

УДК 519.712

МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ В ТРАНСПОРТНОЙ ЛОГИСТИКЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РЕГИОНОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫХ ЭВОЛЮЦИОННЫХ АЛГОРИТМОВ

^{1*}*Сулюкова Л.Ф.*, ²*Ахмеджанова З.И.*

*slf72@yandex.com

¹Национальный исследовательский университет «Ташкентский институт инженеров
иригации и механизации сельского хозяйства»,
100000, Узбекистан, Ташкент, ул. Кари Ниязий 39;

²Самаркандский филиал Ташкентского университета информационных технологий,
140100, Узбекистан, Самарканд, ул. Шохрух Мирзо 47А.

Модели и алгоритмы взаимодействия данных на основе многокритериально-го эволюционного алгоритма представляют собой перспективное направление для улучшения транспортной логистики в сельских местностях. Их применение позволяет не только повысить эффективность процессов, но и обеспечить более высокое качество обслуживания клиентов. В условиях изменчивости рынка и необходимости быстрой адаптации к новым условиям, такие подходы становятся особенно актуальными. Будущее транспортной логистики в сельском хозяйстве зависит от способности интегрировать современные технологии и методы оптимизации, что позволит эффективно управлять ресурсами и минимизировать затраты. Эволюционные алгоритмы являются одним из эффективных методов решения задач, являющиеся с высокой вычислительной сложностью, большой размерностью и пространством поиска. Процесс оптимизации, основная задача на гибридной версии эволюционного алгоритма, для применения в задачах планирования грузовых перевозок. В работе предложен новый подход к решению задач оптимизации в логистике, основанный на гибридном генетическом алгоритме с интеграцией нечетких множеств. Этот метод направлен на улучшение качества решений и ускорение процесса сходимости, особенно в сложных и неопределенных условиях.

Ключевые слова: имитационное моделирование, оптимизация логистики, транспортировка груза, генетический алгоритм, цепочка поставок.

Цитирование: Сулюкова Л.Ф., Ахмеджанова З.И. Модели и алгоритмы обработки данных в транспортной логистике сельскохозяйственных регионов с использованием многокритериальных эволюционных алгоритмов // Проблемы вычислительной и прикладной математики. – 2024. – № 6(62). – С. 125-136.

1 Введение

Транспортная логистика играет ключевую роль в эффективном управлении цепочками поставок, особенно в сельскохозяйственных местностях, где сезонность и специфика продукции требуют гибкого подхода к планированию и оптимизации процессов. С развитием информационных технологий и алгоритмов оптимизации, таких как многокритериальные эволюционные алгоритмы, появилась возможность значительно улучшить управление логистическими процессами. Для решения подобных задач разрабатываются различные алгоритмы, позволяющие находить близкие к оптимальным решения. Одним из подходов, позволяющих успешно решить задачу

повышения эффективности и качества решения сложных оптимизационных задач, является интеграция различных научных методов, специфичных для таких областей вычислительного интеллекта [1].

Основными проблемами сельскохозяйственной логистики являются:

1. Неравномерное распределение торговых точек, что приводит к сложностям в планировании маршрутов и увеличивает затраты на транспортировку.
2. Сложные дорожные условия, дороги могут быть в плохом состоянии, что затрудняет доставку.
3. Высокая частота заказов с небольшими объемами, что создает дополнительные сложности в управлении запасами и планировании доставки.
4. Централизованное распределение, может привести к задержкам и увеличению затрат.

Целью является повышение эффективности и конкурентоспособности компаний, автоматизация программ и сложность управления логистикой на этапе поставок.

Основной задачей управления является оперативное планирование и регулирование движения транспорта, что позволяет повысить производительность труда, коэффициент использования машин и оборудования, т.е. совершенствования управления логистическими системами, уменьшение суммарных потерь от простоев транспорта и погрузочного оборудования.

Каждый клиент готовит запрос с указанием количества единиц нагрузки и временного окна, в котором он может его получить. Обслуживание на объектах клиентов включает в себя время от прибытия до отъезда, которое зависит, в частности, от промежуточных действий по парковке, разгрузке, подписанию документации и т. д.

Таким образом, многоцелевая задача маршрутизации транспортного средства в нескольких направлениях в зависимости от времени с временными окнами, можно определить следующим образом: найти оптимальные решения, полученные путем одновременной минимизации общего времени распределения и рабочей нагрузки различных транспортных средств, удовлетворяя при этом запросы многих клиентов в установленные сроки доставки, отправляющиеся из нескольких распределительных центров, с однородной грузоподъемностью и ограниченным графиком работы с учетом плотности транспортных потоков на соответствующих маршрутах [6].

2 Актуальность исследования

Транспортная логистика в сельском хозяйстве включает в себя ряд процессов, таких как планирование маршрутов, управление запасами, распределение ресурсов и мониторинг состояния продукции. Учитывая разнообразие факторов, влияющих на эти процессы, важно применять подходы, которые могут учитывать несколько критериев одновременно.

При исследовании систем грузоперевозки, широко используется моделирование, что позволяет существенно сократить расходы на изучение действующих систем, а также прогнозировать их поведение в будущем с учетом изменения внешних условий.

Математическим аппаратом исследований подобных объектов являются методы теории массового обслуживания, методы статистического моделирования, которые позволяют в лабораторных условиях сопоставлять различные варианты планирования и управления исследуемым технологическим процессом. Основными показателями, по которым возможна оптимизация модели, выступают время и затраты средств на проведения операций [2].

Следует отметить, что аналитическое решение задачи исследования логистической системы, совместно с системой управления, является более предпочтительным, т.к. позволяет разработчикам таких систем получать конкретные результаты без привлечения вычислительной техники, однако, возможности аналитического аппарата ограничены, с его помощью удается исследовать лишь сравнительно простые модели без учета целого ряда факторов. Аналитические модели неприменимы при произвольных законах управления транспортом, а использование аналитических моделей распространяется на разомкнутые и замкнутые системы с однотипным транспортом при введении ограничений на тип распределений длительности обслуживания заявок на разных фазах системы и ряда других ограничений и упрощений.

Для исследования логистических систем, как систем массового обслуживания, используем преимущества метода статистического моделирования при построении имитационной модели.

При имитационном моделировании воспроизводится алгоритм функционирования системы во времени – поведение системы, причем имитируются элементарные явления, составляющие процесс, с сохранением их логической структуры и последовательности протекания, что позволяет по исходным данным получить сведения о состояниях процесса в определенные моменты времени, дающие возможность оценить характеристики системы [3].

3 Постановка задачи

Для построения имитационной модели транспортного средства необходимо формализованное описание этого технологического объекта управления. Модель охватывает технологический автотранспорт во взаимодействии с погрузочным и разгрузочным товаром.

Рассмотрим использование оптимальных методов решения распределительной задачи по второму критерию: в этой задаче требуется найти такой вектор прикрепления транспорта $x = (x_1, x_2, \dots, x_m)$ чтобы целевая функция, заданная функционалом F – условием, принимала минимальное значение при выполнении ограничений на число имеющихся транспортных средств N и количество перевозимого продукта (2):

$$F = \sum_{i=1}^M T_i(\vec{x}) C_i + \sum_{j=1}^N \sum_{p=1}^L T_j^p(\vec{x}) C_p \rightarrow \min, \quad (1)$$

где

i – номера пунктов погрузки; j – номера автотранспортных единиц;

C_i – стоимостьостоя i – го погрузочного пункта в единицу времени;

C_p – стоимостьстоя j – го транспортного средства p – го типа в единицу времени;

N – общее количество транспорта, работающего в смене одновременно;

M – общее количество погрузочных пунктов;

$T_j^p(\vec{x})$ – время соответственно пункта i – го пункта погрузки и j – го транспортного средства p – го типа при выполнении ограничений на вывоз груза от i – го пункта погрузки в k – й пункт разгрузки:

$$Q_i^{\min} \leq \sum_{k=1}^R Q_{ik}(\vec{x}) \leq Q_i^{\max}, \quad (2)$$

где Q_i^{\min}, Q_i^{\max} – минимально (максимально) допустимый объем вывоза груза из i – го пункта погрузки; k – номер пункта разгрузки; $Q_{ik}(\vec{x})$ – объем вывоза груза из

i – го пункта погрузки в пункт разгрузки k при принятом варианте x закрепления транспорта за пунктами погрузки [7].

На статистической модели погрузочно-транспортного процесса исследовалась задача планирования работ. Для практического решения этой задачи необходимо было установить меру реальной производительности погрузочного пункта и автотранспорта и улучшить показатели их совместной работы путем применения формализованных методов распределения транспортных средств к пунктам обслуживания.

В такой постановке, задача оперативного планирования сводится, по сути, к задаче планирования транспортных работ. При оперативном планировании, зачастую используется традиционный подход, опирающийся на применение методики средних показателей, что не может обеспечить высоких результатов.

Хронометражными наблюдениями установлено, что отклонения фактической продолжительности погрузки транспорта от нормативной для различных погрузчиков достигают 80%, и это является одной из причин неравномерной обеспеченности погрузочных средств транспортом.

Для исследования и оптимизации работы транспортной перевозки по критерию минимизации себестоимости, создана статистическая имитационная модель. Имитационная модель работы транспортной перевозки, как системы массового обслуживания, создана с помощью специального языка моделирования GPSS (General Purpose Simulation System – общепрограммной системы моделирования). Поскольку GPSS является языком моделирования, в него входят специальные средства для описания динамического поведения систем, меняющихся во времени, причем изменение состояний происходит в дискретные моменты времени.

Имитационное моделирование работы может быть использовано при решении двух основных задач:

- определения показателей работы при некотором фиксированном распределении автотранспорта (с возможным директивным перераспределением его в течение смены);
- минимизации удельных суммарных потерь от простоев транспортной перевозки [4].

Данная модель учитывает число и типы прибывшего на смену автотранспорта, число и расстановку действующих погрузчиков, а также их приоритеты, задаваемые в соответствии с технологическим графиком ведения работ. В модель закладываются также показатели моделируемой транспортной системы.

Имитационная модель включает в себя подмодели: пунктов погрузки; транспортировки массы; пунктов разгрузки; движения автотранспорта к пунктам погрузки.

Автотранспорт представлен в модели динамическими объектами, которые хранят характеристики соответствующих транспортных средств, закрепленных маршрутов транспортировки и другие исходные данные, описывающие работу транспортной перевозки. Использование принципа современного моделирования с переменным шагом позволяет учесть различные технологические особенности транспортного процесса и приводит к меньшей затрате «машинного времени» по сравнению с другими моделями.

Блочный принцип написания программы позволяет без большого труда производить различные изменения и добавления. В частности, программа позволяет имитировать разные алгоритмы оперативного управления транспортом.



Рис. 1 Укрупненная блок-схема алгоритма моделирования

На рис. 1 T – время моделирования; 1-8 – блоки отдельных состояний системы; МИСС – массив изменения состояний системы.

4 Метод решения

Эволюционные методы – являются приближенными методами решения задач оптимизации и структурного синтеза. Большинство ЭМ основано на статистическом подходе к исследованию ситуаций и итерационном приближении к искомому решению.

Эволюционные вычисления составляют один из разделов искусственного интеллекта. При построении систем ИИ по данному подходу основное внимание уделяется построению начальной модели, и правилам, по которым она может изменяться.

В отличие от точных методов математического программирования ЭМ позволяют находить решения, близкие к оптимальным, за приемлемое время, а в отличие от других эвристических методов оптимизации характеризуются существенно меньшей зависимостью от особенностей приложения, и в большинстве случаев обеспечивают лучшую степень приближения к оптимальному решению [5].

Важнейшим частным случаем ЭМ являются генетические методы и алгоритмы. Генетические алгоритмы (ГА) основаны на поиске лучших решений с помощью наследования и усиления полезных свойств множества объектов определенного приложения в процессе имитации их эволюции.

Свойства объектов представлены значениями параметров, объединяемых в запись, называемую в ЭМ хромосомой. В ГА оперируют подмножеством хромосом, называемом популяцией. Имитация генетических принципов – вероятностный выбор родителей среди членов популяции, скрещивание их хромосом, отбор потомков для включения в новые поколения объектов на основе оценки целевой функции – ве-

дет к эволюционному улучшению значений целевой функции (функции полезности) от поколения к поколению [6].

Для применения эволюционных методов к решению конкретной задачи нужно, во-первых, сформулировать множество управляемых параметров X , во-вторых, разработать модель приложения в виде алгоритма вычисления целевой функции $F(X)$, в-третьих, разработать алгоритмическую реализацию эволюционного метода. При этом, учитывая приближенность и статистическую природу этих методов, нужно стремиться к получению высокоэффективных алгоритмов с позиции как точности, так и трудоемкости вычислений.

Вычисления начинаются с формирования множества G информационных объектов

$$X_j = (x_{j1}, x_{j2}, \dots, x_{jn}), j = 1, 2, \dots, N,$$

которые в соответствии с принятой в ГА терминологией называют хромосомами (другие возможные названия – агенты, фреймы, кортежи).

Хромосома состоит из генов x_{j1} . Обычно в задачах оптимизации гены отождествляют с управляемыми параметрами. Множество G называют популяцией, а состав популяции в конкретный момент вычислений – поколением [7].

Эволюция представляет собой многошаговый процесс. На каждом шаге формируются новые хромосомы и N хромосом отбираются (селектируются) в новое поколение. Формирование хромосом нового поколения происходит с использованием генного материала текущего поколения и с учетом качества этого материала. Качество j -й хромосомы оценивается значением целевой функции $F(x_j)$, а качество каждого поколения – наилучшим (минимальным) значением целевой функции, полученным на данный момент вычислений.

Многокритериальные эволюционные алгоритмы представляют собой мощный инструмент для решения задач оптимизации, которые требуют учета нескольких противоречивых критерии. Основные этапы работы таких алгоритмов включают:

- Инициализация популяции: Создание начального набора возможных решений.
- Оценка решений: Анализ каждого решения по заданным критериям.
- Отбор: Выбор лучших решений для дальнейшего размножения.
- Скрещивание и мутация: Генерация новых решений путем комбинации и изменения существующих.

Различные алгоритмы искусственного интеллекта, такие как эволюционный алгоритм, оптимизация роя частиц и алгоритм муравьиной колонии, широко используются в машинном обучении, управлении процессами, экономическом прогнозировании, инженерной оптимизации и других областях [8].

Проблемы транспортной логистики в сельских местностях

- Сезонность: Ограниченные временные рамки для сбора урожая и доставки продукции.
- Инфраструктура: Нехватка развитых транспортных сетей.
- Качество продукции: Необходимость соблюдения условий хранения и транспортировки.

Многокритериальные эволюционные алгоритмы могут быть использованы для оптимизации маршрутов доставки, управления запасами и оценки рисков, связанных с транспортировкой продукции. Например, они могут помочь в нахождении оптимальных маршрутов с учетом времени доставки, затрат и состояния дорожной инфраструктуры.

Модели взаимодействия данных

Важным аспектом успешного применения многокритериальных эволюционных алгоритмов является создание моделей взаимодействия данных, которые позволяют интегрировать информацию из различных источников. Для эффективного функционирования информационных систем необходимо использовать современные технологии сбора данных, такие как:

- Датчики GPS: Для отслеживания местоположения транспортных средств.
- Системы мониторинга состояния продукции: Для контроля температуры и влажности во время транспортировки.
- Облачные платформы: Для хранения и анализа больших объемов данных.

Интеграция данных из различных источников позволяет создавать более полные модели для анализа и принятия решений. Использование API и ETL-процессов (извлечение, преобразование, загрузка) может значительно упростить этот процесс.

Рассмотрим несколько практических примеров использования многокритериальных эволюционных алгоритмов в транспортной логистике:

- Оптимизация маршрутов для доставки свежих продуктов: Использование МЭА для нахождения кратчайшего и наиболее экономически выгодного маршрута с учетом времени доставки и состояния дорог.
- Управление запасами: Применение алгоритмов для определения оптимального уровня запасов на складах с учетом сезонности спроса.
- Оценка рисков: Использование многокритериального подхода для оценки рисков, связанных с транспортировкой продукции, включая погодные условия и состояние инфраструктуры

5 Результаты

Оптимизация модели и результаты моделирования

На базе метода динамического программирования разработан вычислительный способ оптимального распределения транспортных средств, приводящий к нахождению глобального минимума (максимума) оптимизируемой функции любого характера.

Модель можно представить в виде графа $G = (V, E)$, где представляет собой набор узлов и набор ребер [9].

Решение проблемы состоит в одновременной минимизации двух функций:

$$\min_{x_{ij}^{sl}} F(x_{ij}^{sl}) = (f_1, f_2) \quad \min_{x_{ij}^{sl}} F(x_{ij}^{sl}) = (f_1, f_2). \quad (3)$$

Функция (3) представляет собой общее время, потраченное на все маршруты, а также затраты, вызванные ранним прибытием (т.е. временем ожидания):

$$f_1 : \sum_{\substack{l \in V_L \\ s \in S_L}} \sum_{\substack{i,j \in V_R \\ i \neq j}} (tr_{ij} \cdot x_{ij}^{sl}) + \sum_{i,j \in V_R} [z_i^s \cdot (o_i - t_i^s)]. \quad (4)$$

Функция (4), представляет собой стандартное отклонение времени работы между транспортными средствами. Его минимизация создает сбалансированную загруженность на всех маршрутах.

$$f_2 : \left\{ \frac{1}{\sum_{s \in S_l} \sum_{j \in V_R} x_{lj}^{sl}} \cdot \sum_{l \in V_L} \sum_{s \in S_l} \left(\sum_{\substack{j \in V_R \\ \neq j}} t_{r_{ij}} \cdot x_{ij}^{sl} \right) + \sum_{i \in V_R} [z_i^s \cdot (o_i - t_i^S)] - \frac{\sum_{l \in V_L} \sum_{s \in S_l} \left(\sum_{\substack{j \in V_R \\ \neq j}} t_{r_{ij}} \cdot x_{ij}^{sl} \right) + \sum_{i \in V_R} [z_i^s \cdot (o_i - t_i^S)]}{\sum_{s \in S_l} \sum_{j \in V_R} x_{ij}^{sl}} \right)^2 \right\}. \quad (5)$$

Подходом к решению поставленной задачи является применение разработанного вычислительного способа оптимального распределения транспортных средств, применяемого в случае оптимизируемой функции. В таком случае, задача минимизации функционала решается методом эволюции и генетического алгоритма. Этот способ приводит к уменьшению объема вычислительных операций.

Моделирование позволило каждым погрузочным пунктом, получить наилучшие, в смысле критерия, соотношения количества транспортных единиц разной грузоподъемности, закрепленных за наличного их числа, номеров работающих погрузчиков и расстояний транспортировки.

Показаны суммарные потери от простоев погрузочных средств и транспорта, приведенные к одной смене. Они зависят как от количества транспортных средств, закрепленных за данным погрузочным пунктом, так и от доли автотранспорта каждого типа, в их общем количестве [10].

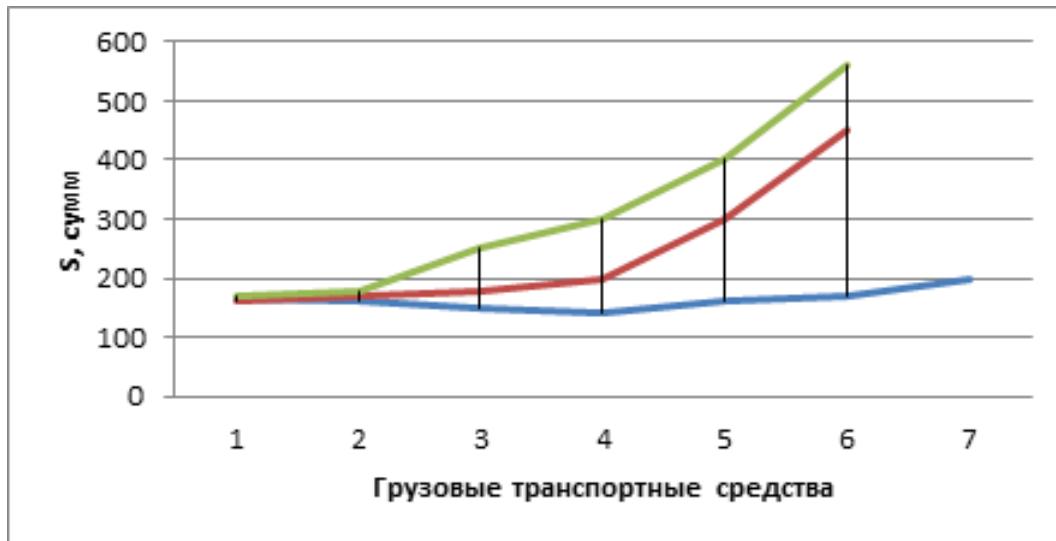


Рис. 2 Показатели грузовых транспортных средств

Для оценки эффективности разработанных методов решения задачи, фактически полученные показатели работы сопоставлялись с показателями, полученными при оптимальном распределении с использованием моделирования.

Приведем пример работы информационной системы управления транспортировкой (TMS), созданной с использованием платформы 1С, специально настроенной для логистики или управления грузоперевозками.

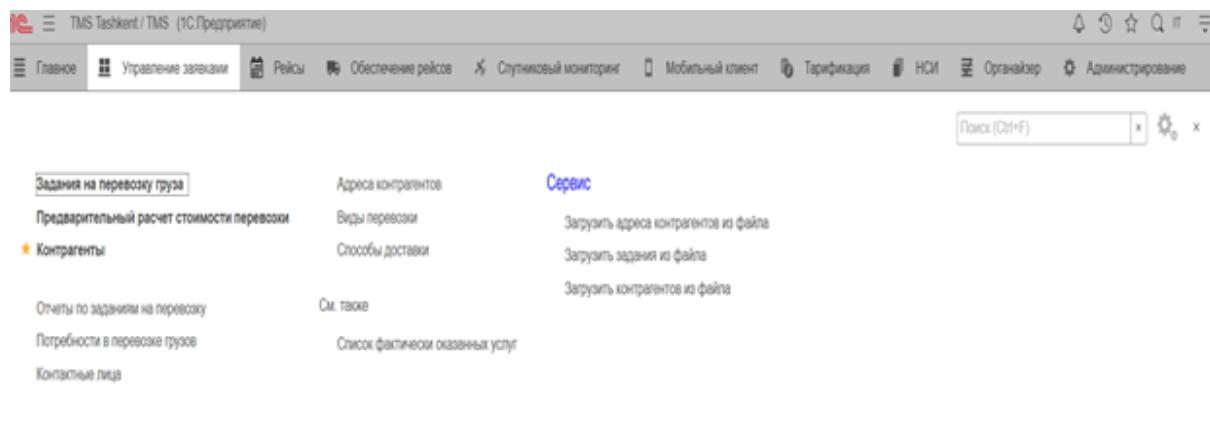


Рис. 3 Окно информационной системы управления транспортировкой ТМС

Основное назначение: ТМС предназначена для управления заказами на перевозку, оптимизации маршрутов и управления логистикой грузовых перевозок, используется для управления и отслеживания маршрута на перевозку груза. Предварительный расчет стоимости перевозки (Preliminary Calculation of Transport Costs): Используется для расчета предполагаемой стоимости перевозки товаров на основе различных факторов. Контрагенты (Counterpartys): Рассел для управления деловыми партнерами, такими как клиенты, перевозчики и поставщики.

Возможности сервиса: Пользователи могут загружать адреса контрагентов, заказы на перевозку и контрагентов из файлов, что упрощает интеграцию существующих данных в систему. Другие разделы: Также доступны отчеты о транспортных задачах, потребностях в грузоперевозках, контактных лицах и списке фактически предоставленных услуг, что может помочь в мониторинге и анализе.

ИС предназначена для компаний, занимающихся логистикой, грузоперевозками или управлением транспортом, предоставляя необходимые инструменты для планирования, мониторинга и оптимизации их деятельности.

This screenshot shows the 'Предварительный расчет стоимости перевозки' (Preliminary calculation of transport costs) window. At the top, it displays the main menu bar and the current page title 'Предварительный расчет стоимости перевозки'. Below this, there are three main sections: 'Основные' (Main), 'Данные перевозки' (Transport data), and 'ВГХ груза' (Cargo characteristics). The 'Основные' section includes fields for 'Группа тарифов' (Tariff group) set to 'Базовый' (Basic), 'Вид ТС' (Type of vehicle) set to 'Автотранспорт' (Road transport), 'Модель ТС' (Model of vehicle), and 'Оценочная стоимость' (Estimated cost) set to '0.00'. The 'Данные перевозки' section includes fields for 'Дата и время отправления' (Departure date and time) and 'Дата и время получения' (Arrival date and time). The 'ВГХ груза' section includes fields for 'Вес' (Weight), 'Объем' (Volume), 'Кол-во мест' (Number of seats), 'Кол-во загр. метров' (Number of checked-in meters), and 'Ш х Д х В' (Width x Depth x Height). Below these sections is a 'Выбранные услуги' (Selected services) panel with buttons for 'Добавить' (Add), 'Подбор' (Selection), 'Очистить' (Clear), 'Заполнить стандартным списком' (Fill with standard list), and a 'Рассчитать' (Calculate) button. A table below lists selected services, including 'Срочная доставка груза' (Emergency delivery of goods). At the bottom, there is a summary section titled 'Стоимость перевозки' (Transport cost) with the value 'Итого: 0.00UZS'.

Рис. 4 Предварительный расчет стоимости перевозки

Программа предназначена для автоматизации процесса расчета стоимости перевозки грузов с учетом различных параметров, таких как вес, объем груза, тип транспортного средства и другие данные, важные для логистических компаний и служб доставки.

Основные разделы:

Группа тарифов: Выбор тарифной группы, например, базовой, для расчета стоимости.

Вид ТС: Определение типа транспортного средства, используемого для перевозки (например, автотранспорт).

Модель ТС: Поле для указания конкретной модели транспортного средства.

Оценочная стоимость: Автоматически рассчитываемая стоимость перевозки на основе введенных данных.

Данные перевозки: В этой секции вводятся основные параметры перевозки:

Дата и время отправления и получения груза. Зона отправления и зона получения.

Расстояние перевозки.

ВГХ груза: Здесь вводятся параметры груза, такие как: Вес, объем, количество мест. Количество загружаемых метров и размеры груза (ширина, длина, высота).

Выбранные услуги: Перечень услуг, которые выбираются для данной перевозки. На изображении представлены следующие услуги: Срочная доставка груза. Транспортно-экспедиторские услуги по перевозке. Расчет итоговой стоимости: После ввода всех параметров и выбора услуг можно рассчитать итоговую стоимость перевозки, которая будет отображена в соответствующей строке.

Данная программа предназначена для облегчения процесса планирования и расчета затрат на перевозку грузов для компаний, занимающихся логистикой и транспортом.

6 Заключение

Результаты исследования транспортного процесса применением эволюционного метода и его оптимизации, используются при технической реализации автоматизированной системы управления транспортными комплексами позволяют получать и изучать различные характеристики технологического процесса для целого класса подобных логистических систем с применением различных транспортов. Методы статистического моделирования позволяют снять все ограничения, искусственно введенные в аналитическую модель, но они имеют такие недостатки, как трудность получения функциональных зависимостей, точность результатов, большее время реализации. Исходя из этого, можно рекомендовать в качестве направления дальнейших исследований функционирования систем транспортной логистики, применение эволюционного метода.

Литература

- [1] R. Koumakarov Conventions in Herbert Simon's theory of bounded rationality. – J. Econ. Psychol., – Vol. 30. – no. 3. – 2009. – P. 293–306.
- [2] V. Palukas and A. Savanevičiene MHarmonization of rational and creative decisions in quality management using AI technologies. – Econ. Bus., Vol. 32. no. 1. – 2018. – P. 195–208.
- [3] J.P. Shim, M. Warkentin, J.F. Courtney, D.J. Power, R. Sharda and C. Carlsson Past, present, and future of decision support technology // Decis. Support Syst., – Vol. 33. – no. 2. – 2002. – P. 111–126.
- [4] E. Cascetta, A. Cartenì, F. Pagliara, and M. Montanino A new look at planning and designing transportation systems: A decision-making model based on cognitive rationality,

- stakeholder engagement and quantitative methods. *Transp. Policy*, – Vol. 38. – 2015. – P. 27–39.
- [5] *D. Salazar, N. Carrasquero and B. Galván* Exploiting comparative studies using criteria: Generating knowledge from an analyst's perspective. in Proc. Int. Conf. Evol. Multi-Criterion Optim. (EMO), – 2005. – P. 221–234.
 - [6] *J. Molina, L. V. Santana, A. G. Hernández-Díaz, C. A. C. Coello, and R. Caballero*, g-dominance: Reference point based dominance for multiobjective metaheuristics. // *Eur. J. Oper. Res.*, – Vol. 197. – no. 2. – 2009. – P. 685–692.
 - [7] *J. Branke* Consideration of partial user preferences in evolutionary multiobjective optimization. in *Multiobjective Optimization* (Lecture Notes in Computer Science), vol. 5252, J. Branke, K. Deb, K. Miettinen, and R. Saowiski, Eds. Berlin, Germany: Springer, – 2008. – P. 157–178.
 - [8] *C.A.C. Coello* Handling preferences in evolutionary multiobjective optimization: A survey. in Proc. Congr. Evol. Comput., Jul. – 2000. – P. 30–37.
 - [9] *L. Rachmawati and D. Srinivasan* Preference incorporation in multiobjective evolutionary algorithms: A survey in Proc. Int. Conf. Evol. Comput., Vancouver, BC, Canada, Jul. – 2006. – P. 962–968.
 - [10] *Y. Qi, X. Li, J. Yu, and Q. Miao* User-preference based decomposition in MOEA/D without using an ideal point *Swarm Evol. Comput.*, Vol. 44. – 2019. – P. 597–611.

Поступила в редакцию 20.11.2024

UDC 519.712

MODELS AND ALGORITHMS FOR DATA PROCESSING IN TRANSPORT LOGISTICS OF AGRICULTURAL REGIONS USING MULTI-CRITERIA EVOLUTIONARY ALGORITHMS

^{1*}*Sulyukova L.F.*, ²*Akhmedjanova Z.I.*

**slf72@yandex.com*

¹“Tashkent institute of irrigation and agricultural mechanization engineers” National Research University,

39, Kori Niyoziy str., Tashkent, 100000 Uzbekistan;

²Samarkand branch of Tashkent University of Information Technologies,
47A, Shokhrukh Mirzo str., Samarkand, 140100 Uzbekistan.

Models and algorithms for data interaction based on a multi-criteria evolutionary algorithm are a promising direction for improving transport logistics in rural areas. Their use allows not only to increase the efficiency of processes, but also to provide higher quality of customer service. In the context of market variability and the need for rapid adaptation to new conditions, such approaches are becoming especially relevant. The future of transport logistics in agriculture depends on the ability to integrate modern technologies and optimization methods, which will allow efficient resource management and cost minimization. Evolutionary algorithms are one of the effective methods for solving problems that are computationally complex, have a large dimension and search space. The optimization process, the main task on the hybrid version of the evolutionary algorithm, for use in freight transportation planning problems. The paper proposes a new approach to solving optimization problems in logistics based on a hybrid genetic algorithm with fuzzy set integration. This method is aimed at improving the quality of

solutions and accelerating the convergence process, especially in complex and uncertain conditions.

Keywords: simulation modeling, logistics optimization, cargo transportation, genetic algorithm, supply chain.

Citation: Sulyukova L.F., Akhmedjanova Z.I. 2024. Models and algorithms for data processing in transport logistics of agricultural regions using multi-criteria evolutionary algorithms. *Problems of Computational and Applied Mathematics*. 6(62): 125-136.

ПРОБЛЕМЫ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ И ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ

№ 6(62) 2024

Журнал основан в 2015 году.

Издается 6 раз в год.

Учредитель:

Научно-исследовательский институт развития цифровых технологий и
искусственного интеллекта.

Главный редактор:

Равшанов Н.

Заместители главного редактора:

Азамов А.А., Арипов М.М., Шадиметов Х.М.

Ответственный секретарь:

Ахмедов Д.Д.

Редакционный совет:

Азамова Н.А., Алоев Р.Д., Амиргалиев Е.Н. (Казахстан), Бурнашев В.Ф.,

Загребина С.А. (Россия), Задорин А.И. (Россия), Игнатьев Н.А.,

Ильин В.П. (Россия), Исмагилов И.И. (Россия), Кабанихин С.И. (Россия),

Карачик В.В. (Россия), Курбонов Н.М., Маматов Н.С., Мирзаев Н.М.,

Мирзаева Г.Р., Мухамадиев А.Ш., Назирова Э.Ш., Нормуродов Ч.Б.,

Нуралиев Ф.М., Опанасенко В.Н. (Украина), Расулмухamedов М.М., Расулов А.С.,

Садуллаева Ш.А., Старовойтов В.В. (Беларусь), Хаётов А.Р., Халджигитов А.,

Хамдамов Р.Х., Хужаев И.К., Хужаев Б.Х., Чье Ен Ун (Россия),

Шабозов М.Ш. (Таджикистан), Dimov I. (Болгария), Li Y. (США),

Mascagni M. (США), Min A. (Германия), Schaumburg H. (Германия),

Singh D. (Южная Корея), Singh M. (Южная Корея).

Журнал зарегистрирован в Агентстве информации и массовых коммуникаций при

Администрации Президента Республики Узбекистан.

Регистрационное свидетельство №0856 от 5 августа 2015 года.

ISSN 2181-8460, eISSN 2181-046X

При перепечатке материалов ссылка на журнал обязательна.

За точность фактов и достоверность информации ответственность несут авторы.

Адрес редакции:

100125, г. Ташкент, м-в. Буз-2, 17А.

Тел.: +(998) 712-319-253, 712-319-249.

Э-почта: journals@airi.uz.

Веб-сайт: <https://journals.airi.uz>.

Дизайн и вёрстка:

Шарипов Х.Д.

Отпечатано в типографии НИИ РЦТИИ.

Подписано в печать 27.12.2024 г.

Формат 60x84 1/8. Заказ №8. Тираж 100 экз.

PROBLEMS OF COMPUTATIONAL AND APPLIED MATHEMATICS

No. 6(62) 2024

The journal was established in 2015.
6 issues are published per year.

Founder:

Digital Technologies and Artificial Intelligence Development Research Institute.

Editor-in-Chief:

Ravshanov N.

Deputy Editors:

Azamov A.A., Aripov M.M., Shadimetov Kh.M.

Executive Secretary:

Akhmedov D.D.

Editorial Council:

Azamova N.A., Aloev R.D., Amirgaliev E.N. (Kazakhstan), Burnashev V.F., Zagrebina S.A. (Russia), Zadorin A.I. (Russia), Ignatiev N.A., Ilyin V.P. (Russia), Ismagilov I.I. (Russia), Kabanikhin S.I. (Russia), Karachik V.V. (Russia), Kurbonov N.M., Mamatov N.S., Mirzaev N.M., Mirzaeva G.R., Mukhamadiev A.Sh., Nazirova E.Sh., Normurodov Ch.B., Nuraliev F.M., Opanasenko V.N. (Ukraine), Rasulov A.S., Sadullaeva Sh.A., Starovoitov V.V. (Belarus), Khayotov A.R., Khaldjigitov A., Khamdamov R.Kh., Khujaev I.K., Khujayorov B.Kh., Chye En Un (Russia), Shabozov M.Sh. (Tajikistan), Dimov I. (Bulgaria), Li Y. (USA), Mascagni M. (USA), Min A. (Germany), Schaumburg H. (Germany), Singh D. (South Korea), Singh M. (South Korea).

The journal is registered by Agency of Information and Mass Communications under the Administration of the President of the Republic of Uzbekistan.

The registration certificate No. 0856 of 5 August 2015.

ISSN 2181-8460, eISSN 2181-046X

At a reprint of materials the reference to the journal is obligatory.

Authors are responsible for the accuracy of the facts and reliability of the information.

Address:

100125, Tashkent, Buz-2, 17A.
Tel.: +(998) 712-319-253, 712-319-249.
E-mail: journals@airi.uz.
Web-site: <https://journals.airi.uz>.

Layout design:

Sharipov Kh.D.

DTAIDRI printing office.

Signed for print 27.12.2024

Format 60x84 1/8. Order No. 8. Printed copies 100.

Содержание

<i>Равшанов Н., Насруллаев П.</i>	
Математическое моделирование процесса переноса и диффузии загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы с учетом рельефа местности	5
<i>Каримов М.М., Каршиев Д.А.</i>	
Моделирование процесса нелинейной фильтрации подземных вод в пористой среде	23
<i>Равшанов Н., Махмудов Р.З.</i>	
Регрессионный анализ состава пыли в атмосферном воздухе города	34
<i>Холмуродов А.Э., Матанов М.Ч.</i>	
Модель сейсмического возбуждения полупространственного распространения волн Рэлея	45
<i>Равшанов Н., Шадманов И.У., Адизова З.М.</i>	
Разработка математической модели для контроля и прогнозирования процессов теплопередачи и потери влаги при хранении пористых тел	57
<i>Палванов Б.Ю., Жафаров С., Исламов Ю.Н.</i>	
Моделирование процесса сепарирования сыпучих смесей центробежным сепаратором с учетом изменения коэффициента сопротивление частиц	73
<i>Убайдуллаев М.Ш.</i>	
Моделирование процесса влажного осаждения радиоактивных примесей в атмосфере с использованием модели DERMA	91
<i>Мурадов Ф.А.</i>	
Усовершенствованная математическая модель процесса распространения газовых смесей и аэрозольных частиц в атмосфере и численный алгоритм решения задачи методом физического расщепления	105
<i>Сулукова Л.Ф., Ахмеджсанова З.И.</i>	
Модели и алгоритмы обработки данных в транспортной логистике сельскохозяйственных регионов с использованием многокритериальных эволюционных алгоритмов	125
<i>Мухамедиева Д.Т., Раупова М.Х.</i>	
Решение сложных задач смешанно-бинарной ограниченной оптимизации . . .	137

Contents

<i>Ravshanov N., Nasrullaev P.</i>	
Mathematical modeling of pollutant transport and diffusion in the near-surface atmospheric layer with consideration of terrain characteristics	5
<i>Karimov M.M., Karshiev D.A.</i>	
Modeling of the nonlinear groundwater filtration process in a porous medium . .	23
<i>Ravshanov N., Mahmudov R.Z.</i>	
Analysis of dust composition in the atmospheric air of the city	34
<i>Kholmurodov A.E., Matanov M.Ch.</i>	
Seismic excitation model of half-space propagation of Rayleigh waves	45
<i>Ravshanov N., Shadmanov I.U., Adizova Z.M.</i>	
Development of a mathematical model for monitoring and forecasting heat transfer processes and moisture loss during storage of porous bodies	57
<i>Palvanov B.Y., Jafarov S.K., Islamov Y.N.</i>	
Modeling the separation process of bulk mixtures by a centrifugal separator taking into account the change in the particle resistance coefficient	73
<i>Ubaydullaev M.Sh.</i>	
Modeling the process of wet deposition of radioactive impurities in the atmosphere using the model DERMA	91
<i>Muradov F.A.</i>	
Advanced mathematical model of propagation of gas mixtures and aerosol particles in the atmosphere and numerical solution algorithm based on physical splitting method	105
<i>Sulyukova L.F., Akhmedjanova Z.I.</i>	
Models and algorithms for data processing in transport logistics of agricultural regions using multi-criteria evolutionary algorithms	125
<i>Mukhamediyeva D.T., Raupova M.H.</i>	
Solving complex mixed-binary constrained optimization problems	137