



**РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ДАННЫХ В ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ ТРАНСПОРТИРОВКИ ГРУЗОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ**

**Сулюкова Лариса Фаритовна**

*Ташкентского института инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства, Ташкент, Узбекистан E-mail: slf72@yandex.com*

**Ахмеджанова Заррина Искандаровна**

*НИИ Развития цифровых технологий и искусственного интеллекта, Ташкент, Узбекистан E-mail: zarrina92@inbox.ru*

**Аннотация:** *В статье рассматриваются проблемы интеграции и обмена данными в информационных системах, используемых для транспортировки сельскохозяйственной продукции. Отсутствие взаимодействия между разрозненными подсистемами такие как управление заказами, перевозками, складом, мониторинг транспорта и др. приводит к неэффективности и задержкам. Предложен подход к созданию единой интегрированной информационной системы для агрологистики, на примере агропромышленного комплекса Самаркандской области (Узбекистан).*

*Архитектура системы включает централизованное управление информационными потоками и общую базу данных, обеспечивая обработку гетерогенных данных о партиях продукции, состоянии транспортных средств и регулятивных ограничениях в режиме реального времени. Для оптимизации маршрутов и расписаний перевозок в систему встроен модифицированный алгоритм на основе муравьиной колонии с учетом ограничений по вместимости, времени доставки "точно в срок" и динамически изменяющихся условий.*

*Приводятся результаты теоретико-прикладного анализа эффективности интеграции эволюционных алгоритмов.*

**Ключевые слова:** *интеграция данных, информационная система, эволюционный алгоритм, муравьиный алгоритм.*

В современных условиях агропромышленные предприятия и логистические компании оперируют большим объемом данных, связанных с перевозкой сельскохозяйственной продукции. Эффективная транспортная логистика имеет критическое значение: расходы на транспортировку могут составлять 25–35% стоимости продукции [1]. Для повышения конкурентоспособности необходимо оптимизировать процессы доставки и использовать современные информационные системы управления перевозками [2].



## "INNOVATIVE ACHIEVEMENTS IN SCIENCE 2025"

Однако на практике часто сталкиваются с проблемой фрагментированных информационных систем и отсутствия интеграции между ними. Различные участники цепочки поставок могут использовать разные программные продукты или базы данных, которые не обмениваются данными автоматически. В результате данные о партиях продукции, состоянии транспортных средств, погодных и дорожных условиях, а также регулятивных требованиях оказываются разрозненными. Это приводит к задержкам, ручному дублированию ввода информации, ошибкам и снижению эффективности работы логистической системы [3].

Например, в агропромышленном комплексе Самаркандской области несколько фермерских хозяйств и перерабатывающих центров самостоятельно планируют отправку свежей продукции, а транспортные компании – планирование рейсов. Без единой интеграции информация о готовности грузов, доступности транспортных средств, дорожной обстановке и требованиях (например, допустимых нагрузках на дороги, необходимых разрешениях на перевозку) не стекается воедино. Планировщики могут не получать в реальном времени данные о том, что определённая партия овощей готова к отгрузке или что на маршруте возникло ограничение движения. Отсутствие сквозной интегрированной информационной системы затрудняет принятие оптимальных решений в оперативном режиме [4].

Целью данного исследования является провести анализ проблем взаимодействия данных в информационных системах транспортной логистики сельскохозяйственной продукции и предложить решение на основе интеграции гетерогенных потоков данных и использования эволюционных алгоритмов для оптимизации перевозок. В качестве примера рассматривается агрологистическая система Самаркандской области, что позволяет учесть региональные особенности. Предлагаемая архитектура информационной системы призвана обеспечивать обмен данными между всеми участниками процесса в режиме реального времени, а алгоритмическое обеспечение – находить оптимальные или близкие к оптимальным маршруты с учётом множества ограничений и динамически меняющейся обстановки [2,5].

Основная проблема существующих решений это отсутствие интеграции между разнородными подсистемами. Это выражается в нескольких аспектах т.е. данные о грузах, транспортных средствах, заказах и пр. хранятся в изолированных базах данных разных отделов или организаций. Отсутствие обмена ведёт к дублированию информации и затрудняет получение целостной картины.

Различные программные системы, такие как, учет на складе, система управления транспортом (TMS), ERP предприятия, навигационные сервисы могут

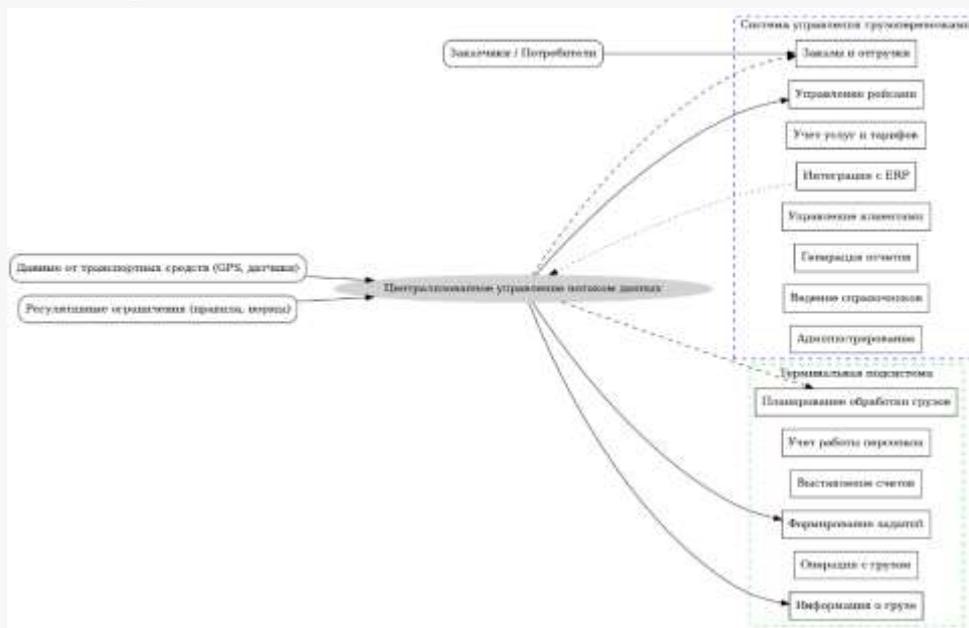


## "INNOVATIVE ACHIEVEMENTS IN SCIENCE 2025"

использовать разные форматы данных и протоколы. При фрагментированной ИТ-инфраструктуре сложно обеспечить консистентность данных. Одни и те же показатели количество отгруженной продукции, местонахождение машины, ожидаемое время прибытия могут различаться в разных системах из-за несинхронизированности, что подрывает доверие к информации и затрудняет принятие решений [3,6].

Для оптимизации логистики требуется учесть сразу множество факторов – от характеристик груза до нормативных ограничений. Если данные разрозненны, невозможно применить алгоритмы оптимизации ко всей задаче целиком. Частично связанные системы затрудняют анализ и принятие решений в режиме реального времени [7].

Ниже предлагается архитектура интегрированной системы, решающей указанные проблемы.



**Рис. 1. Архитектура информационной системы для управления перевозками сельхозпродукции.**

На рис. 1 показана концептуальная схема, которая состоит из двух основных подсистем: управления грузоперевозками и терминальной (складской) подсистемы, объединённых центральным узлом обмена данными.

Терминальная подсистема предназначена для управления процессами на перевалочном пункте склада и терминала. В её состав входят: модуль планирования обработки грузов на терминале, учет рабочего времени и эффективности персонала склада, автоматическое формирование счетов и отгрузочных документов, формирование оперативных заданий на основе планов, отслеживание состояния грузов (например, регистрация прибытия партии,



## "INNOVATIVE ACHIEVEMENTS IN SCIENCE 2025"

контроль температурных условий хранения) и предоставление актуальной информации о грузе.

Центральное звено архитектуры – это модуль централизованного управления потоками данных. Он отвечает за сбор, хранение и распространение данных между всеми компонентами системы.

Задача транспортного планирования заключающаяся в построении построения оптимального плана маршрутов транспортных средств для доставки партий грузов принадлежит к классу NP-трудных комбинаторных задач [8]. На практике логистические задачи осложняются множеством ограничений и динамическими изменениями: веса ребер графа (времени пути) не фиксированы, а могут меняться из-за пробок, погодных условий и сезонных факторов [9].

Помимо изменчивости параметров, трудности вызывают и сложные ограничения. Использование простых жадных алгоритмов или строго детерминированных методов часто требует упрощения постановки задачи, чтобы они сходу давали приемлемое решение. Однако чрезмерное упрощение приводит к решениям, далеким от оптимальных в реальности.

Поэтому в транспортной логистике широкое распространение получили методы эволюционной оптимизации и другие метаэвристические подходы. Они способны находить приближенные оптимальные решения за разумное время, даже для больших и сложных задач. Одним из перспективных направлений являются гибридные методы, основанные на алгоритмах муравьиной колонии (Ant Colony Optimization, ACO). Муравьиные алгоритмы, как и классические генетические алгоритмы (ГА), относятся методам оптимизации и зарекомендовали себя на задачах комбинаторики [10,11].

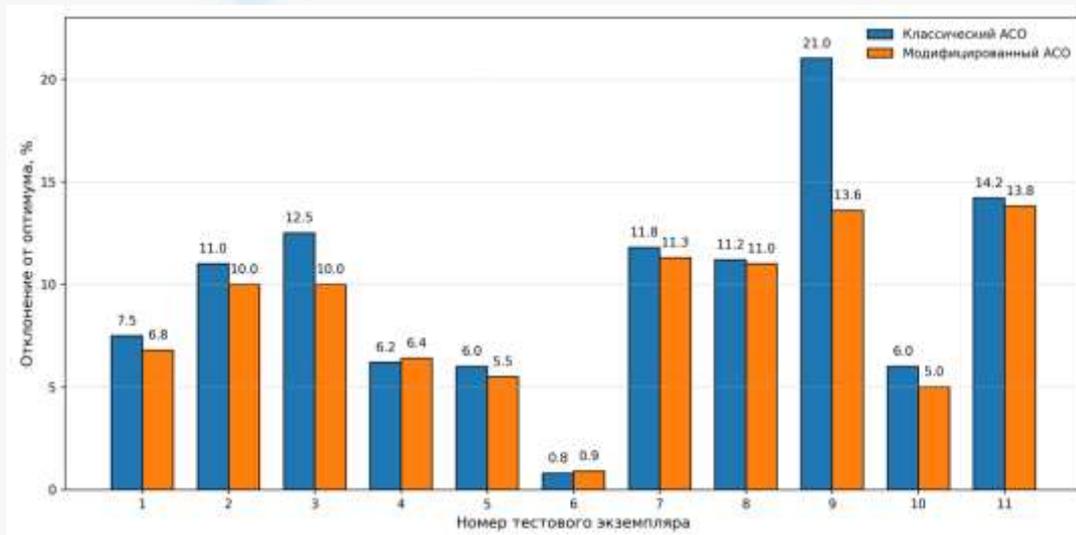
Эволюционные алгоритмы выгодно отличаются от жадных стратегий тем, что способны автоматически приспосабливаться к конкретному примеру задачи путем итеративного улучшения решения. В ACO это достигается за счет механизма феромонных меток. Генетические алгоритмы используют популяцию решений, которая эволюционирует под воздействием "мутаций" и "скрещиваний" – таким образом осуществляется глобальный поиск, менее склонный застревать в локальных оптимумах.

В предлагаемой нами системе для оптимизации маршрутов выбрана модификация алгоритма муравьиной колонии, адаптированная к специфике транспортной задачи. Разработан алгоритм решения задачи маршрутизации транспорта с ограничениями по вместимости на основе модификации классического ACO. Новый алгоритм при той же порядковой сложности обеспечивает улучшение качества решений, что подтверждено вычислительными экспериментами [13].



## "INNOVATIVE ACHIEVEMENTS IN SCIENCE 2025"

На рис. 2 приведено сравнение эффективности классического и модифицированного алгоритмов АСО на наборе тестовых примеров. Из рисунка следует, что для большинства случаев модифицированный алгоритм обеспечивает меньшее отклонение, т.е. более близок к оптимальному решению, чем классический.



**Рис. 2. Сравнение относительного отклонения от оптимума (%) для классического алгоритма муравьиной колонии (Classic ACO) и его модификации (Modified ACO) на различных тестовых задачах.**

Модифицированный алгоритм демонстрирует более высокую точность решений практически во всех случаях. На более сложных задачах у классического алгоритма качество резко ухудшается (до 20% отклонения), тогда как модифицированный держит отклонение на уровне 13–14%.

Предложенная модификация превосходит классический алгоритм АСО по эффективности решений. Причём, с ростом размерности задачи разрыв в пользу модифицированного алгоритма увеличивается. Модификация алгоритма позволяет ему лучше масштабироваться на большие задачи: если классический метод теряет эффективность (растёт отклонение) при увеличении числа точек доставки или автомобилей, то модернизированный алгоритм сохраняет высокое качество решения. Для логистической системы это означает возможность планировать более крупные и сложные маршруты (с десятками адресов и множеством машин) без драматического падения качества планирования.

Исследования проводились на предприятиях Самаркандской области где сельскохозяйственные предприятия, выращивающие фрукты и овощи, и перерабатывающие заводы по консервированию и сушке фруктов, ориентированные как на внутренний рынок, так и на экспорт [14]. Логистическая сеть включает десятки фермерских хозяйств в районах области, несколько оптово-распределительных центров и складов, а также транспортные компании,



## "INNOVATIVE ACHIEVEMENTS IN SCIENCE 2025"

осуществляющие вывоз продукции к местам переработки и далее – к потребителям [2] ссылка.

Эффект интеграции и оптимизации проявляется в ключевых показателях логистики. В пилотном режиме в Самаркандской области можно ожидать следующих улучшений (условные оценки на основе типичных показателей до/после цифровизации) [13]:

Сокращение времени доставки: среднее время в пути от фермы до переработчика сократилось, скажем, с 2 часов до 1,5 часов, за счет выбора оптимальных маршрутов и исключения лишних простоев [12]. (сократилось на 12%)

Повышение полноты загрузки транспорта: за счет лучшего планирования система может консолидировать грузы от близко расположенных хозяйств. Коэффициент использования грузоподъемности машин повысился, например, с 7% до 8%, что снижает расходы на перевозку в расчете на тонну продукции [10].

Снижение потерь продукции: благодаря контролю температурного режима (датчики в рефрижераторах передают данные, и в случае отклонений водителю и диспетчеру поступает сигнал), а также сокращению времени доставки, доля испорченной продукции снизилась на 5%.

Прозрачность и прослеживаемость: теперь каждый участник видит статус поставки. Фермер может узнать, где находится машина и когда прибудет, переработчик – вовремя ли приедет сырье. Это улучшает координацию: получатели заранее готовятся к разгрузке, ускоряя оборот транспорта [12,7].

Снижение административной нагрузки: интеграция устранила необходимость многократного ввода одних и тех же данных. Электронные накладные автоматически заполняются на основе данных системы, сотрудники меньше времени тратят на телефонные звонки и свод таблиц [13,8].

Таким образом, интегрированная информационная система с эволюционным алгоритмом оптимизации позволило наладить взаимодействие между всеми звеньями логистической цепи и существенно повысить эффективность перевозок.

В результате выявлено, что подход к решению проблемы взаимодействия данных в информационных системах транспортировки сельскохозяйственной продукции приводит к потерям времени, ресурсов и качества продукции. Предложенная интегрированная информационная система устраняет информационные разрывы, объединяя в едином пространстве данные о грузах, транспорте, складах и ограничениях. На базе этой системы реализована интеллектуальная подсистема оптимизации, использующая эволюционный алгоритм для планирования маршрутов и расписаний. Интеграция данных и



## "INNOVATIVE ACHIEVEMENTS IN SCIENCE 2025"

эволюционные алгоритмы дают необходимый инструментарий для решения задач транспортной логистики, обеспечивая надёжное, гибкое и эффективное управление транспортировкой грузов в сельском хозяйстве.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Christopher M. Logistics and Supply Chain Management. — 5th ed. — Harlow: Pearson, 2016. — 328 p.
2. Planning Models for Freight Transportation / T. G. Crainic, G. Laporte // *European Journal of Operational Research*. — 1997. — Vol. 97, No. 3. — P. 409–438.
3. Challenges of Big Data in SCM / F. Kache, S. Seuring // *International Journal of Operations & Production Management*. — 2017. — Vol. 37, No. 1. — P. 10–36.
4. Ben-Daya M., Hassini E., Bahroun Z. Internet of Things and supply chain management // *International Journal of Production Research*. — 2019. — Vol. 57, No. 15–16. — P. 4719–4742.
5. The Vehicle Routing Problem / P. Toth, D. Vigo. — Philadelphia: SIAM, 2002. — 367 p.
6. Davenport T. H., Harris J. G. *Competing on Analytics*. — Boston: Harvard Business School Press, 2007. — 218 p.
7. The Vehicle Routing Problem: An Overview / G. Laporte // *European Journal of Operational Research*. — 1992. — Vol. 59, No. 3. — P. 345–358.
8. *Computers and Intractability* / M. R. Garey, D. S. Johnson. — San Francisco: Freeman, 1979. — 338 p.
9. Algorithms for VRPTW / M. M. Solomon // *Operations Research*. — 1987. — Vol. 35, No. 2. — P. 254–265.
10. *Ant Colony Optimization* / M. Dorigo, T. Stützle. — Cambridge: MIT Press, 2004. — 305 p.
11. Dorigo M., Gambardella L. M. Ant colonies for the travelling salesman problem // *BioSystems*. — 1997. — Vol. 43, No. 2. — P. 73–81.
12. *Metaheuristics* / E.-G. Talbi. — Hoboken: Wiley, 2009. — 624 p.
13. L. F. Sulyukova, Z. I. Akhmedjanova / Improvement of information system of cargo transportation routing management // *E3S Web of Conferences* 401, 05011 (2023) // *V International Scientific Conference "Construction Mechanics, Hydraulics and Water Resources Engineering" CONMECHYDRO – 2023* // <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202340105011>.
14. <http://agromir.uz/ru/>