

Белов Антон Алексеевич

студент

Научный руководитель

Сергеев Александр Эдуардович

канд. физ.-мат. наук, доцент

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный

университет им. И.Т. Трубилина»

г. Краснодар, Краснодарский край

ДИСКРЕТНЫЕ МОДЕЛИ И ОПТИМИЗАЦИЯ ЛОГИСТИКИ «ПОСЛЕДНЕЙ МИЛИ» В МАЛЫХ ГОРОДАХ И СЕЛЬСКОЙ МЕСТНОСТИ: ПОВЫШЕНИЕ ДОСТУПНОСТИ ТОВАРОВ И УСЛУГ

***Аннотация:** статья посвящена вопросу повышения доступности образования в сельской местности за счёт оптимизации логистики «последней мили». Рассматриваются основные дискретные модели – маршрутизация, размещение объектов и управление потоками, применяемые для организации доставки учебного оборудования, цифровых лабораторий, библиотечных фондов и сервисного обслуживания школ. Показано, что использование алгоритмов коммивояжера, модели максимального охвата и сетевых потоков позволяет существенно сократить временные задержки и финансовые затраты, одновременно укрепляя устойчивость образовательных процессов. Особое внимание уделено влиянию логистики на сокращение территориального неравенства, повышению цифровой грамотности и развитию инфраструктуры сельских образовательных учреждений. Приведены примеры региональных пилотных проектов и меры государственной поддержки, подтверждающие значимость интеграции логистических решений в образовательную систему.*

***Ключевые слова:** логистика последней мили, сельские школы, дискретные модели, маршрутизация, задача коммивояжера, размещение объектов, максимальный охват, сетевые потоки, цифровое образование, инфраструктура образования, мобильные лаборатории, образовательное неравенство.*

Развитие цифрового образования в России напрямую зависит от качества инфраструктуры, обеспечивающей доступ к учебным материалам, технике, книжным фондам, лабораторным комплектам и современным образовательным сервисам. Наиболее уязвимой частью этой инфраструктуры оказывается логистика «последней мили» [1], то есть доставка ресурсов непосредственно в школы, библиотеки, центры цифрового обучения и дома учащихся. Если в крупных городах эти процессы поддерживаются устойчивой сетью транспортных маршрутов и логистических узлов, то сельская местность сталкивается с низкой плотностью населения, сезонной недоступностью дорог и ограниченной пропускной способностью транспортной сети [2].

Цифровая трансформация образования предполагает использование электронных учебников, мультимедийных платформ, наборов для робототехники, лабораторных комплектов и мобильных STEM-центров. Регулярность и скорость их доставки формируют качество образовательного процесса. Нарушения графика поставок способны сдвинуть учебный план, что подтверждается исследованиями Института развития образования, где средние задержки в сельских школах достигают от трёх до четырнадцати дней [3; 4]. В подобных условиях дискретные модели оптимизации становятся не только способом экономии ресурсов, но и механизмом обеспечения равного доступа учащихся к современному оборудованию.

Одним из ключевых инструментов выступает задача коммивояжёра, применяемая для построения маршрутов передвижных библиотек, мобильных лабораторий, автоклубов и сервисных машин техподдержки [4: 13]. В образовательной логистике к экономическим целям добавляется социальный аспект: регулярность посещения школ, соблюдение учебного расписания, возможность равного доступа для всех групп учащихся. Оптимизированные маршруты позволяют уменьшить время на доставку оборудования и стабилизировать поставки. В практических пилотах Приволжского федерального округа алгоритмическая маршрутизация снизила среднее время доставки образовательных комплектов в сельские школы на тридцать процентов [5; 6].

Не менее важным направлением является решение задач размещения логистических узлов, включая складские площадки, точки хранения учебных комплектов и сервисные зоны. Особенно востребованной остаётся модель максимального охвата, обеспечивающая равномерный доступ образовательных учреждений в пределах фиксированного времени [4; 7; ,9]. Исследования в сфере региональной логистики показывают, что оптимизация размещения пунктов хранения способна увеличить доступ к лабораторным и робототехническим ресурсам в сельских школах на 25–50% [1; 5].

Третья группа моделей – это сетевые потоки. Они помогают распределять учебные ресурсы между районами, учитывать сезонную нагрузку (например, начало учебного года или подготовку к олимпиадам), а также автоматизировать перемещение оборудования между школами [8]. Подобные подходы активно тестируются образовательными центрами в Центральном федеральном округе и позволяют снизить совокупные расходы на логистику примерно на двадцать процентов.

Комплексный подход, объединяющий маршрутизацию, размещение и управление потоками, формирует интеллектуальную систему образовательной логистики. Пилотные проекты мобильных технопарков и цифровых лабораторий, реализованные в ряде регионов, демонстрируют, что заранее рассчитанные маршруты позволяют шире вовлекать сельских школьников в инженерное образование [7; 9]. На практике это снижает территориальный разрыв и приближает качество образовательных условий к городскому уровню.

Однако логистические решения не должны существовать отдельно от социальных процессов. В сельских территориях сохраняются проблемы цифровой грамотности, нехватки педагогических кадров и слабой инфраструктуры связи [10]. Поэтому логистика должна сочетаться с методической поддержкой школ, выездными образовательными мероприятиями, консультационными центрами и программами повышения квалификации. Совместное продвижение логистики и образования создаёт устойчивый эффект: школам доставляются не только технологии, но и знания по их применению.

Использование детерминированных моделей остаётся особенно ценным благодаря их прозрачности и объяснимости. Местные администрации, управленцы и школьные руководители могут легко интерпретировать результаты, что повышает доверие к системе. Простота вычислений позволяет внедрять алгоритмы даже при ограниченной цифровой инфраструктуре, что важно для удалённых регионов [11; 12].

Государственная поддержка здесь играет стратегическую роль. Субсидии на транспорт, программы обновления сельских школ, создание региональных распределительных центров и внедрение стандартов доступности учебных ресурсов прямо влияют на развитие образовательной логистики [9; 10]. Международный опыт (Индия, Бразилия, Кения) показывает, что инвестиции в логистику образовательных ресурсов приводят к значительному росту образовательной вовлечённости в сельских районах [4; 8; 13].

В итоге логистика «последней мили» превращается в ключевой механизм обеспечения образовательного равенства. Дискретные модели оптимизации это маршрутизация, размещение объектов, сетевые потоки в свою очередь формируют устойчивую и справедливую инфраструктуру, поддерживающую учебный процесс в малых населённых пунктах. Это повышает качество человеческого капитала, снижает территориальное неравенство и создаёт условия для долгосрочного развития образования.

Список литературы

1. Бауэрсокс Д.Дж. Логистика. Интегрированная цепь поставок / Д.Дж. Бауэрсокс, Д.Л. Клосс. – М.: Вильямс, 2020.
2. Глазьев С.Ю. Пространственное развитие России: проблемы инфраструктуры. – М.: Наука, 2021.
3. Институт развития образования. Аналитический доклад о доступности образовательных ресурсов в сельских школах РФ. – М., 2023.
4. Кормен Т. Алгоритмы. Построение и анализ / Т. Кормен, Ч. Лейзерсон, Р. Ривест. – М.: Вильямс, 2022.

5. Министерство просвещения РФ. Отчёт о внедрении мобильных STEM-лабораторий в сельских школах ПФО. – М., 2023.
6. Акер Д. Стратегическое рыночное управление / Д. Акер. – СПб.: Питер, 2020.
7. Феофанов А.А. Логистика и управление цепями поставок в регионах / А.А. Феофанов. – Казань: КФУ, 2022.
8. Хилльер Ф. Введение в исследование операций / Ф. Хилльер, Г. Либерман. – М.: Вильямс, 2019.
9. Национальный центр цифровой трансформации образования. Мобильные технопарки: пилотные решения. – М., 2023.
10. РАНХиГС. Цифровое неравенство и доступность образования в сельских территориях. – М., 2024.
11. Иванов В.П. Математическое моделирование логистики в социальной сфере / В.П. Иванов, А.В. Погодин. – Самара: СГЭУ, 2021.
12. Минцифры РФ. Доклад о цифровой инфраструктуре в сельских поселениях. – М., 2024.
13. UNESCO. Rural Education and Logistics Infrastructure. Paris: UNESCO Publishing, 2023.