

# Использование методов анализа данных и машинного обучения для прогнозирования и планирования спроса при управлении цепочками поставок

Роголин Родион Сергеевич 

кандидат экономических наук

ФГБОУ ВО «Владивостокский государственный университет», г. Владивосток, Россия

E-mail: rafassiaofusa@mail.ru

**Аннотация.** В работе обсуждаются возможные преимущества объединения методов анализа данных и машинного обучения для прогнозирования спроса и планирования в управлении цепями поставок. Работа включает в себя анализ тематических исследований и документов, в которых эти методы были успешно интегрированы для улучшения эффективности управления цепями поставок, и описывается их влияние на уровень запасов, дефицит и удовлетворенность клиентов. В работе также обсуждаются проблемы и ограничения использования этих методов, включая вопросы качества данных и потребность в квалифицированных сотрудниках, а также предлагаются стратегии для преодоления этих проблем. Исследование также рассматривает будущие направления исследований в области прогнозирования и планирования спроса, включая интеграцию данных в режиме реального времени и использование прогнозной аналитики. Результаты работы обобщаются и приводятся выводы для практики и будущих исследований. В целом, интеграция методов анализа данных и машинного обучения может значительно улучшить прогнозирование спроса и планирование в управлении цепями поставок, однако это требует тщательного анализа качества данных, обучения персонала и технологической инфраструктуры.

**Ключевые слова:** анализ данных, машинное обучение, прогнозирование спроса, планирование, цепочка поставок

**JEL codes:** D22, D23, D24

**Для цитирования:** Роголин, Р.С. Использование методов анализа данных и машинного обучения для прогнозирования и планирования спроса при управлении цепочками поставок / Р.С. Роголин. - Текст : электронный // Теоретическая экономика. - 2023 - №8. - С.35-53 - URL: <http://www.theoreticaleconomy.ru> (Дата публикации: 30.08.2023)

## Введение

### *Степень важности прогнозирования спроса и планирования в управлении цепочками поставок*

Управление цепочками поставок – это сложный процесс, включающий координацию и интеграцию различных действий от закупки сырья до доставки готовой продукции. Однако, одним из самых критических этапов в управлении цепочкой поставок является прогнозирование и планирование спроса. Этот этап включает в себя прогнозирование будущего спроса на продукты и соответствующее планирование уровня запасов и производства. Правильное прогнозирование спроса и планирование помогают компаниям оптимизировать уровни запасов, уменьшить риск дефицита и повысить удовлетворенность клиентов [1-5].

В последние годы управление спросом становится все более критичным для компаний, особенно с учетом сложности современных цепочек поставок и изменчивости спроса. Традиционные методы прогнозирования спроса, такие, как использование простых скользящих средних и исторических трендов, уже не справляются с этой задачей. Поэтому компании все больше обращаются к современным методам анализа данных и машинному обучению [2, 3], чтобы эффективно управлять прогнозированием и планированием спроса.

Одним из важных аспектов управления цепочками поставок является анализ больших объемов данных, включая данные о продажах, клиентах и внешние факторы. Аналитика данных и методы

машинного обучения позволяют компаниям выявлять закономерности и тенденции спроса, а также прогнозировать будущий спрос с большей точностью, чем традиционные методы. Это помогает компаниям оптимизировать уровни запасов, сократить дефицит и повысить удовлетворенность клиентов [2, 3, 5].

Прогнозирование и планирование спроса являются критически важными действиями в управлении цепочками поставок. Они позволяют компаниям более эффективно сбалансировать спрос и предложение, улучшить уровни запасов и повысить удовлетворенность клиентов. В настоящее время, когда цепочки поставок становятся все сложнее и нестабильнее, использование методов анализа данных и машинного обучения для прогнозирования и планирования спроса позволяет компаниям оставаться впереди конкурентов и адаптироваться к изменяющимся условиям рынка [5-8].

Однако необходимо отметить, что эффективное управление цепочками поставок включает в себя не только прогнозирование и планирование спроса, но и другие аспекты, такие, как координация и интеграция действий по всей цепочке поставок. Компании должны использовать все доступные методы и инструменты для создания эффективной стратегии управления цепочками поставок и достижения успеха на рынке.

#### *Обзор известных методов прогнозирования спроса и их ограничений*

В настоящее время, современная сложная и нестабильная среда цепочки поставок требует новых подходов к прогнозированию спроса. Традиционные методы прогнозирования, такие, как простые скользящие средние, взвешенные скользящие средние и экспоненциальное сглаживание, не могут полностью учитывать все факторы, влияющие на спрос. Кроме того, они ограничены использованием только исторических данных для создания прогнозов.

Вместо этого современные методы прогнозирования спроса используют более сложные алгоритмы, включая машинное обучение и искусственный интеллект. Эти методы могут анализировать большие объемы данных, включая не только исторические данные, но и текущие рыночные условия, изменения в поведении потребителей и другие внешние факторы, которые могут влиять на спрос. В результате они могут создавать более точные прогнозы, что помогает оптимизировать планирование запасов и увеличивать эффективность бизнеса.

Однако, несмотря на преимущества новых методов прогнозирования, они также имеют свои ограничения и требуют квалифицированных специалистов для их использования и анализа результатов. В целом, использование современных методов прогнозирования спроса может помочь компаниям повысить свою конкурентоспособность и улучшить свою позицию на рынке [7-12].

В современной эпохе традиционные методы прогнозирования спроса оказываются неэффективными. Они не учитывают большой объем данных, который доступен менеджерам цепочки поставок, включая данные о продажах, социальные сети и отзывы клиентов. Обработка и анализ таких объемов данных может быть сложной задачей для традиционных методов, что приводит к неточным прогнозам. Кроме того, современные цепочки поставок стали более сложными, что также создает проблемы для традиционных методов. Они не могут учесть множество каналов сбыта, разные временные интервалы выполнения заказов и множество факторов, влияющих на спрос. В результате прогнозы, созданные с использованием традиционных методов, могут быть неточными и приводить к неоптимальным уровням запасов. Необходимость точных прогнозов и оптимального управления запасами стала особенно важной в современном бизнесе, что заставляет компании искать новые методы прогнозирования и управления цепочкой поставок. [11, 13–18].

В связи с недостатками традиционных методов прогнозирования спроса менеджеры цепочек поставок начинают все чаще применять более сложные методы, такие, как анализ данных и машинное обучение. Такие методы могут обрабатывать огромные объемы данных из разных источников, выявлять закономерности и тенденции для создания более точных прогнозов, а также учитывать сложность современных цепочек поставок.

Применение анализа данных и машинного обучения позволяет менеджерам цепочек поставок принимать более осознанные решения на основе более точных прогнозов спроса и уровней запасов. Они также могут быстро реагировать на изменения рыночных условий и повышать уровень удовлетворенности клиентов, что, в свою очередь, приводит к повышению конкурентоспособности компании на рынке.

*Введение в методы анализа данных и машинного обучения для прогнозирования и планирования спроса*

Эффективное управление цепочками поставок является критически важным для многих компаний, особенно в условиях сильной конкуренции на рынке. Точное прогнозирование спроса и планирование являются ключевыми элементами в этом процессе [19]. Однако традиционные методы прогнозирования могут быть недостаточно точными в современных динамичных и сложных рыночных условиях.

Для преодоления этих ограничений руководители цепочек поставок все чаще обращаются к методам анализа данных и машинного обучения. Такие методы могут обрабатывать большие объемы данных из различных источников, включая данные о продажах, социальные сети и отзывы клиентов, и выделять закономерности, которые могут помочь в создании более точных прогнозов спроса. Более точные прогнозы позволяют управлять запасами более эффективно и повышать удовлетворенность клиентов, что является критически важным для успеха компании.

Для повышения точности прогнозирования спроса в условиях динамичных и сложных рынков менеджеры цепочек поставок все чаще обращаются к методам анализа данных и машинного обучения. Эти методы позволяют быстро и точно обрабатывать и анализировать большие объемы данных, выявлять закономерности и тенденции и создавать более точные и надежные прогнозы спроса [20-25].

Кроме того, применение методов анализа данных и машинного обучения помогает компаниям оптимизировать уровни запасов и повысить эффективность работы. Сопоставление уровней запасов и объемов заказов со спросом клиентов позволяет менеджерам цепочки поставок быстро корректировать запасы и объемы заказов, предотвращая дефицит или затоваривание, снижая затраты на хранение и увеличивая удовлетворенность клиентов [24-30].

Кроме прогнозирования спроса и оптимизации запасов, применение методов анализа данных и машинного обучения может улучшить процессы планирования транспортировки и логистики. Автоматизация этих процессов позволяет компаниям ускорить доставку продукции, снизить затраты и сократить время на выполнение заказов [31]. Также применение этих методов может упростить управление складами, улучшить управление поставщиками и повысить качество продукции. Интеграция методов анализа данных и машинного обучения во всю цепочку поставок может обеспечить сквозную прозрачность и помочь компаниям лучше понимать и управлять всеми этапами процесса поставки продукции. Результатом этого станет улучшение процесса принятия решений, повышение эффективности и конкурентоспособности компаний.

### **Методы анализа данных при прогнозировании и планировании спроса**

*Определение и вычленение основных детерминант методов анализа данных для прогнозирования и планирования спроса: кейсы статистического анализа, анализа временных рядов и регрессионного анализа.*

Планирование и прогнозирование спроса являются неотъемлемыми частями эффективного управления цепочкой поставок, и в этом контексте методы анализа данных и машинного обучения стали незаменимыми инструментами. Они позволяют менеджерам обрабатывать и анализировать большие объемы информации и генерировать точные прогнозы, что упрощает процесс принятия решений и повышает эффективность бизнес-процессов.

Одним из наиболее популярных методов анализа данных является статистический анализ, который основывается на использовании статистических моделей для выявления закономерностей и тенденций спроса. Проводя анализ исторических данных о продажах, менеджеры цепочки поставок могут определить ключевые факторы, влияющие на спрос, и использовать эту информацию для улучшения уровня запасов и оптимизации процессов в целом. Статистический анализ особенно полезен для работы с большими объемами данных и прогнозирования спроса на уже известные продукты, а также для выявления трендов и паттернов [32-37].

В современных условиях управление цепочками поставок становится все более сложным и требует использования различных методов анализа данных. Одним из таких методов является машинное обучение, которое может быть использовано для классификации и прогнозирования спроса на новые продукты и услуги. Этот метод позволяет выявлять скрытые зависимости и корреляции в данных, что может быть использовано для принятия более точных решений по управлению цепочкой поставок.

Кроме того, существует метод анализа данных, основанный на технологии нейронных сетей, который может использоваться для прогнозирования спроса и планирования уровня запасов. Этот метод является особенно полезным для прогнозирования сложных паттернов спроса, которые могут быть связаны с большим количеством факторов [35-41].

В целом использование различных методов анализа данных позволяет менеджерам цепочек поставок быстрее и более точно прогнозировать спрос и оптимизировать уровень запасов. Это позволяет компаниям значительно повышать эффективность управления цепочкой поставок и улучшать бизнес-результаты.

Кроме регрессионного анализа, для прогнозирования спроса все чаще используются методы машинного обучения, такие, как нейронные сети и алгоритмы глубокого обучения. Эти методы позволяют анализировать большие объемы данных и делать точные прогнозы на основе разных факторов, таких, как рекламная активность и поведение потребителей. Комбинирование разных методов анализа данных может повысить точность прогнозирования спроса и улучшить управление цепочками поставок в целом.

Использование методов анализа данных в управлении цепочками поставок может привести к значительному повышению эффективности и сокращению затрат. Например, оптимизация уровня запасов на основе прогнозов спроса может снизить издержки, связанные с хранением товаров. Кроме того, более точные прогнозы спроса позволяют снизить риски потери клиентов из-за недостатка товара на складе [42-47].

С появлением новых методов и технологий анализа данных менеджеры цепочки поставок имеют больше возможностей для оптимизации процессов и улучшения управления. Однако необходимо учитывать, что анализ данных не заменяет решений, которые должны приниматься на основе здравого смысла и опыта. Он лишь предоставляет более точную информацию для принятия обоснованных решений.

#### *Преимущества и ограничения рассматриваемых методов*

В управлении цепочками поставок все чаще возникает необходимость в прогнозировании и планировании спроса. Классические методы, такие, как статистический анализ, анализ временных рядов и регрессионный анализ, давно используются в этой области, но в последнее время все больше внимания уделяется методам анализа данных и машинного обучения. Эти методы позволяют фиксировать сложные модели спроса и генерировать высокоточные прогнозы, что является ключевым фактором в принятии оперативных решений в управлении цепочками поставок.

Методы анализа данных позволяют извлекать значимую информацию из больших наборов данных, а некоторые из них, такие, как статистический анализ, анализ временных рядов и регрессионный анализ, широко используются в прогнозировании спроса и планировании. Статистический анализ помогает выявлять закономерности и тенденции в исторических данных, а

анализ временных рядов используется для фиксации сезонных колебаний и долгосрочных тенденций в данных. Регрессионный анализ, в свою очередь, позволяет выявлять ключевые факторы, влияющие на спрос, и создавать точные прогнозы для новых продуктов.

Однако методы машинного обучения, такие, как искусственные нейронные сети, деревья решений и случайные леса, становятся все более популярными для прогнозирования и планирования спроса. Эти методы используют алгоритмы для изучения исторических данных и создания прогнозов на основе этого обучения. Благодаря своей способности фиксировать сложные взаимосвязи между переменными и генерировать высокоточные прогнозы, они становятся все более востребованными в управлении цепочками поставок [48, 49].

Таким образом, использование методов анализа данных и машинного обучения в прогнозировании и планировании спроса в управлении цепочками поставок не только позволяет улучшить точность прогнозов, но и сократить заполняемость складов и повысить уровень обслуживания клиентов. Кроме того, эти методы позволяют оперативно реагировать на изменения спроса и быстро адаптироваться к изменяющимся условиям рынка. Важно также отметить, что для эффективного применения методов анализа данных и машинного обучения необходимо обладать качественными и достаточными данными, а также профессиональными специалистами в этой области.

Использование методов анализа данных и машинного обучения имеет множество преимуществ в прогнозировании и планировании спроса в управлении цепочками поставок. Одним из таких преимуществ является возможность выявления ранее неизвестных закономерностей и тенденций в данных о спросе. Это может быть особенно полезно для новых продуктов или моделей спроса, которые ранее не наблюдались.

Кроме того, методы анализа данных и машинного обучения могут помочь оптимизировать уровни запасов, сократить дефицит и повысить удовлетворенность клиентов. Точные и своевременные прогнозы спроса обеспечивают более эффективное управление запасами и удовлетворение потребностей клиентов.

Тем не менее, существуют ограничения для анализа данных и методов машинного обучения. Например, эффективная работа этих методов требует больших объемов высококачественных данных, которые не всегда могут быть доступны. Кроме того, результаты, полученные с помощью этих методов, могут быть трудными для интерпретации и требуют технических знаний для эффективного применения. Наконец, в некоторых случаях традиционные методы могут быть более эффективными, чем методы анализа данных и машинного обучения.

В целом методы анализа данных и машинного обучения имеют значительный потенциал для улучшения прогнозирования спроса и планирования в управлении цепочками поставок. Менеджеры цепочки поставок могут использовать эти методы, понимая их преимущества и ограничения, чтобы создавать более точные прогнозы, оптимизировать уровни запасов и повышать удовлетворенность клиентов. Однако для эффективного применения этих методов требуется техническая подготовка и доступ к высококачественным данным.

*Обзор научной литературы на тему практики применения методов анализа данных для прогнозирования спроса и планирования.*

В управлении цепочками поставок прогнозирование и планирование спроса играют важную роль. Они позволяют компаниям предугадывать будущий спрос и подстраивать уровни запасов соответственно, что снижает затраты и повышает удовлетворенность клиентов. Ранее прогнозирование спроса осуществлялось с помощью традиционных статистических методов, таких, как скользящие средние и экспоненциальное сглаживание, которые имели ограниченную точность и не учитывали внешние факторы, влияющие на спрос.

Однако с развитием методов анализа данных и машинного обучения, произошла революция в прогнозировании и планировании спроса. С помощью этих методов компании могут анализировать

большие и сложные данные, включая отзывы клиентов и сообщения в социальных сетях, чтобы получить более точное представление о поведении и предпочтениях потребителей. Статистический анализ, анализ временных рядов и регрессионный анализ являются одними из наиболее часто используемых методов в прогнозировании и планировании спроса.

Статистический анализ позволяет анализировать исторические данные о продажах, чтобы выявить тенденции и закономерности. Анализ временных рядов использует прошлые данные для прогнозирования будущего спроса. Регрессионный анализ исследует взаимосвязь между переменными, чтобы сделать прогнозы относительно будущего спроса. Комбинация этих методов и их сочетание с машинным обучением позволяют компаниям более точно прогнозировать спрос и оптимизировать свою цепочку поставок.

Методы машинного обучения, такие, как нейронные сети и деревья решений, позволяют компаниям анализировать данные с точностью и скоростью, которые недоступны при использовании традиционных методов прогнозирования. Эти методы могут обнаруживать скрытые паттерны и взаимосвязи в данных, что может помочь компаниям принимать более обоснованные решения о запасах и производственных мощностях.

Однако при использовании методов анализа данных машинного обучения для прогнозирования спроса необходимо учитывать некоторые ограничения. Например, точность прогнозов может сильно зависеть от качества и количества данных, поэтому необходимо тщательно отбирать и обрабатывать данные перед анализом. Кроме того, для эффективного использования этих методов необходимы высококвалифицированные специалисты и современное оборудование, что может быть финансово недоступно для малых предприятий.

Несмотря на эти ограничения, исследования [40-52] продемонстрировали эффективность методов анализа данных при прогнозировании спроса. Например, компания Amazon успешно использует алгоритмы машинного обучения для прогнозирования спроса и снижения ошибок прогнозирования до 50 %. Это помогает улучшить управление запасами и удовлетворенность клиентов, что в свою очередь повышает эффективность бизнеса.

### **Методы машинного обучения при прогнозировании и планировании спроса**

*Определение и вычленение ключевых компонентов методов машинного обучения при прогнозировании и планировании спроса: нейронные сети, деревья решений и случайные леса.*

Современные методы машинного обучения, включая нейронные сети и деревья решений, позволяют выявлять скрытые зависимости в данных и строить точные прогнозы спроса. Это особенно полезно для предприятий, которые работают на конкурентных рынках и нуждаются в быстром и точном прогнозировании спроса, чтобы управлять запасами и улучшить качество обслуживания клиентов.

Однако использование методов машинного обучения также имеет свои ограничения и риски. Как правило, для моделей машинного обучения необходимо большое количество данных высокого качества. Неполные или неточные данные могут привести к ошибкам прогнозирования и негативно повлиять на бизнес-процессы. Кроме того, многие методы машинного обучения являются черными ящиками, что означает, что процесс принятия решений может быть неясен для людей, что усложняет принятие стратегических решений.

Несмотря на эти риски, методы машинного обучения могут принести ощутимые выгоды предприятиям, включая более точное прогнозирование спроса, оптимизацию производства и улучшение качества обслуживания клиентов. Чтобы успешно использовать эти методы, предприятия должны обладать необходимыми ресурсами и навыками, а также понимать потенциальные риски и ограничения.

Методы нейронных сетей — одни из наиболее мощных инструментов машинного обучения в области прогнозирования и планирования спроса. Нейронные сети представляют собой сложную

систему соединенных узлов, которые могут обрабатывать и анализировать данные на основе взвешенных связей. В отличие от традиционных статистических методов, которые могут быть ограничены в выявлении скрытых закономерностей в данных, нейронные сети могут учитывать множество переменных и нелинейных взаимосвязей. Кроме того, они могут автоматически адаптироваться к изменениям в данных и обучаться на новых примерах. Благодаря этим свойствам нейронные сети могут быть эффективным инструментом для предсказания спроса и улучшения управления запасами в различных отраслях.

Еще одним методом машинного обучения, который применяется для прогнозирования и планирования спроса, является метод градиентного бустинга. Он использует ансамбль слабых моделей машинного обучения, таких, как решающие деревья, и последовательно улучшает качество модели путем добавления новых моделей и корректировки весов существующих моделей. Этот метод может применяться для различных задач, включая прогнозирование спроса, и позволяет достигать высокой точности прогнозов. Однако, он также требует значительных вычислительных ресурсов и навыков для настройки моделей и обработки данных.

Случайные леса представляют собой мощный метод машинного обучения, который широко используется для решения задач прогнозирования и планирования спроса. Они являются расширением деревьев решений, позволяющим повысить точность прогнозирования. Одним из ключевых преимуществ случайных лесов является возможность обработки больших объемов данных с множеством переменных. Кроме того, метод случайных лесов способен выявлять сложные взаимодействия между переменными и выявлять скрытые закономерности в данных. В результате этого случайные леса стали одним из наиболее популярных методов машинного обучения, используемых в различных отраслях, включая экономику, маркетинг и финансы.

Методы машинного обучения стали неотъемлемой частью многих современных бизнес-процессов, включая прогнозирование и планирование спроса. Однако, эти методы не лишены ограничений. Для эффективного обучения алгоритмов необходимы большие объемы высококачественных данных, что может быть проблемой для компаний, не имеющих доступа к таким данным. Кроме того, модели машинного обучения могут быть сложными и непрозрачными, что затрудняет их интерпретацию и принятие решений на основе прогнозов.

Несмотря на это, методы машинного обучения доказали свою эффективность в прогнозировании спроса, и в последние годы они стали широко использоваться в этой области. Например, компания Walmart успешно применила алгоритмы машинного обучения для улучшения управления запасами и снижения затрат. Большой потенциал методов машинного обучения для прогнозирования и планирования спроса позволяет предполагать, что их дальнейшее развитие будет стимулировать инновации и рост в управлении цепочками поставок и других отраслях.

Необходимо учитывать как преимущества, так и ограничения методов машинного обучения для прогнозирования спроса и планирования. Одним из главных преимуществ является способность алгоритмов машинного обучения обрабатывать сложные и большие наборы данных, что делает их особенно полезными для управления цепочками поставок. Кроме того, они могут быстро адаптироваться к новым обстоятельствам и изменениям в поведении потребителей, что позволяет менеджерам цепочки поставок быстро корректировать свои планы.

Тем не менее, существуют и ограничения, которые нужно учитывать. Одной из проблем является необходимость иметь опыт и в машинном обучении, и в управлении цепочками поставок, чтобы разработать и успешно реализовать эффективные модели. Еще одной проблемой является возможное наличие систематических ошибок в данных, используемых для обучения алгоритмов, что может привести к неточным или несправедливым прогнозам. Поэтому очень важно оценивать данные, используемые для обучения и тестирования этих моделей, чтобы обеспечить их точность и справедливость.

Несмотря на эти ограничения, методы машинного обучения были успешно применены в

прогнозировании и планировании спроса. Например, Amazon использует алгоритмы машинного обучения для прогнозирования спроса на свои продукты и оптимизации управления запасами, что приводит к снижению затрат и повышению удовлетворенности клиентов. Более того, исследование IBM показало, что методы машинного обучения увеличивают точность прогнозов на 30% по сравнению с традиционными методами. Это демонстрирует потенциальные преимущества методов машинного обучения для бизнеса и инновации в управлении цепочками поставок и других отраслях.

В заключение, стоит подчеркнуть, что методы анализа данных и машинного обучения имеют огромный потенциал для улучшения прогнозирования спроса и планирования в управлении цепочками поставок. Это открывает возможности для менеджеров цепочек поставок оптимизировать свои запасы и сократить дефицит, повышая тем самым удовлетворенность клиентов. Однако, необходимо учитывать преимущества и ограничения этих методов и тщательно разрабатывать, и внедрять модели с ясным пониманием их основных допущений и погрешностей. Так как эти технологии продолжают развиваться, мы можем ожидать, что их потенциал для стимулирования инноваций и роста в управлении цепочками поставок и других отраслях, будет продолжать расти.

#### *Преимущества и ограничения каждого метода*

Для сравнения преимуществ и ограничений методов анализа данных и машинного обучения в контексте прогнозирования спроса и управления запасами необходимо учитывать несколько важных факторов. Одним из ключевых преимуществ методов машинного обучения является их способность анализировать не только исторические данные, но и более сложные данные, такие, как данные об активности пользователей в социальных сетях. Это может помочь в выявлении новых тенденций и поведенческих паттернов, которые могут быть упущены при использовании методов анализа данных. Кроме того, методы машинного обучения могут быть более точными и предсказуемыми, особенно в случаях, когда исторических данных недостаточно или они ограничены.

Однако как и у методов анализа данных, у методов машинного обучения есть свои ограничения. Например, они могут требовать большого количества данных для обучения и могут быть сложны в реализации, требуя наличия специальных знаний и навыков. Кроме того, методы машинного обучения могут быть менее прозрачными, что означает, что результаты их работы труднее интерпретировать и объяснить.

В любом случае для улучшения прогнозирования спроса и управления запасами менеджеры цепочки поставок должны учитывать как преимущества, так и ограничения методов анализа данных и машинного обучения и использовать их в сочетании с другими подходами для достижения наилучших результатов.

Рассмотрим преимущества и ограничения методов анализа данных и машинного обучения для прогнозирования и управления спросом в цепочках поставок. Методы анализа данных обладают способностью выявлять тенденции и закономерности в исторических данных, что может быть полезным при разработке прогнозов спроса и управлении запасами. Кроме того, они легко реализуемы и доступны для широкого круга менеджеров. Однако они также имеют свои ограничения, такие, как зависимость от исторических данных, что затрудняет точное прогнозирование неожиданных изменений в поведении потребителей и рыночных тенденций.

С другой стороны, методы машинного обучения предлагают более продвинутые возможности прогнозирования и могут адаптироваться к изменяющимся обстоятельствам. Они также могут обрабатывать более крупные и сложные наборы данных, что делает их подходящими для управления цепочками поставок. Однако их разработка и внедрение требуют специальных знаний и ресурсов, а также алгоритмы могут быть трудными для интерпретации и объяснения.

Поэтому для выбора наиболее подходящего подхода для своих конкретных потребностей, менеджеры цепочек поставок должны тщательно оценить преимущества и ограничения обоих методов. Используя правильный подход, они могут повысить точность своих прогнозов, оптимизировать управление запасами и улучшить удовлетворенность клиентов, в итоге снизив затраты.



За последние годы методы машинного обучения все чаще используются в управлении цепочками поставок для прогнозирования спроса и планирования. Этому свидетельствует огромное количество научных статей и исследований, посвященных этой теме. Одним из таких примеров является исследование [50], в котором была использована глубокая нейронная сеть для увеличения точности прогнозирования спроса и снижения затрат на складирование в розничной компании. В другом исследовании [51] использовали алгоритм случайного леса для прогнозирования спроса на скоропортящиеся продукты, достигнув высокого уровня точности и уменьшив количество отходов.

В целом применение методов анализа данных и машинного обучения может значительно улучшить управление цепочками поставок, особенно в прогнозировании и планировании спроса. Такие подходы продолжают развиваться, и для менеджеров цепочек поставок очень важно быть в курсе последних разработок и передового опыта в этой области. Это поможет им сохранять конкурентное преимущество и повышать эффективность своих операций.

*Обзор тематических исследований и исследовательских работ, в которых использовались методы машинного обучения для прогнозирования и планирования спроса.*

Аналитика данных и методы машинного обучения стали все более популярными в последнее время, особенно в управлении цепочками поставок. Они помогают устранить ограничения и повысить точность прогнозирования спроса и планирования. Статистический анализ, анализ временных рядов и регрессионный анализ — это методы анализа данных, которые помогают компаниям использовать исторические данные для выявления закономерностей и тенденций спроса.

Методы машинного обучения, такие, как нейронные сети, деревья решений и случайные леса, также могут использоваться для прогнозирования будущего спроса на основе исторических данных. Они особенно полезны для обработки больших и сложных наборов данных и выявления нелинейных взаимосвязей между различными факторами спроса.

Хотя каждый метод имеет свои преимущества и ограничения, комбинация анализа данных и машинного обучения может привести к более точным и надежным прогнозам спроса. Это в свою очередь может привести к повышению эффективности цепочки поставок и удовлетворенности клиентов.

Несколько тематических исследований и исследовательских работ подтвердило потенциал методов анализа данных и машинного обучения в прогнозировании и планировании спроса. Например, в исследованиях [52, 53] использовался анализ временных рядов и регрессионный анализ для прогнозирования спроса фармацевтической компании, что привело к значительному сокращению ошибок прогноза. В других исследованиях [54, 55] методы машинного обучения, такие, как машины опорных векторов и деревья решений, были использованы для прогнозирования спроса в автомобильной промышленности, оказались более точными и оптимизировали запасы.

Кроме того, анализ данных и машинное обучение также могут помочь предприятиям принимать более обоснованные решения в отношении управления запасами, стратегий ценообразования и планирования производства. Например, методы машинного обучения могут использоваться для определения оптимального уровня запасов на складе, исходя из исторических данных и текущих трендов спроса. Это поможет компаниям избежать избыточных запасов и нехватки товаров, что может привести к потере прибыли и удовлетворенности клиентов.

Анализ данных и машинное обучение также могут помочь компаниям определить оптимальную стратегию ценообразования для максимизации прибыли. Методы машинного обучения могут использоваться для анализа рыночной конъюнктуры, конкурентных цен и поведения потребителей, чтобы определить оптимальные цены для различных товаров и услуг.

Наконец, анализ данных и машинное обучение могут помочь компаниям планировать производственные процессы более эффективно. Методы машинного обучения могут использоваться для прогнозирования спроса на продукцию, определения оптимальных производственных циклов и управления производственными ресурсами. Это позволит компаниям оптимизировать свои

производственные процессы и сократить издержки производства.

В целом анализ данных и машинное обучение предоставляют компаниям возможность использовать большие объемы данных для принятия обоснованных решений в отношении управления запасами, стратегий ценообразования и планирования производства. Это помогает компаниям повысить эффективность своих операций, улучшить качество своих товаров и услуг, а также удовлетворить потребности и ожидания своих клиентов.

### **Интеграция аналитики данных и методов машинного обучения**

*Обсуждение потенциальных преимуществ интеграции методов анализа данных и машинного обучения для прогнозирования и планирования спроса.*

Прогнозирование и планирование спроса являются ключевыми аспектами управления цепочками поставок, которые помогают компаниям эффективно управлять уровнями запасов, сокращать дефицит и улучшать удовлетворенность клиентов. Традиционные методы прогнозирования спроса, такие, как скользящие средние и экспоненциальное сглаживание, использовались на протяжении многих лет, но они имеют определенные ограничения и могут не обеспечивать достаточной точности для современных операций цепочки поставок.

Чтобы преодолеть эти ограничения, методы анализа данных широко используются в прогнозировании и планировании спроса. Эти методы включают использование статистических методов, таких, как регрессионный анализ и анализ временных рядов, для анализа исторических данных и выявления закономерностей, которые могут быть использованы для прогнозирования будущего спроса. Преимуществом статистических моделей является их интерпретируемость, что позволяет аналитикам понимать факторы, влияющие на спрос, и соответствующим образом корректировать прогнозы.

Методы машинного обучения, такие, как нейронные сети, деревья решений и случайные леса, также используются для прогнозирования и планирования спроса. Эти методы используют алгоритмы для выявления закономерностей в данных и построения моделей, которые могут использоваться для прогнозирования будущего спроса. Преимуществом моделей машинного обучения является их способность обнаруживать сложные взаимосвязи между переменными, которые трудно идентифицировать с помощью традиционных статистических методов. Однако они часто рассматриваются как «черные ящики», так как сложно понять, как модель пришла к конкретному прогнозу. Для повышения интерпретируемости моделей машинного обучения могут использоваться методы, такие как LIME и SHAP, которые помогают объяснить, какие функции вносят наибольший вклад в прогнозирование спроса. Кроме того, методы машинного обучения могут использоваться для более точного определения сезонности и трендов в спросе, что помогает компаниям разрабатывать более эффективные стратегии управления запасами и прогнозирования спроса. Еще одним преимуществом использования методов машинного обучения в прогнозировании спроса является их способность адаптироваться к изменениям в условиях рынка и быстро перестраиваться, чтобы учитывать новые факторы, влияющие на спрос. В целом использование анализа данных и машинного обучения для прогнозирования и планирования спроса может помочь компаниям принимать более обоснованные решения в отношении управления запасами, стратегий ценообразования и планирования производства, что приводит к более эффективной и конкурентоспособной цепочке поставок.

В современном мире, где конкуренция на рынке только усиливается, компании стремятся использовать все возможные инструменты для улучшения управления цепочками поставок. Методы анализа данных и машинного обучения - одни из таких инструментов. Хотя каждый подход имеет свои преимущества и ограничения, объединение этих методов может привести к еще более точным прогнозам спроса и надежным планам поставок.

Примеры тематических исследований показывают, что использование алгоритмов машинного

обучения может привести к значительному улучшению точности прогнозирования спроса. Например, Zara повысила точность продаж на 2–3% с помощью алгоритмов машинного обучения. PepsiCo также получила выгоду от использования этих методов, снизив количество ошибок прогнозирования на 25%.

Использование потоков данных в режиме реального времени и облачных вычислений может обеспечить компаниям возможность обновлять свои прогнозы спроса в режиме реального времени. Это может быть особенно важно в быстро развивающихся отраслях, где рынок может меняться очень быстро.

Несмотря на сложности, связанные с интеграцией методов анализа данных и машинного обучения, компании, которые решают эти проблемы, смогут получить конкурентное преимущество. Они смогут улучшить управление запасами, сократить дефицит и повысить удовлетворенность клиентов, что позволит им лучше конкурировать на рынке.

*Обзор тематических исследований и исследовательских работ, которые успешно интегрировали методы анализа данных и машинного обучения для прогнозирования и планирования спроса.*

Управление цепочками поставок требует точного прогнозирования спроса и планирования запасов. Традиционные методы прогнозирования спроса ограничены, так как они не учитывают изменения в поведении клиентов или внешние факторы, такие, как погодные условия или экономические изменения. В связи с этим методы анализа данных и машинного обучения становятся все более важными для прогнозирования и планирования спроса.

Методы анализа данных, такие, как статистический анализ, анализ временных рядов и регрессионный анализ, могут помочь выявить закономерности и тенденции в исторических данных и использоваться для создания моделей прогнозирования спроса. С другой стороны, методы машинного обучения, такие, как нейронные сети, деревья решений и случайные леса, могут обрабатывать большие и сложные наборы данных и фиксировать нелинейные отношения, что может привести к более точным прогнозам.

Однако каждый метод имеет свои преимущества и ограничения. Методы анализа данных могут быть менее сложными и требовать меньше данных для получения точных прогнозов, но они могут иметь проблемы с нелинейными отношениями и большими наборами данных. С другой стороны, методы машинного обучения могут быть более сложными в реализации и требовать больше данных для обучения, но они могут обрабатывать большие и сложные наборы данных и фиксировать нелинейные отношения, что может привести к более точным прогнозам. В итоге выбор метода зависит от конкретной задачи и доступных ресурсов.

Сочетая методы анализа данных и машинного обучения, можно получить значительные преимущества в прогнозировании спроса и планировании. Например, машинное обучение позволяет выявлять сложные взаимосвязи между различными переменными, тогда как аналитика данных дает возможность объяснить и интерпретировать результаты. Некоторые исследования показали, что совместное использование этих методов может привести к уменьшению количества ошибок и повышению точности прогнозирования и планирования спроса.

В современном мире, где принятие решений на основе данных является ключевым фактором успеха, использование методов анализа данных и машинного обучения для прогнозирования и планирования спроса становится все более популярным в управлении цепочками поставок. Компании, которые используют эти методы, могут получить значительное конкурентное преимущество путем оптимизации уровня запасов, сокращения дефицита и улучшения удовлетворенности клиентов. Однако чтобы добиться эффективного использования этих методов, необходимо профессиональное знание в области анализа данных и машинного обучения.

### **Влияние на уровень запасов, дефицит и удовлетворенность клиентов**

*Обсуждение влияния методов анализа данных и машинного обучения на уровни запасов, дефицит и удовлетворенность клиентов.*

Управление цепочками поставок является сложным процессом, который включает координацию и интеграцию действий между поставщиками и клиентами. Одним из ключевых элементов этого процесса является прогнозирование спроса и планирование, которые играют решающую роль в обеспечении бесперебойной и эффективной работы цепочки поставок. Однако традиционные методы прогнозирования спроса имеют свои ограничения, такие, как их зависимость от исторических данных и невозможность учета непредвиденных событий.

С появлением методов анализа данных и машинного обучения, таких, как статистический анализ, анализ временных рядов, нейронные сети, деревья решений и случайные леса, возникли новые возможности для прогнозирования и планирования спроса. Каждый из этих методов имеет свои преимущества и ограничения, но интеграция их вместе может привести к еще более точным и надежным прогнозам спроса.

Применение методов анализа данных и машинного обучения для прогнозирования спроса и планирования уже продемонстрировало свою эффективность в различных исследованиях. Например, использование анализа временных рядов и нейронных сетей увеличило точность прогнозирования спроса на продукты питания и напитки на 30%. Интернет-магазин, включивший алгоритмы машинного обучения в процесс планирования спроса, смог сократить дефицит на 30% и повысить удовлетворенность клиентов на 25%.

Интеграция методов анализа данных и машинного обучения может еще больше улучшить результаты прогнозирования и планирования. Аналитика данных может использоваться для выявления закономерностей и взаимосвязей в исторических данных, а машинное обучение может использоваться для прогнозирования будущего спроса на основе этих закономерностей и взаимосвязей. Это позволит получать более точные и надежные прогнозы спроса и принимать более обоснованные решения по планированию и управлению запасами.

К примеру, при использовании методов анализа данных для выявления закономерностей в исторических данных, можно обнаружить, что спрос на определенный товар сильно зависит от времени года, праздников или других факторов. Машинное обучение может использоваться для прогнозирования будущего спроса на основе этих факторов и создания точных прогнозов спроса на будущее.

Кроме того, интеграция методов анализа данных и машинного обучения может использоваться для оптимизации управления запасами. Анализ данных может использоваться для определения оптимальных уровней запасов на основе исторических данных и моделирования спроса. Машинное обучение может использоваться для создания прогнозов спроса на основе этих данных и оптимизации уровней запасов в реальном времени.

Таким образом, интеграция методов анализа данных и машинного обучения может помочь компаниям улучшить свои прогнозы и планирование, оптимизировать управление запасами, повысить качество и эффективность производственных процессов и в итоге увеличить прибыльность бизнеса.

Внедрение методов анализа данных и машинного обучения может иметь существенное влияние на уровень запасов, дефицит и удовлетворенность клиентов. Повышая точность прогнозирования спроса, компании могут снизить затраты на хранение запасов и уверенно удовлетворять потребности клиентов. Это также может помочь минимизировать дефицит и повысить удовлетворенность клиентов, что уменьшит риск потери клиентов конкурентами.

Важность прогнозирования спроса и планирования не может быть недооценена в управлении цепочками поставок. Традиционные методы прогнозирования имеют ограничения, но анализ данных и машинное обучение предоставляют мощные инструменты для устранения этих ограничений и повышения точности прогнозирования спроса. Интеграция этих методов может привести к еще

большим преимуществам, сделав цепочки поставок более эффективными, управление запасами более точным и повышая уровень удовлетворенности клиентов. Организации, которые принимают эти методы во внимание, будут иметь конкурентное преимущество на рынке.

*Обзор тематических исследований и исследовательских работ, которые продемонстрировали положительное влияние этих методов на эффективность цепочки поставок.*

Применение аналитики данных и методов машинного обучения оказывает значительное влияние на управление цепочками поставок, улучшая точность прогнозирования и общую производительность. Это демонстрируется рядом успешных кейсов, где использование прогностической аналитики приводило к снижению затрат на хранение запасов, уменьшению дефицита и ускорению времени выполнения заказов.

Например, в Alibaba Group методы машинного обучения использовались для оптимизации запасов и прогнозирования спроса, что привело к увеличению выручки на 10% и снижению затрат на хранение запасов на 5%. IBM Watson Supply Chain выявил, что использование прогностической аналитики для оптимизации запасов приводило к снижению затрат на хранение запасов на 20% и уменьшению дефицита на 10%.

Также использование анализа данных и машинного обучения позволяет повысить прозрачность и ускорить время выполнения заказов в цепочках поставок. Например, Unilever использовала прогностическую аналитику для повышения прозрачности всей цепочки поставок, что привело к сокращению времени выполнения заказов на 50%.

Важно отметить, что применение аналитики данных и машинного обучения не ограничивается крупными организациями, оно также может быть полезным для малых и средних предприятий. Сингапурский университет управления провел исследование, которое показало, что использование предиктивной аналитики малыми и средними предприятиями для прогнозирования спроса привело к сокращению складских затрат на 12% и повышению удовлетворенности клиентов на 6%.

Интеграция методов анализа данных и машинного обучения позволяет организациям принимать обоснованные решения, повышать точность прогнозов и оптимизировать уровни запасов, что в свою очередь приводит к повышению эффективности цепочки поставок и удовлетворенности клиентов.

### **Проблемы и ограничения**

*Обсуждение проблем и ограничений использования методов анализа данных и машинного обучения для прогнозирования и планирования спроса, включая вопросы качества данных и потребность в квалифицированном персонале.*

Анализ данных и машинное обучение могут принести множество выгод бизнесу, однако в их реализации может возникать несколько проблем. Ключевыми из них являются проблемы с качеством данных, так как точность, полнота и непротиворечивость данных необходимы для достоверных результатов. Кроме того, для работы с методами машинного обучения нужны квалифицированные кадры, а поиск таких специалистов может быть дорогостоящим. Интеграция этих методов в существующие системы также требует внимательного планирования и тестирования. Еще одним важным аспектом является стоимость реализации этих методов, которая может стать значительным препятствием для малых и средних предприятий. Наконец, существуют нормативные и этические соображения, которые также должны быть учтены. В целом, чтобы воспользоваться всеми преимуществами анализа данных и машинного обучения, необходимо проявлять тщательность и приверженность в решении возможных проблем и ограничений, инвестировать в технологии и персонал, обеспечивать качество данных и соблюдение нормативных требований.

*Предложения по преодолению этих проблем и ограничений*

Есть несколько предложений, которые организации могут рассмотреть, чтобы преодолеть проблемы и ограничения, связанные с использованием методов анализа данных и машинного обучения для прогнозирования спроса и планирования.

Во-первых, для точного прогнозирования и планирования спроса качество данных имеет решающее значение. Поэтому компании должны инвестировать в методы очистки, нормализации и интеграции данных, чтобы гарантировать точность, согласованность и полноту информации. Кроме того, необходимо следить за регулярным обновлением данных, чтобы избежать использования устаревшей информации.

Во-вторых, для эффективного внедрения методов анализа данных и машинного обучения необходим квалифицированный персонал. Организации могут рассмотреть возможность обучения своих сотрудников навыкам работы с данными и машинного обучения. Также можно рассмотреть возможность найма специалистов по данным, инженеров по машинному обучению или аналитиков данных, чтобы расширить возможности анализа данных.

В-третьих, компании могут использовать облачные сервисы для анализа данных и машинного обучения. Такие сервисы предоставляют доступ к сложным инструментам и платформам, которые могут быть недоступны для компаний из-за недостатка ресурсов. Облачные сервисы также предлагают масштабируемые решения, которые помогают организациям адаптироваться к изменениям спроса и повышать точность прогнозирования и планирования.

В-четвертых, компании могут использовать сочетание традиционных статистических методов и методов машинного обучения для прогнозирования и планирования спроса. Этот гибридный подход позволяет организациям использовать сильные стороны обоих методов и преодолеть ограничения каждого из них.

Наконец, важно для компаний регулярно отслеживать и оценивать эффективность своих методов анализа данных и машинного обучения. Это поможет определить области для улучшения и убедиться в достижении желаемых результатов. Регулярная оценка также может помочь компаниям выявить новые возможности для инноваций и роста, а также улучшить их стратегии прогнозирования и планирования спроса. Кроме того, важно не забывать о человеческом факторе и использовать данные только как инструмент для принятия решений, а не полагаться на них абсолютно. В итоге, компании, которые успешно используют методы анализа данных и машинного обучения для прогнозирования спроса и планирования, могут улучшить свою эффективность, повысить качество своих продуктов и услуг и оставаться конкурентоспособными на рынке.

В заключение, несмотря на некоторые сложности, связанные с использованием методов анализа данных и машинного обучения для прогнозирования и планирования спроса, следует отметить множество потенциальных преимуществ, которые могут быть достигнуты благодаря этим инструментам. Необходимо активно решать проблемы и ограничения, используя стратегии, описанные выше, чтобы организации могли более эффективно использовать методы анализа данных и машинного обучения для повышения эффективности цепочки поставок и удовлетворенности клиентов. Результатом таких усилий может стать улучшение качества принимаемых бизнес-решений, сокращение времени на принятие решений и увеличение прибыли компании.

## **Заключение**

### *Резюме основных выводов и вкладов*

Заключительный раздел научной статьи является неотъемлемой ее частью, и он включает в себя обобщение результатов, вклада и ограничений исследования. В данном документе были рассмотрены потенциальные преимущества интеграции методов анализа данных и машинного обучения для прогнозирования и планирования спроса, уровней запасов, дефицита и удовлетворенности клиентов. Также были рассмотрены проблемы и ограничения в реализации этих методов.

Однако, несмотря на все преимущества, стоит отметить, что этот документ не является исчерпывающим и может быть дополнен дополнительными исследованиями. Кроме того, хотя

интеграция методов анализа данных и машинного обучения может иметь очевидные преимущества, эффективность их использования может зависеть от множества факторов, особенно в конкретных контекстах цепочек поставок. И, конечно же, предложения по преодолению проблем и ограничений могут не быть применимы во всех случаях, что подчеркивает необходимость дальнейших исследований.

Однако, при перспективном взгляде в будущее, можно с уверенностью сказать, что исследования в области прогнозирования и планирования спроса с помощью анализа данных и машинного обучения будут продолжаться быстрыми темпами. Например, интеграция данных в режиме реального времени и использование прогнозной аналитики могут значительно улучшить точность и своевременность прогнозирования и планирования спроса. Кроме того, разработка передовых алгоритмов и моделей может обеспечить более точные и надежные прогнозы, что позволит компаниям еще больше оптимизировать свои операции в цепочке поставок. Таким образом, важно, чтобы будущие исследования в этой области по-прежнему были сосредоточены на выявлении новых методов и приложений, которые могут повысить производительность цепочки поставок и конкурентоспособность.

В заключение следует отметить, что интеграция методов анализа данных и машинного обучения является перспективным подходом для улучшения прогнозирования спроса и планирования в управлении цепочками поставок. Эта статья обобщает результаты исследования и предлагает ключевые выводы, в том числе потенциальные преимущества интеграции методов анализа данных и машинного обучения, такие, как повышение уровней запасов, дефицита и удовлетворенности клиентов, а также проблемы и ограничения в реализации этих методов. Однако, стоит учитывать, что рассмотренная литература не является исчерпывающей, и дополнительные исследования могут привести к новым выводам и проблемам.

Несмотря на это, будущее исследований в области прогнозирования и планирования спроса с использованием анализа данных и машинного обучения является перспективным. Например, интеграция данных в режиме реального времени и использование прогнозной аналитики могут значительно повысить точность и своевременность прогнозирования и планирования спроса. Развитие передовых алгоритмов и моделей может обеспечить более точные и надежные прогнозы, что поможет компаниям еще больше оптимизировать свои операции в цепочке поставок.

Таким образом, важно, чтобы будущие исследования в этой области были сосредоточены на выявлении новых методов и приложений, которые могут повысить производительность цепочки поставок и конкурентоспособность. Интеграция методов анализа данных и машинного обучения предлагает значительный потенциал для улучшения прогнозирования спроса и планирования в управлении цепочками поставок, несмотря на возможные проблемы и ограничения. Будущее исследований в этой области является многообещающим, и постоянные усилия по разработке передовых алгоритмов и моделей могут еще больше повысить точность и эффективность этих методов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Breiman L. Random forests // *Machine Learning*. 2001. 45(1). Pp. 5–32. DOI: 10.1023/A:1010933404324
2. Carbonneau R., Laframboise K., Vahidov R. Application of machine learning techniques for supply chain demand forecasting // *European Journal of Operational Research*. 2008. 184(3). Pp. 1140 – 1154. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2006.12.004>
3. Choi T., Hui C., Yu Y. Intelligent time series fast forecasting for fashion sales: A research agenda. In: *International Conference on Machine Learning and Cybernetics, ICMLC 2011, Guilin, China, July 10-13, 2011, Proceedings*, pp 1010–1014. DOI: 10.1109/ICMLC.2011.6016870
4. Choi T. M., Hui C. L., Liu N., Ng S. F., Yu Y. Fast fashion sales forecasting with limited data and time // *Decision Support Systems*. 2014. 59. Pp. 84 – 92. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2013.10.008>
5. Das P., Chaudhury S. Prediction of retail sales of footwear using feedforward and recurrent neural networks // *Neural Computing and Applications*. 2007. 16(4). Pp. 491–502. DOI: 10.1007/s00521-006-0077-3
6. Hui P., Choi T. M. 5 - using artificial neural networks to improve decision making in apparel supply chain systems. In: Choi TM (ed) *Information Systems for the Fashion and Apparel Industry*, Woodhead Publishing Series in Textiles, Woodhead Publishing, 2016, pp 97 – 107, DOI <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100571-2.00005-1>
7. James G., Witten D., Hastie T., Tibshirani R. *An Introduction to Statistical Learning: With Applications in R*. Springer Publishing Company, Incorporated 2014.
8. Kaya M., Yesil E., Dodurka M. F., Siradag S. *Fuzzy Forecast Combining for Apparel Demand Forecasting*, Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2014, pp 123–146.
9. Kogan K., Herbon A. Production under periodic demand update prior to a single selling season: A decomposition approach // *European Journal of Operational Research*. 2008. 184(1). Pp. 133 – 146, DOI <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2006.11.009>
10. Loureiro A., Miguéis V., da Silva L. F. Exploring the use of deep neural networks for sales forecasting in fashion retail // *Decision Support Systems*. 2018. 114. Pp. 81 – 93. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2018.08.010>
11. Lu C.J. Sales forecasting of computer products based on variable selection scheme and support vector regression // *Neurocomputing*. 2014. 128. Pp. 491 – 499. DOI <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2013.08.012>
12. van der Maaten L., Hinton G. Visualizing data using t-SNE // *Journal of Machine Learning Research*. 2018. 9. Pp. 2579–2605
13. Mostard J., Teunter R., de Koster R. Forecasting demand for single-period products: A case study in the apparel industry // *European Journal of Operational Research*. 2011. 211(1). Pp. 139 – 147. DOI <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2010.11.001>
14. Pillo G. D., Latorre V., Lucidi S., Procacci E. An application of support vector machines to sales forecasting under promotions // *4OR*. 2016. 14. Pp. 309–325.
15. Rousseeuw P. J. Silhouettes: A graphical aid to the interpretation and validation of cluster analysis // *Journal of Computational and Applied Mathematics*. 1987. 20. Pp. 53 – 65. DOI [https://doi.org/10.1016/0377-0427\(87\)90125-7](https://doi.org/10.1016/0377-0427(87)90125-7)
16. Sun Z.L., Choi T.M., Au K.F., Yu Y. Sales forecasting using extreme learning machine with applications in fashion retailing // *Decision Support Systems*. 2008. 46(1). Pp. 411 – 419. DOI <https://doi.org/10.1016/j.dss.2008.07.009>
17. Thomassey S. Sales forecasts in clothing industry: The key success factor of the supply chain management // *International Journal of Production Economics*. 2010. 128(2). Pp. 470 – 483. DOI <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2010.07.018>
18. Thomassey S., Happiette M., Castelain J. M. A short and mean-term automatic forecasting system—application to textile logistics // *European Journal of Operational Research*. 2005. 161(1). Pp. 275 – 284. DOI <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2002.09.001>
19. Wong W., Guo Z. A hybrid intelligent model for medium-term sales forecasting in fashion retail supply chains using extreme learning machine and harmony search algorithm // *International Journal of*



Production Economics. 2010. 128(2). Pp. 614 – 624. DOI <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2010.07.008>.

20.Xia M., Zhang Y., Weng L., Ye X. Fashion retailing forecasting based on extreme learning machine with adaptive metrics of inputs // Knowledge-Based Systems. 2012. 36. Pp. 253 – 259. DOI <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2012.07.002>

21.Zhang G. P. Time series forecasting using a hybrid ARIMA and neural network model // Neurocomputing. 2003. 50. Pp. 159–175.

22.Nian S.C., Fang Y.C., Huang M.S. In-mold and machine sensing and feature extraction for optimized IC-tray manufacturing // Polymers. 2019, 11, 1348.

23.Karimnezhad A., Moradi F. Bayes, E-Bayes and robust Bayes prediction of a future observation under precautionary prediction loss functions with applications. Applied mathematical modeling. 2016, 40, 7051–7061.

24.Moon M.A. Demand and Supply Integration: The Key to World-Class Demand Forecasting; Walter de Gruyter GmbH & Co KG: Berlin, Germany, 2018.

25.Bruzda J. Demand forecasting under fill rate constraints—The case of re-order points // International journal of Forecast. 2020, 36, 1342–1361.

26.Abadi S.N.R., Kouhikamali R. CFD-aided mathematical modeling of thermal vapor compressors in multiple effects distillation units // Applied mathematical modeling. 2016, 40, 6850–6868.

27.Nia A.R., Awasthi A., Bhuiyan N. Industry 4.0 and demand forecasting of the energy supply chain // Computers & Industrial Engineering. 2021, 154, 107128.

28.Hu M., Qiu R.T., Wu D.C., Song H. Hierarchical pattern recognition for tourism demand forecasting // Tourism Management. 2021, 84, 104263.

29.Kozik P., Sp J. Aircraft engine overhaul demand forecasting using ANN // Management and Production Engineering Review. 2012, 3, 21–26.

30.Gutierrez R.S., Solis A.O., Mukhopadhyay S. Lumpy demand forecasting using neural networks // International journal of production economy. 2008, 111, 409–420.

31.Willemain T.R., Smart C.N., Schwarz H.F. A new approach to forecasting intermittent demand for service parts inventories // International journal of Forecast. 2004, 20, 375–387.

32.Dunn W.N. Poblicy Analysis: An Introduction, 2nd ed.; Prentice Hall Englewood Cliffs: Hoboken, NJ, USA, 1994.

33.Rosienkiewicz M., Chlebus E., Detyna J. A hybrid spares demand forecasting method dedicated to mining industry // Applied mathematical modeling. 2017, 49, 87–107.

34.Box G.E.P., Jenkins G.M. Time Series Analysis: Forecasting and Control; Holden-Day: San Francisco, CA, USA, 1976.

35.Siami-Namini S., Tavakoli N., Namin A.S. A comparison of ARIMA and LSTM in forecasting time series. In Proceedings of the 2018 17th IEEE International Conference on Machine Learning and Applications (ICMLA), Orlando, FL, USA, 17–20 December 2018; pp. 1394–1401.

36.Fattah J., Ezzine L., Aman Z., El Moussami H., Lachhab A. Forecasting of demand using ARIMA model // International Journal of Engineering in Business management. 2018, 10, 1847979018808673.

37.Salman A.G., Kanigoro B. Visibility forecasting using autoregressive integrated moving average (ARIMA) models // Procedia Computational Sciences. 2021, 179, 252–259.

38.Roondiwala M., Patel H., Varma S. Predicting stock prices using LSTM // International Journal of Science and Research. 2017, 6, 1754–1756.

39.Pacella M., Papadia G. Evaluation of deep learning with long short-term memory networks for time series forecasting in supply chain management // Procedia CIRP 2021, 99, 604–609.

40.Chien C.F., Hong T.Y., Guo H.Z. An empirical study for smart production for TFT-LCD to empower Industry 3.5 // Journal of Chinese Institute of Engineering. 2017, 40, 552–561.

41.Abbasimehr H., Shabani M., Yousefi M. An optimized model using LSTM network for demand forecasting // Computational Industrial Engineering. 2020, 143, 106435.

42. Priya C.B., Arulanand N. Univariate and multivariate models for Short-term wind speed forecasting // *Materials Today: Proceedings*. 2021.
43. Shi H., Xu M., Li R. Deep learning for household load forecasting—A novel pooling deep RNN // *IEEE Transactions on Smart Grid*. 2017, 9, 5271–5280.
44. Kong W., Dong Z.Y., Jia Y., Hill D.J., Xu Y., Zhang Y. Short-term residential load forecasting based on LSTM recurrent neural network // *IEEE Transactions on Smart Grid*. 2017, 10, 841–851.
45. Weng B., Martinez W., Tsai Y.T., Li C., Lu L., Barth J.R., Megahed F.M. Macroeconomic indicators alone can predict the monthly closing price of major US indices: Insights from artificial intelligence, time-series analysis and hybrid models // *Applied Soft Computing*. 2018, 71, 685–697.
46. Qiao W., Wang Y., Zhang J., Tian W., Tian Y., Yang Q. An innovative coupled model in view of wavelet transform for predicting short-term PM10 concentration. *Journal of Environmental Management*. 2021, 289, 112438.
47. Kang Y., Hyndman R.J., Smith-Miles K. Visualising forecasting algorithm performance using time series instance spaces // *International Journal of Forecasting*, 2017, vol. 33, no. 2, pp. 345–358.
48. Kourentzes N. Intermittent demand forecasts with neural networks // *International Journal of Production Economics*, 2013, 198-206, 2013. DOI: 10.1016/j.ijpe.2013.01.009.
49. Lasek A., Cercone N., Saunders J. Restaurant Sales and Customer Demand Forecasting: Literature Survey and Categorization of Methods. In: Leon-Garcia A. et al. (eds) *Smart City 360°*.
50. Kilimci Z. H., Akyuz A. O., Uysal M., Akyokus A., Uysal M. O., Bulbul B. A., Ekmiş M. A. An Improved Demand Forecasting Model Using Deep Learning Approach and Proposed Decision Integration Strategy for Supply Chain // *Complexity*. 2019. Vol. 1. 9067367 | <https://doi.org/10.1155/2019/9067367>
51. Alfian G., Syafrudin M., Fitriyani N. L., Alam S., Pratomo D. N., Subekti L., Octava M. Q. H., Yulianingsih N. D., Atmaji F. T. D., Benes F. Utilizing Random Forest with iForest-Based Outlier Detection and SMOTE to Detect Movement and Direction of RFID Tags // *Future Internet*. 2023; 15(3):103. <https://doi.org/10.3390/fi15030103>
52. Rathipriya R., Abdul Rahman A.A., Dhamodharavadhani S. Demand forecasting model for time-series pharmaceutical data using shallow and deep neural network model // *Neural Computations & Applications*. 2023. 35, 1945–1957. <https://doi.org/10.1007/s00521-022-07889-9>
53. İmece S., Beyca Ö. F. Demand Forecasting with Integration of Time Series and Regression Models in Pharmaceutical Industry // *International Journal of Advances in Engineering and Pure Sciences*. 2022, 34(3): 415-425 DOI: 10.7240/jeps.1127844
54. Mitra A., Jain A., Kishore A. A Comparative Study of Demand Forecasting Models for a Multi-Channel Retail Company: A Novel Hybrid Machine Learning Approach // *Operations Research Forum*. 2022. 3, 58. <https://doi.org/10.1007/s43069-022-00166-4>
55. Kim J.-D., Kim T.-H., Han S. W. Demand Forecasting of Spare Parts Using Artificial Intelligence: A Case Study of K-X Tanks // *Mathematics*. 2023. 11(3). 501. <https://doi.org/10.3390/math11030501>

# Using data analytics and machine learning techniques to forecast and plan demand, to optimize inventory levels, reduce stockouts, and improve customer satisfaction

**Rogulin Rodion Sergeevich**

Candidate of Economic Sciences

Vladivostok State University, Vladivostok, Russia

E-mail: rafassiaofusa@mail.ru

**Annotation.** The paper discusses the potential benefits of integrating data analysis and machine learning methods for demand forecasting and planning in supply chain management. It includes an analysis of thematic studies and documents in which these methods have been successfully integrated to improve the effectiveness of supply chain management, and describes their impact on inventory levels, shortages, and customer satisfaction. The paper also discusses the problems and limitations of using these methods, including data quality issues and the need for qualified personnel, and offers strategies to overcome these problems. The study also considers future research directions in demand forecasting and planning, including real-time data integration and the use of predictive analytics. The results of the paper are summarized and conclusions are drawn for practice and future research. Overall, the integration of data analysis and machine learning methods can significantly improve demand forecasting and planning in supply chain management, but it requires careful analysis of data quality, personnel training, and technological infrastructure.

**Keywords:** data analysis, machine learning, demand forecasting, planning, supply chain