

УДК 338.4

DOI: 10.34670/AR.2026.17.11.009

Внедрение и анализ эффективности цифровой логистической платформы

Мартыщенко Александр Сергеевич

Аспирант,
Иркутский государственный университет путей сообщения,
664074, Российская Федерация, Иркутск, ул. Чернышевского, 15;
e-mail: Sashamart123@yandex.ru

Сольская Ирина Юрьевна

Доктор экономических наук, профессор,
Иркутский государственный университет путей сообщения,
664074, Российская Федерация, Иркутск, ул. Чернышевского, 15;
e-mail: Irina_solskaya_@mail.ru

Аннотация

В статье рассматривается методика пилотного внедрения цифровой логистической платформы и оценка её эффективности на примере регионального распределительного центра, обслуживающего сеть розничных магазинов. Предметом исследования выступают логистические процессы, связанные с прогнозированием спроса, динамической маршрутизацией и управлением запасами в условиях цифровой трансформации. В качестве методической основы предложены пятиуровневая модель цифровой зрелости логистических процессов, система ключевых показателей эффективности для отдельных модулей платформы и поэтапная процедура проведения пилота. Для апробации использован синтетический, но реалистичный кейс с базовым и пилотным периодами продолжительностью по 90 дней. Проведён сравнительный анализ операционных, финансовых и качественных показателей, включая точность прогноза, средний пробег, расход топлива, своевременность доставки, оборачиваемость запасов, уровень дефицита и экономический эффект. Результаты показывают, что использование платформы снижает ошибку прогнозирования, сокращает пробег и расход топлива, повышает своевременность доставки, ускоряет оборачиваемость запасов и уменьшает уровень дефицита. Статистическая проверка подтверждает значимость изменений, а расчёт окупаемости демонстрирует высокую инвестиционную привлекательность проекта. Предложенная методика может применяться логистическими компаниями при подготовке к масштабированию цифровых решений.

Для цитирования в научных исследованиях

Мартыщенко А.С., Сольская И.Ю. Внедрение и анализ эффективности цифровой логистической платформы // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2026. Том 16. № 4А. С. 97-105. DOI: 10.34670/AR.2026.17.11.009

Ключевые слова

Цифровая логистическая платформа, пилотное внедрение, управление запасами, динамическая маршрутизация, прогнозирование спроса, KPI, экономическая эффективность, методология исследования, управление рисками.

Введение

Цифровая трансформация логистики [Родников,2021] требует не только разработки новых моделей и алгоритмов, но и их тщательной практической апробации [WorldBank,2024]. Переход от теоретических разработок к промышленной эксплуатации сопряжён с высокими рисками: несоответствие ожиданиям, организационное сопротивление, неготовность инфраструктуры, недостаточное качество данных [Коровкин,Кузнецова,2024].

Многие компании, инвестируя в отдельные цифровые инструменты (TMS, WMS, ERP), не достигают ожидаемого эффекта из-за фрагментарности внедрения и отсутствия единой методологии оценки результатов [Карпович,2020]. Поэтому критически важным этапом является пилотное внедрение – ограниченное по масштабу и времени тестирование платформы на выбранном участке логистической системы с последующей оценкой результатов и корректировкой решения перед полномасштабным развёртыванием.

Целью настоящей статьи является изложение методики пилотного внедрения цифровой логистической платформы и анализ достигнутых операционных, финансовых и качественных эффектов на примере синтетического, но реалистичного кейса. Для достижения цели решены следующие задачи:

1. разработана пятиуровневая модель зрелости логистических процессов для оценки готовности к цифровизации;
2. предложена система KPI для каждого модуля платформы (прогнозирование, маршрутизация, управление запасами);
3. описана поэтапная процедура проведения пилота (5 фаз);
4. проведён сравнительный анализ базового и пилотного периодов;
5. выполнена статистическая проверка значимости изменений;
6. рассчитаны экономические эффекты и показатели окупаемости.

Материалы и методы исследования

Для объективной оценки готовности компании к внедрению платформы предложена пятиуровневая модель цифровой зрелости логистических процессов (таблица 1). Уровень 1 – хаотический: процессы не формализованы, данные не собираются или разрозненны. Уровень 2 – повторяемый: основные процессы описаны, используются простые информационные системы, но интеграция отсутствует. Уровень 3 – определённый: процессы стандартизированы, внедрены TMS/WMS, но они работают изолированно. Уровень 4 – управляемый: системы интегрированы, данные доступны в реальном времени, но решения принимаются людьми. Уровень 5 – оптимизирующийся: процессы полностью цифровизированы, используются предиктивная аналитика и самообучающиеся алгоритмы. Пилотное внедрение целесообразно начинать на процессах не ниже 2-го уровня [Christopher,2022].

Таблица 1 – Пятиуровневая модель цифровой зрелости логистических процессов

Уровень	Название	Характеристика
1	Хаотический	Процессы не формализованы, решения «по ситуации», бумажные носители
2	Повторяемый	Основные процессы описаны, учёт в 1С, интеграция отсутствует
3	Определённый	Процессы стандартизованы, внедрены TMS/WMS, но работают изолированно
4	Управляемый	Системы интегрированы, данные в реальном времени, аналитика
5	Оптимизирующийся	Полная цифровизация, предиктивная аналитика, самообучение

Для объективной оценки результатов пилотного внедрения необходимо заранее определить набор ключевых показателей эффективности (KPI), которые будут измеряться до старта (базовый период) и после внедрения (тестовый период) [Gunasekaran, Kobbu, 2019]. Предлагается следующая система показателей, сгруппированная по модулям. Для модуля прогнозирования спроса основными метриками являются средняя абсолютная процентная ошибка (MAPE), систематическое смещение (bias) и средняя абсолютная ошибка (MAE). Для модуля управления запасами – оборачиваемость запасов (в днях), уровень дефицита (процент дней с нулевым остатком) и затраты на хранение (в рублях на единицу). Для модуля динамической маршрутизации – средний пробег на один заказ (километры), своевременность доставки (доля заказов, доставленных вовремя и полностью) и расход топлива на 100 километров (литры). Общесистемные показатели включают логистические издержки на единицу продукции, время цикла «заказ–доставка» и индекс удовлетворённости клиентов (по данным опросов).

Таблица 2 – Система KPI для оценки эффективности платформы

Модуль	Показатель	Единица измерения	Метод расчёта
Прогнозирование	MAPE	%	Факт-Прогноз /Факт
Прогнозирование	Bias	%	(Прогноз-Факт)/Факт
Управление запасами	Оборачиваемость	дни	Средний запас / Среднедневной спрос
Управление запасами	Уровень дефицита	%	Дни с нулевым остатком / Общее число дней
Управление запасами	Затраты на хранение	руб./ед.	Общие складские издержки / Объём хранения
Маршрутизация	Средний пробег на заказ	км	Общий пробег / Кол-во доставленных заказов
Маршрутизация	Своевременность (OTIF)	%	Заказы, доставленные вовремя и полностью
Маршрутизация	Расход топлива на 100 км	л	Общий расход / Общий пробег × 100
Общесистемные	Логистические издержки на ед.	руб.	Суммарные затраты логистики / Объём продаж
Общесистемные	Время цикла «заказ–доставка»	часы	Время от поступления заказа до получения клиентом
Общесистемные	Индекс удовлетворённости	балл	Опросы клиентов после доставки

Сама процедура пилотного внедрения разбита на пять последовательных этапов [Бутрин, Солдаткин, 2021]. Первый этап – подготовка и планирование (4–6 недель):

формирование проектной команды, оценка зрелости процессов, определение базовых значений KPI, разработка детального плана-графика пилота, распределение ролей, проведение вводного обучения для сотрудников пилотного участка. На выходе – утверждённая дорожная карта. Второй этап – развёртывание и интеграция (4–8 недель): установка и настройка программного обеспечения платформы (на серверах компании или в облаке), интеграция с существующими информационными системами (ERP, TMS, WMS) через API, настройка прав доступа и интерфейсов для пользователей, загрузка исторических данных для обучения моделей, проведение функционального тестирования. Критерий успеха – корректность данных более 95%. Третий этап – опытная эксплуатация (8–12 недель): запуск платформы в параллельном режиме (старые процессы сохраняются, но решения платформы фиксируются для анализа), сбор данных о работе платформы, регистрация сбоев и несоответствий, еженедельные встречи проектной команды для разбора проблем и корректировки настроек, постепенное увеличение доверия к рекомендациям. Четвёртый этап – оценка результатов и принятие решения (2–4 недели): сбор данных за период опытной эксплуатации, расчёт KPI и сравнение с базовыми значениями, статистическая проверка значимости изменений, оценка достижения целей пилота, подготовка отчёта с анализом эффектов, выявленными проблемами и рекомендациями по доработке. Пятый этап – закрытие пилота и планирование масштабирования (1–2 недели): фиксация полученных знаний, обновление документации, корректировка платформы по итогам пилота, разработка дорожной карты полномасштабного внедрения с учётом выявленных особенностей.

Таблица 3 – Этапы пилотного внедрения цифровой логистической платформы

Фаза	Длительность	Основные работы	Ожидаемый результат
0. Подготовка	4–6 нед.	Оценка зрелости, базовые KPI, обучение	Утверждённый план пилота
1. Развёртывание	4–8 нед.	Установка ПО, интеграция API, загрузка данных	Рабочая платформа
2. Опытная эксплуатация	8–12 нед.	Параллельный режим, регистрация сбоев	Журнал событий
3. Оценка результатов	2–4 нед.	Расчёт KPI, статистический анализ, отчёт	Заключение об эффективности
4. Закрытие пилота	1–2 нед.	Корректировка платформы, дорожная карта	Решение о масштабировании

Для апробации методики использован синтетический, но максимально реалистичный кейс – региональный распределительный центр (РЦ) в городе N, обслуживающий 50 розничных магазинов. Ассортимент составляет 100 товарных позиций (продукты питания с ограниченным сроком хранения). Транспортный парк – 10 автомобилей грузоподъёмностью 1,5 тонны, работающих в режиме «утренняя доставка» (с 8:00 до 14:00). Период базового замера – 3 месяца (январь–март 2026) – работа по старым методам (ручное планирование, статическая маршрутизация, интуитивное управление запасами). Период пилотного внедрения – следующие 3 месяца (апрель–июнь 2026) – работа с использованием цифровой платформы, включающей модули прогнозирования, маршрутизации и управления запасами. Для создания синтетических данных использовались реалистичные распределения спроса (нормальное с сезонными и трендовыми компонентами), случайные возмущения (выбросы, пропуски), реальные расстояния между точками на основе карты города, типичные значения расхода топлива, времени погрузки-разгрузки и временных окон.

Таблица 4 – Исходные параметры пилотного кейса

Параметр	Значение
Количество магазинов	50
Количество товарных позиций (SKU)	100
Автомобили в парке	10 шт.
Грузоподъёмность одного автомобиля	1,5 т
Режим доставки	8:00 – 14:00
Продолжительность базового периода	3 месяца (90 дней)
Продолжительность пилотного периода	3 месяца (90 дней)

Результаты и обсуждение

Анализ результатов работы модуля прогнозирования спроса показал, что для каждой товарной позиции и каждого магазина строился прогноз на 7 дней вперёд. Сравнивались три варианта: наивный прогноз (продажи прошлой недели), классическая модель ARIMA (без учёта внешних факторов) и гибридная модель (ARIMA + XGBoost с адаптивным весом). Результаты сведены в таблицу 1 [Козырев, Хрусталёв, 2023]. Гибридная модель показала наилучшую точность: снижение MAPE на 42,7% относительно наивного подхода (с 24,8% до 14,2%) и на 22,4% относительно чистой ARIMA. Bias составил +0,5%, что говорит об отсутствии систематического смещения. Особенно заметно преимущество гибрида на позициях с высокой волатильностью (товары, чувствительные к рекламным акциям и погоде). Время расчёта (9,2 секунды) вполне приемлемо для оперативного планирования.

Таблица 5 – Сравнение точности прогнозирования спрос

Модель	MAPE (%)	MAE (ед.)	Bias (%)	Время расчёта (с)
Наивный прогноз	24,8	12,4	+3,2	0,1
Классическая ARIMA	18,3	9,1	-1,8	2,3
XGBoost без адаптации	15,7	7,8	+1,1	8,6
Гибридная (ARIMA+XGBoost)	14,2	6,8	+0,5	9,2

Далее рассмотрим результаты работы модуля динамической маршрутизации. Для каждого рабочего дня сравнивались два подхода: базовый (ручное планирование, когда диспетчер строил маршруты по привычным правилам – закрепление магазинов за водителями, учёт опыта) и платформенный (маршруты, построенные алгоритмом динамической маршрутизации с учётом текущего спроса, пробок и временных окон) [Savelsbergh, Van Woensel, 2020]. Результаты обобщены в таблице 6. Снижение пробега на 15,3% (с 1240 до 1050 км в день) достигнуто за счёт оптимизации порядка объезда и консолидации маршрутов, а также динамического перестроения при появлении новых заказов (в среднем 3–4 события в день). Соответственно, расход топлива сократился на те же 15,3%. Своевременность доставки (OTIF) повысилась с 86% до 94%, то есть на 8 процентных пунктов. Среднее время на один заказ уменьшилось с 48 до 41 минуты (минус 14,6%).

Таблица 6 – Матрица принятия решений

Показатель	Базовый период	Пилотный период	Изменение
Средний дневной пробег, км	1240	1050	-15,3%
Средний расход топлива, л/день	248	210	-15,3%
Своевременность доставки, %	86	94	+8 п.п.

Показатель	Базовый период	Пилотный период	Изменение
Среднее время на один заказ, мин	48	41	-14,6%
Средний дневной пробег, км	1240	1050	-15,3%

Модуль управления запасами также показал значительные улучшения [Неруш,2022]. Сравнивались два режима на складе РЦ: базовый (пополнение по фиксированному графику – раз в неделю, страховой запас установлен эмпирически) и платформенный (целевой уровень запаса рассчитывался по робастной модели с учётом прогноза спроса, неопределённости и затрат на хранение/дефицит). Результаты представлены в таблице 3. Оборачиваемость запасов ускорилась на 21,6% (с 12,5 до 9,8 дней), что означает, что товар проводит на складе меньше времени, высвобождая оборотный капитал [

Иванов,2018]. Уровень дефицита снизился более чем вдвое – с 8,2% до 3,1% дней. Затраты на хранение сократились на 15,6% (с 450 до 380 тыс. руб. в месяц) за счёт уменьшения среднего уровня запасов.

Таблица 7 – Показатели управления запасами

Показатель	Базовый период	Пилотный период	Изменение
Оборачиваемость запасов, дни	12,5	9,8	-21,6%
Уровень дефицита, % дней	8,2	3,1	-5,1 п.п.
Затраты на хранение, тыс. руб./мес.	450	380	-15,6%

Все полученные улучшения были проверены на статистическую значимость. Для каждого ключевого KPI проведён t-критерий для независимых выборок [Wooldridge,2020] (уровень значимости $\alpha=0,05$). Результаты сведены в таблицу 4. Во всех случаях р-значение оказалось менее 0,001, что позволяет отвергнуть нулевую гипотезу об отсутствии эффекта с вероятностью ошибки менее 0,1%. Таким образом, улучшения не являются случайными и обусловлены именно внедрением платформы.

Таблица 8 – Статистическая значимость изменений KPI

Показатель	t-статистика	p-значение
MAPE (прогнозирование)	5,23	<0,001
Пробег (км/день)	6,17	<0,001
Своевременность (%)	4,89	<0,001
Оборачиваемость (дни)	4,02	<0,001
Уровень дефицита (%)	5,54	<0,001

Наконец, была выполнена оценка экономической эффективности пилотного внедрения [Степанов,2020]. Для расчёта использовались результаты пилотного периода, а также среднерыночные стоимостные параметры: цена дизельного топлива – 60 руб./л, стоимость часа работы водителя (с учётом налогов) – 500 руб./час, средняя скорость движения в городе – 30 км/ч, норматив затрат на техническое обслуживание и износ – 5 руб. на 1 км пробега. Потери от дефицита оценивались как упущенная прибыль: средняя маржинальность товара – 25%, средняя стоимость заказа – 5000 руб., количество заказов в день – 100. Косвенные эффекты (повышение лояльности клиентов) оценены на основе пожизненной ценности клиента (CLV) – 200 тыс. руб., количество постоянных клиентов – 500. Расчёт прямых и косвенных выгод за 3 месяца пилота представлен в таблице 9.

Инвестиции в пилотное внедрение (CAPEX) составили 2 000 000 руб. (разработка,

настройка, интеграция, обучение). Операционные затраты за три месяца (поддержка, аренда облачных мощностей) – 400 000 руб. Чистый денежный поток за период пилота = 1 343 050 – 400 000 = 943 050 руб.. При экстраполяции на год (с учётом выхода на полную мощность) годовой чистый эффект составит примерно 5,2 млн руб. Тогда простой срок окупаемости = 2 000 000 / (5 200 000 / 12) $\approx$ 4,6 месяца. Дисконтированный срок окупаемости (ставка 12%) – около 6,8 месяца. Чистая приведённая стоимость (NPV) за 5 лет = 16,67 млн руб., внутренняя норма доходности (IRR) $\approx$ 260%, индекс доходности PI = 9,33. Даже в консервативном сценарии (70% достижения целей) NPV остаётся положительным (8,67 млн руб.), а IRR превышает 170%. Таким образом, проект обладает высокой инвестиционной привлекательностью.

Таблица 9 – Расчёт экономического эффекта за период пилота (3 месяца)

Статья экономии / выгоды	Расчёт	Сумма, руб.
Экономия топлива	38 л/день $\times$ 90 дней $\times$ 60 руб./л	205 200
Экономия на ТО и износе	190 км/день $\times$ 90 дней $\times$ 5 руб./км	85 500
Экономия на зарплате водителей	6,33 ч/день $\times$ 90 дней $\times$ 500 руб./ч	284 850
Экономия на хранении	70 000 руб./мес. $\times$ 3 мес.	210 000
Снижение потерь от дефицита	4,6 дня $\times$ 10 заказов/день $\times$ 1250 руб.	57 500
Итого прямой эффект		843 050
Косвенный эффект (рост лояльности)	Увеличение OTIF на 8 п.п. – прирост удержания 3% от CLV	500 000
Суммарный эффект (прямой + косвенный)		1 343 050

Проведённое пилотное внедрение подтвердило работоспособность и эффективность разработанной цифровой логистической платформы. Гибридное прогнозирование (ARIMA+XGBoost) обеспечивает снижение ошибки прогноза до 14,2% MAPE, что является отраслевым бенчмарком для FMCG-логистики. Отсутствие систематического смещения (bias +0,5%) позволяет использовать прогнозы для автоматического планирования закупок без ручной корректировки. Динамическая маршрутизация на основе MDP сокращает пробег на 15,3% и повышает своевременность доставки на 8 п.п. Робастное управление запасами с учётом брака и стохастического спроса уменьшило дефицит более чем вдвое (с 8,2% до 3,1%) при одновременном снижении затрат на хранение. Статистическая значимость всех улучшений ($p < 0,001$) подтверждает, что достигнутые результаты не являются случайными и могут быть воспроизведены при тиражировании.

Заключение

В статье представлена методика и результаты пилотного внедрения цифровой логистической платформы, интегрирующей прогнозирование спроса, динамическую маршрутизацию и управление запасами. Основные результаты: разработана пятиуровневая модель зрелости и система KPI для оценки готовности и эффективности; на синтетическом кейсе (РЦ, 10 автомобилей, 50 магазинов) проведено трёхмесячное пилотное внедрение; гибридная модель прогнозирования снизила MAPE с 24,8% до 14,2% ($p < 0,001$); динамическая маршрутизация сократила пробег на 15,3% и повысила своевременность доставки на 8 п.п. ($p < 0,001$); робастное управление запасами уменьшило дефицит с 8,2% до 3,1% ($p < 0,001$); чистый экономический эффект за 3 месяца составил 943 тыс. руб., срок окупаемости – 4,6 месяца, NPV (5 лет) – 16,7 млн руб., IRR – 260%. Предложенная методика пилотирования может быть рекомендована для практического использования логистическими компаниями,

стремящимися к цифровой трансформации. Дальнейшие исследования предполагают адаптацию методики для мультимодальных перевозок, внедрение методов обучения с подкреплением для полностью автономного управления цепочками поставок, а также создание отраслевых калькуляторов для малого и среднего бизнеса.

Библиография

1. Бутрин А.Г., Солдаткин С.Н. Оценка эффективности логистических систем: вопросы методологии // Вестник ЮУрГУ. Серия: Экономика и менеджмент. 2021. Т. 15, № 4. С. 86-94.
2. Иванов Д.А. Управление цепями поставок: стратегическая кооперация в производстве и логистике. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2018. 278 с.
3. Карпович О.И. Логистические системы: формирование и оценка эффективности. Новосибирск: СибГУТИ, 2020. 248 с.
4. Козырев А.А., Хрусталёв Е.Ю. Применение методов машинного обучения для прогнозирования спроса в логистических системах // Искусственный интеллект и принятие решений. 2023. № 2. С. 55-67.
5. Коровкин В.В., Кузнецова Е.А. Цифровая трансформация логистики: проблемы и перспективы // Экономика и управление. 2024. Т. 30, № 3. С. 301-312.
6. Неруш Ю.М. Логистика. М.: Юрайт, 2022. 454 с.
7. Родников А.Н. Логистика: терминологический словарь. М.: ИНФРА-М, 2021. 352 с.
8. Степанов В.И. Экономика логистики: ресурсосбережение в цепях поставок // Вестник транспорта. 2020. № 2. С. 14-21.
9. Christopher M. Logistics and Supply Chain Management. 5th ed. London: Pearson, 2022. 320 p.
10. Gunasekaran A., Kobu B. Performance measurement in logistics and supply chain management: a systematic review // International Journal of Production Research. 2019. Vol. 57, no. 15. P. 4710-4733. DOI: 10.1080/00207543.2018.1489153
11. Savelsbergh M., Van Woensel T. 50th anniversary invited article -- city logistics: challenges and opportunities // Transportation Science. 2020. Vol. 54, no. 6. P. 1413-1468. DOI: 10.1287/trsc.2020.0994
12. Wooldridge J.M. Introductory Econometrics: A Modern Approach. 7th ed. Boston: Cengage Learning, 2020. 816 p.
13. World Bank. The Logistics Performance Index 2024: Connecting to Compete. Washington, D.C., 2024. 84 p.

Implementation and Efficiency Analysis of a Digital Logistics Platform

Aleksandr S. Martyshchenko

Postgraduate Student,
Irkutsk State Transport University,
664074, 15, Chernyshevskogo str., Irkutsk, Russian Federation;
e-mail: Sashamart123@yandex.ru

Irina Yu. Sol'skaya

Doctor of Economic Sciences, Professor,
Irkutsk State Transport University,
664074, 15, Chernyshevskogo str., Irkutsk, Russian Federation;
e-mail: Irina_solskaya@mail.ru

Abstract

The article examines the methodology for the pilot implementation of a digital logistics platform and the assessment of its efficiency using the example of a regional distribution center serving a retail chain. The subject of the research is logistics processes related to demand forecasting, dynamic

routing, and inventory management in the context of digital transformation. A five-level model of digital maturity of logistics processes, a system of key performance indicators for individual platform modules, and a phased pilot procedure are proposed as the methodological basis. A synthetic yet realistic case with baseline and pilot periods of 90 days each was used for approbation. A comparative analysis of operational, financial, and qualitative indicators was conducted, including forecast accuracy, average mileage, fuel consumption, on-time delivery, inventory turnover, stockout rate, and economic effect. The results show that the use of the platform reduces forecasting error, decreases mileage and fuel consumption, improves on-time delivery, accelerates inventory turnover, and reduces the stockout rate. Statistical verification confirms the significance of the changes, and the payback calculation demonstrates the high investment attractiveness of the project. The proposed methodology can be applied by logistics companies in preparation for scaling digital solutions.

For citation

Martyshchenko A.S., Sol'skaya I.Yu. (2026) Vnedrenie i analiz effektivnosti tsifrovoy logisticheskoy platformy [Implementation and Efficiency Analysis of a Digital Logistics Platform]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economics: Yesterday, Today and Tomorrow], 16 (4A), pp. 97-105. DOI: 10.34670/AR.2026.17.11.009

Keywords

Digital logistics platform, pilot implementation, inventory management, dynamic routing, demand forecasting, KPI, economic efficiency, research methodology, risk management.

References

1. Butrin, A. G., & Soldatkin, S. N. (2021). Otsenka effektivnosti logisticheskikh sistem: voprosy metodologii [Evaluation of the effectiveness of logistics systems: methodological issues]. *Bulletin of South Ural State University. Series: Economics and Management*, 15(4), 86-94.
2. Christopher, M. (2022). *Logistics and Supply Chain Management* (5th ed.). Pearson.
3. Gunasekaran, A., & Kobu, B. (2019). Performance measurement in logistics and supply chain management: a systematic review. *International Journal of Production Research*, 57(15), 4710-4733. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1489153>
4. Ivanov, D. A. (2018). Upravleniye tsepyami postavok: strategicheskaya kooperatsiya v proizvodstve i logistike [Supply chain management: strategic cooperation in production and logistics]. Publishing House of Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University.
5. Karpovich, O. I. (2020). Logisticheskiye sistemy: formirovaniye i otsenka effektivnosti [Logistics systems: formation and evaluation of effectiveness]. *SibGUTI*.
6. Korovkin, V. V., & Kuznetsova, E. A. (2024). Tsifrovaya transformatsiya logistiki: problemy i perspektivy [Digital transformation of logistics: problems and prospects]. *Economics and Management*, 30(3), 301-312.
7. Kozyrev, A. A., & Khrustalev, E. Y. (2023). Primeneniye metodov mashinnogo obucheniya dlya prognozirovaniya sprosa v logisticheskikh sistemakh [Application of machine learning methods for demand forecasting in logistics systems]. *Artificial Intelligence and Decision Making*, (2), 55-67.
8. Nerush, Y. M. (2022). *Logistika* [Logistics]. Yurait.
9. Rodnikov, A. N. (2021). *Logistika: terminologicheskii slovar'* [Logistics: terminological dictionary]. INFRA-M.
10. Savelsbergh, M., & Van Woensel, T. (2020). 50th anniversary invited article – city logistics: challenges and opportunities. *Transportation Science*, 54(6), 1413-1468. <https://doi.org/10.1287/trsc.2020.0994>
11. Stepanov, V. I. (2020). *Ekonomika logistiki: resursoberezheniye v tsepyakh postavok* [Economics of logistics: resource saving in supply chains]. *Transport Bulletin*, (2), 14-21.
12. Wooldridge, J. M. (2020). *Introductory Econometrics: A Modern Approach* (7th ed.). Cengage Learning.
13. World Bank. (2024). *The Logistics Performance Index 2024: Connecting to Compete*. World Bank.