z_i)$ и наполненность всех ПС в ЗО $v(z_i) = \sum_k s_k, s_k \in z_i$.

3. Находятся максимальное и минимальное значения длительности обхода для всех ЗО $f_{\max}$ и $f_{\min}$.

4. Если условие выполняется $\Delta f = f_{\max} - f_{\min} < \Delta t$, то переходим к следующему шагу, иначе – к шагу 6).

5. Если условие выполняется $|v(t) - v(z_t)| \leq \Delta c, \forall t \in T$, то алгоритм завершается, иначе – к шагу 6.

6. Рассчитывается средняя длительность обхода ЗО:

$$f_{mid} = \frac{f_{\max} + f_{\min}}{2}.$$

7. Для каждой ЗО $z_i \in Z$ рассчитывается отклонение (рис. 3):

$$\Delta f_i = \frac{f(z_i) - f_{mid}}{\Delta t};$$

$$\Delta v_i = \frac{v(t_i) - \Delta v(z_i)}{\Delta c};$$

$$k = \Delta v_i + \Delta f_i.$$

Рисунок 3. Определение общего коэффициента отклонения

8. Находятся ЗО $z_{\min}$ и $z_{\max}$ с наименьшим и наибольшим значениями общего коэффициента соответственно.

9. Для $z_{\min}$: среди остальных ЗО $Z_o \subset Z, z_{\min} \notin Z_o$ находится минимальное расстояние $r_{s_o s_m}$ между ПО и $s_m \in z_{\min}$ $s_o \in z_{o \min}, z_{o \min} \in Z_o$;

ПС s_0 переносится из $z_{o \min}$ в $z_{\min}$.

10. Для $z_{\max}$: среди остальных ЗО $Z_o \subset Z, z_{\max} \notin Z_o$ находится минимальное расстояние $r_{s_o s_m}$ между ПО $s_m \in z_{\max}$ и $s_o \in z_{o \max}, z_{o \max} \in Z_o$; ПС s_0 переносится из $z_{o \max}$ в $z_{\max}$.

11. Для $z_{\min}, z_{o \min}, z_{\max}$ и $z_{o \max}$ заново рассчитывается длительность обхода f и наполненность v .

12. Находятся максимальное и минимальное значение длительности обхода $f_{\max}$ и $f_{\min}$.

13. Если $f_{\max} - f_{\min} < \Delta f$, допустимая погрешность Δt удваивается.

14. Возврат к шагу 2.

Итогом выполнения алгоритма должно быть приближение итоговых значений к условиям (1) и (2).

Алгоритм основывается на идее использования общего коэффициента отклонения. Это позволяет выделить ЗО с максимальным отклонением от оптимальных условий, как в сторону перерасхода ресурсов, так и в сторону недорасхода.

Следует также учитывать, что погрешность времени посещения ПС может быть намного ниже, чем возможная в реальных условиях. Для этого предусмотрен шаг с увеличением допустимой погрешности при деградации получаемых результатов (рис. 4).

Рисунок 4. Изменение погрешности при деградации результатов

Результаты

Использование данного алгоритма позволяет оптимизировать маршруты для парка грузовых машин, где основная цель – оптимизация общего времени и расстояния всех маршрутов. Помимо этого учитывается оптимальное распределение груза для предотвращения перегруза или неоптимального использования грузового отсека каждой машины. В условиях получения сведений о

наполненности пунктов сбора от водителей алгоритм может быть использован несколько раз для динамического изменения маршрутов во избежание перегрузки автомашин в результате неверно спрогнозированных данных [6; С. 611].

Схематично архитектура системы представлена на рисунке 5.

Рисунок 5. Архитектура системы

Серверная часть системы содержит в себе следующие компоненты:

- база данных;
- API для взаимодействия с клиентской частью;
- вычислительный модуль.

База данных должна хранить данные обо всех машинах, точках сбора и вывоза, а также маршрутах и путях в этом маршруте [8, 9].

Также для поддержания обработки статистических данных требуется информация о пройденных маршрутах, путях в них и посещённых точках.

Рисунок 6. Схема базы данных системы

Для взаимодействия клиентов с сервером в API требуется реализовать следующие процессы:

- инициация расчета маршрутов;
- авторизация с загрузкой маршрута;
- обновление геопозиции автомашины;
- прохождение пути;
- посещение точки;
- прохождение маршрута.

Инициация расчета маршрутов является запросом, который возвращает ответ от сервера – были ли построены маршруты, или возникла ошибка. В запросе необходимо

передавать идентификаторы автомашин (случай, когда в смену выходят не все автомашины).

Процесс обработки запроса (рис. 7): при поступлении запроса запрашивается информация из таблиц Path, Node (все записи) и Truck (по полученным id), после чего полученная информация передается в вычислительный модуль и ожидает ответа (были ли построены маршруты), который возвращается в виде ответа на запрос.

Рисунок 7. Процесс обработки запроса на создание маршрута

При авторизации отправляются логин и пароль, на что возвращается ответ – объект Truck, если данные верны, либо сообщение об ошибке. После загрузки Truck, по его id загружается объект маршрута Route. По id

маршрута загружаются пути, а также загружаются все точки, после чего процесс авторизации и загрузки маршрутов заканчивается. Схематично данный процесс представлен на рисунке 8.

Рисунок 8. Процесс авторизации с загрузкой маршрута

Обновление геопозиции автомашины происходит с каждым её изменением на клиенте и является запросом к серверу с передачей

данных о геопозиции – широты (lat) и долготы (lon). Схема процесса представлена на рисунке 9.

Рисунок 9. Обновление геопозиции автомашины

Прохождение пути, посещение точки и прохождение точки – запросы с передачей всех необходимых данных (ссылки на необходимые идентификаторы, время начала и завершения для пути и маршрута, время

посещения для точки) [10, 11]. Цикл запросов к API в рамках одной смены представлен на рисунке 10.

Рисунок 10. Цикл запросов к API со стороны клиентов

Перед началом смены отправляется запрос на создание маршрутов, после чего каждый водитель входит в систему под своим логином и паролем. По мере прохождения маршрута отправляются данные о начале, завершении и посещении. Параллельно с этим отправляется информация о текущей геопозиции автомашины. После отправки каждым водителем запроса о прохождении маршрута цикл завершается.

При получении определенных запросов сервер производит следующие вычисления:

- расчет оптимальных маршрутов для выбранных автомашин (прямой запрос на создание маршрутов);
- обновление ожидаемого объема точки (при запросе посещения точки);
- обновление ожидаемого времени прохождения пути (при запросе прохождения пути).

При расчете оптимальных маршрутов в входе подпрограмма получает информацию из таблиц Path, Node (все записи) и Truck (по определенным id), после чего производит необходимые вычисления, используя алгоритм оптимизации. После вычисленных для каждой автомашины маршрутов создаются записи в таблице Route для каждой машины и записи в таблице Path для каждого маршрута. Произведя все вычисления, подпрограмма отправляет ответ клиенту.

Обсуждение

Представленный алгоритм разработки систем построения оптимальных маршрутов сбора и вывоза твердых бытовых отходов имеет важное прикладное практическое значения для достаточно крупных клининговых компаний, где экономически целесообразно организовать мобильное перераспределение точек обхода и маршрутов движения транспорта. Применение такой мобильной системы сокращает себестоимость организации

вывоза твердых бытовых отходов, что не может не сказаться на увеличении эффективности работы предприятия в целом [11, 12]. Особенно это актуально в крупных городах, где скоплена большая часть населения, что создает сложную ситуацию на дорогах. Ситуацию на дороге, а также другие важные факторы можно спрогнозировать при помощи методов статистического анализа [13-15].

Несмотря на всю прозрачность схемы определения маршрутов и затрат для всей компании в целом, в ней необходимо учитывать множество факторов, влияющих на расходы [16, 17]. Так, при достаточном количестве грузовых машин даже небольшое изменение в затраченном времени на обработку всего маршрута или в пройденном расстоянии в итоге окажет солидное влияние на итоговые затраты за определенный период. Для получения таких результатов необходимо большое количество математических вычислений, особенно при работе со статистическими данными. Используемые математические методы применяются не только в оптимизации маршрута по определенным критериям, но и в вычислении ожидаемых значений этих критериев.

Выводы

Информационная система оптимизации логистических маршрутов с учетом статистических данных позволяет автоматически строить маршруты для нескольких автомашин автопарка организации [18-20]. Разработанный алгоритм с учетом нескольких различных критериев, с учетом изменения данных с течением времени позволяет планировать оптимальные маршруты для транспорта. Использование информационной системы для клининговой компании позволяет экономически целесообразно выполнять работу по организации вывоза твердых бытовых отходов.

Список литературы

1. Боев В.Д. Компьютерное моделирование [Электронный ресурс] / Боев В.Д., Сыпченко Р.П. – М.: Интернет-университет информационных технологий (ИНТУИТ), 2016. – 525 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/73655.html>. – ЭБС «IPRbooks»
2. Ганин Д.В., Климов Р.В. Особенности моделирования надежности распределенных систем хранения данных // Вестник НГИЭИ. – 2017. - № 7 (74). – С. 18–25.
3. Дементьев В.Е. О связи между каузальным и некаузальным прогнозом при оценивании многомерных случайных полей // Вестник НГИЭИ. – 2018. - № 10 (89). – С. 5–13.
4. Евстигнеев В.А. Применение теории графов в программировании / Под ред. А.П. Ершова. – М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1985.
5. Егоров В.И., Михайлов А.В., Мельберт А.А. Разработка программы для планирования маршрутов мусоровоза // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 2.
6. Ерофеев А.В. Применение ARCGIS для оптимизации вывоза твердых бытовых отходов // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры. – Оренбург, 30 января – 01 февраля 2013 г. – С. 611-613.
7. Зангиев Т.Т., Гуржиев А.О. Оптимизация маршрутов эвакуации населения в масштабах города // Фундаментальные и прикладные исследования в современном мире. – 2016. - № 14-1. – С. 124-128.
8. Киселева Т.В. Программная инженерия. Ч. 1 [Электронный ресурс]: учебное пособие. – Электрон. текстовые данные. – Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2017. – 137 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/69425.html>. – ЭБС «IPRbooks»
9. Крайнюченко И.В., Попов В.П. Теория и анализ систем [Электронный ресурс]. – Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2018. – 250 с.
10. Крайнюченко И.В., Попов В.П. Теория и анализ систем [Электронный ресурс]. – Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2018. – 250 с.
11. Крэг Ларман. Применение UML 2.0 и шаблонов проектирования: Практическое руководство. – 3-е изд.; пер. с англ. – М.: И.Д. Вильямс, 2009 – 736 с.
12. Купер А., Рейман Р., Кронин Д., Носсел К. Интерфейс. Основы проектирования взаимодействия. – СПб.: Питер, 2016 – 720 с.
13. Мейер Б. Объектно-ориентированное программирование и программная инженерия [Электронный ресурс]. – М.: Интернет-университет информационных технологий (ИНТУИТ), 2016. – 285 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/39552.html>. – ЭБС «IPRbooks»
14. Мурлин А.Г., Мурлина В.А., Янаева М.В., Ватаманов П.Ю. Моделирование информационной системы для автоматизации учета сервисов и оборудования корпоративных клиентов провайдера связи // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ). – Краснодар: КубГАУ, 2017. - № 10 (134). – С. 835-844. – IDA: 1341710068. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2017/10/pdf/68.pdf>
15. Павлов Д.А., Яхонтова И.М. Математическая модель задачи организации маршрутов в крупномасштабных транспортных сетях с применением методов многокритериальной оптимизации // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2017. – № 09 (133). – С. 1220–1230. – IDA [article ID]: 1331709092. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2017/09/pdf/92.pdf>
16. Попов А.А., Холдонов А.А. Структурная оптимизация нечетких регрессионных моделей с минимизацией ошибки прогноза на тестовой выборке // Вестник НГИЭИ. – 2018. - № 2 (81). – С. 7–19.
17. Ревунков Г.И., Ковалева Н.А., Силантьева Е.Ю. Проектирование баз данных [Электронный ресурс] : учебное пособие. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018. – 48 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/103499>
18. Савельев В.П., Шамин А.А. Оптимальное планирование ритмичного производства // Вестник НГИЭИ. – 2018. - № 11 (90). – С. 68–76.

19. Саймон Р., Ханну К. Администрирование PostgreSQL 9. Книга рецептов [Электронный ресурс] : руководство / пер. Самохвалова Е.В. – Электрон. дан. – М.: ДМК Пресс, 2013. – 368 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/39995>.

20. Северова Е.С. Транспортировка твердых коммунальных отходов // Грузовое и пассажирское автохозяйство. – 2006. – № 11. – С. 46-47.

21. Семакова А. Введение в разработку приложений для смартфонов на ОС Android [Электронный ресурс]. – М.: Интернет-университет информационных технологий (ИНТУИТ), 2016. – 102 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/73670.html>. – ЭБС «IPRbooks»

22. Семенов А.А. Сетевые технологии и Интернет [Электронный ресурс]: учебное пособие. – СПб.: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2017. – 148 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/66840.html>. – ЭБС «IPRbooks»

23. Янаева М.В. Обработка и анализ данных с использованием СУБД: учеб. пособие. – Краснодар: Изд. КубГТУ, 2018. – 127 с.

24. Яхонтова И.М., Пономарева Д.Н. Применение системы показателей бизнес-процессов для управления предприятием // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ. – 2015. – № 09 (113). – С. 1293 – 1313. – IDA [article ID]: 1131509092. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2015/09/pdf/92.pdf>

References

1. Bojev V.D. Sypchenko R.P. Komp'juternoje modelirovanije [Elektronnyj resurs] / Boev V.D. – М.: Интернет-университет информационных технологий (INTUIT), 2016. – 525 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/73655.html>. – JeBS «IPRbooks»

2. Ganin D.V., Klimov R.V. Osobennosti modelirovanija nadezhnosti raspredelennyh sistem hranenija dannyh // Vestnik NGIJeI. – 2017. – № 7 (74). – С. 18–25.

3. Dement'jev V.E. O svjazi mezhdu kauzal'nym i nekauzal'nym prognozom pri

ocenivanii mnogomernyh sluchajnyh polej // Vestnik NGIJeI. – 2018. – № 10 (89). – С. 5–13.

4. Evstignejev V.A. Primenenije teorii grafov v programmirovanii / Pod red. A.P. Jershova. – Moskva: Nauka. Glavnaja redakcija fiziko-matematicheskoy literatury, 1985.

5. Jegorov V.I., Mihajlov A.V., Mel'bert A.A. Razrabotka programmy dlja planirovanija marshrutov musorovoza // Sovremennye problemy nauki i obrazovanija. – 2014. – № 2.

6. Jerofeev A.V. Primenenije ARCGIS dlja optimizacii vyvoza tvjordyh bytovyh othodov // Universitetskij kompleks kak regional'nyj centr obrazovanija, nauki i kul'tury. – Orenburg, 30 janvarja-01 fevralja 2013 g. – С. 611-613.

7. Zangijev T.T., Gurzhiyev A.O. Optimizacija marshrutov evakuacii naselenija v masshtabah goroda // Fundamental'nyoe i prikladnoe issledovanie v sovremenom mire. – 2016. – № 14-1. – С. 124-128.

8. Kiseljova T.V. Programmnaja inzhenerija. Chast' 1 [Elektronnyj resurs]: uchebnoje posobie. – Stavropol': Severo-Kavkazskij federal'nyj universitet, 2017. – 137 s. – Rezhim dostupa: <http://www.iprbookshop.ru/69425.html>. – JeBS «IPRbooks»

9. Krajnjuchenko I.V., Popov V.P. Teorija i analiz sistem [Elektronnyj resurs]. – Saratov: Aj Pi Jer Media, 2018. – 250 s.

10. Krajnjuchenko I.V., Popov V.P. Teorija i analiz sistem [Elektronnyj resurs] – Saratov: Aj Pi Jer Media, 2018. – 250 s.

11. Krjeg Larman. Primenenije UML 2.0 i shablonov proektirovanija^ Prakticheskoe rukovodstvo. – 3-e izd. / Per. s angl. – М.: I.D. Vil'jams, 2009 – 736 s.

12. Kuper A., Rejman R., Kronin D., Nossel K. Interfejs. Osnovy proektirovanija vzaimodejstvija. – SPb.: Piter, 2016 – 720 s.

13. Mejer B. Ob'ektno-orijentirovannoje programmirovaniye i programmnaja inzhenerija [Elektronnyj resurs]. – М.: Интернет-университет информационных технологий (INTUIT), 2016. – 285 s. – Rezhim dostupa: <http://www.iprbookshop.ru/39552.html>. – JeBS «IPRbooks»

14. Murlin A.G., Murlina V.A., Janaeva M.V., Vatamanov P.Ju. Modelirovanije informacionnoj sistemy dlja avtomatizacii uchjota servisov i oborudovanija korporativnyh klientov provajdera svjazi // Politematicheskij setevoy elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta

- (Nauchnyj zhurnal KubGAU). – Krasnodar: KubGAU, 2017. – № 10 (134). – S. 835-844. – IDA : 1341710068. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2017/10/pdf/68.pdf>
15. Pavlov D.A., Jahontova I.M. Matematicheskaja model' zadachi organizacii marshrutov v krupnomasshtabnyh transportnyh setjah s primenenijem metodov mnogokriterial'noj optimizacii // Politematicheskij setевой elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Elektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU. – 2017. – № 09 (133). – S. 1220 – 1230. – IDA [article ID]: 1331709092. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2017/09/pdf/92.pdf>
16. Popov A.A., Holdonov A.A. Strukturnaja optimizacija nechetkih regressionnyh modelej s minimizaciej oshibki prognoza na testovoj vyborke // Vestnik NGIJeI. – 2018. – № 2 (81). – S. 7–19.
17. Revunkov G.I., Kovaljova N.A., Silant'jeva Je.Ju. Projektirovanije baz dannyh [Elektronnyj resurs] : uchebnoje posobije. – Moskva : MGTU im. N.Je. Bauman, 2018. – 48 s. – Rezhim dostupa: <https://e.lanbook.com/book/103499>
18. Savel'jev V.P., Shamin A.A. Optimal'noje planirovanije ritmichnogo proizvodstva // Vestnik NGIJeI. – 2018. – № 11 (90). – S. 68–76.
19. Sajmon R., Hannu K. Administrirovanije PostgreSQL 9. Kniga receptov [Elektronnyj resurs] : rukovodstvo / per. Samohvalova Je.V. – Elektron. dan. – Moskva: DMK Press, 2013. – 368 s. – Rezhim dostupa: <https://e.lanbook.com/book/39995>.
20. Severova Je.S. Transportirovka tvjordyh kommunal'nyh othodov – Gruzovoje i passazhirskoje avtohozajstvo. – 2006. – № 11. – S. 46-47.
21. Semakova A. Vvedenije v razrabotku prilozhenij dlja smartfonov na OS Android [Elektronnyj resurs]. – M.: Internet-universitet informacionnyh tehnologij (INTUIT), 2016. – 102 s. – Rezhim dostupa: <http://www.iprbookshop.ru/73670.html>. – JeBS «IPRbooks»
22. Semjonov A.A. Setevyje tehnologii i Internet [Elektronnyj resurs]: uchebnoje posobije. – SPb.: Sankt-Peterburgskij gosudarstvennyj arhitekturno-stroitel'nyj universitet, JeBS ASV, 2017. – 148 c. – Rezhim dostupa: <http://www.iprbookshop.ru/66840.html>. – JeBS «IPRbooks»
23. Janajeva M.V. Obrabotka i analiz dannyh s ispol'zovaniem SUBD: ucheb. posobije / M.V. Janajeva. – Krasnodar: Izd. KubGTU, 2018. – 127 s.
24. Jahontova I.M., Ponomareva D.N. Primenenije sistemy pokazatelej biznes-processov dlja upravlenija predprijatijem // Politematicheskij setевой elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Elektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2015. – № 09 (113). – S. 1293–1313. – IDA [article ID]: 1131509092. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2015/09/pdf/92.pdf>