

**Раздел 2. «Информационно-коммуникационные технологии»**

МРНТИ 20.15.05

Т.С. Ибраев, В.Н. Головачева

*Карагандинский Технический Университет имени Абылкаса Сагинова,  
Караганда, Казахстан  
(E-mail.ru: fff.fff.fff.2017@mail.ru, grek79@mail.ru)*

**Моделирование и прогнозирование доставки грузов для заблокированных и разблокированных улиц с использованием методов машинного обучения**

Данная статья представляет собой исследование, посвященное применению методов машинного обучения для моделирования и прогнозирования доставки грузов. В статье описываются кинематические волны и их влияние на создание заторов на дорогах, а также преимущества использования методов машинного обучения для улучшения пропускной способности дорог и справления с заторами. В частности, рассматриваются искусственные нейронные сети и их применение для анализа перемещения грузов по улицам. В тексте также приводятся результаты экспериментов, в которых сравниваются различные методы машинного обучения, такие как Support vector machine и Artificial Neural Network, по их способности предсказывать задержки на дорогах. В целом, данная статья представляет интерес для специалистов в области транспортной логистики и исследователей, занимающихся применением методов машинного обучения в различных областях. Эта информация имеет практическую значимость для магистерской диссертации по теме «Исследование и разработка методов и алгоритмов интеллектуального анализа данных для системы массового обслуживания служб доставки». В целом, применение методов машинного обучения для прогнозирования доставки грузов может помочь улучшить экономическую эффективность логистических операций, а также уменьшить негативное воздействие на окружающую среду.

*Ключевые слова:* машинное обучение, доставка грузов, заторы на дорогах, прогнозирование, искусственные нейронные сети, SVM, ANN.

**Введение**

Заторы на дорогах которые связаны с различными перевозками, в последние годы становятся более заметными на фоне остальных проблем. По этой причине перед дорожными инженерами стоит задача в поиске решения для комплексного улучшения пропускной способности дорог в разное время суток. В современном мире, где логистика играет ключевую роль в экономике, эффективность доставки грузов является одним из главных факторов успеха. Однако, заторы на дорогах могут привести к задержкам и повышению стоимости доставки, что негативно сказывается на бизнесе. В этом контексте, использование методов машинного обучения может помочь оптимизировать процесс доставки и уменьшить задержки на дорогах.

**Основная часть**

Чтобы справиться с такой довольно глобальной проблемой, часто применяют метод «все или ничего» и теорию кинематических волн для расчета доставки грузов до точки. Концепция напрямую эквивалентна легковым автомобилям, которые используются для обоснования противоположного воздействия на дорожное движение потоковых операции. Он основывается на идее, что транспортный поток либо свободно движется, либо полностью остановлен из-за затора. Это может быть полезно для принятия решений об управлении трафиком и обработке информации о текущем состоянии дороги. Кинематические волны возникают из-за изменений скорости движения транспортных средств в

## Раздел 2. «Информационно-коммуникационные технологии»

потоке. Например, заторы могут создаваться из-за резкого изменения скорости или маневров транспортных средств.

Моделирование и прогнозирование доставки различных грузов с разным сценарием нагрузки улиц с помощью методов машинного обучения становится все более приемлемым. Ведь с развитием вычислительных систем стало возможно не только обычно классифицировать данные и выполнить их прогнозирование. В любом из возможных сценариев можно построить модель машинного обучения на основе сложных наборов данных, которые помогут знать наиболее вероятный сценарий в реальном времени. Машинное обучение не дает 100% шанс на выполнение прогнозируемого сценария, но выдает максимально приближенный к этому значению. Для транспортных средств можно оценить поведение отдельных водителей для решения пробок на дорогах и последующего прогнозирования трафика на несколько часов вперед. Для прогнозирования такого рода сценария используют модель машинного опорного вектора (SVM- Support vector machine) с использованием определения остановок доставки с использованием данных системы позиционирования. Основной структурой SVM является система из трех нужд. А именно период остановки, расстояние от точки А до точки Б и расстояние до ближайшего крупного затора на дороге.

Модель машинного обучения может использовать различные данные из системы позиционирования, в зависимости от конкретной задачи или приложения.

Например, для задач навигации или определения местоположения объекта могут быть использованы данные о географических координатах, такие как широта, долгота и высота. Эти данные могут поступать от GPS, ГЛОНАСС или других систем навигации.

В других сценариях, где требуется анализ перемещения объектов или определение траекторий, могут использоваться данные о скорости, ускорении, направлении движения и времени.

Также могут быть важными данные о сигналах, качестве связи или статусе соединения в случае использования мобильной связи или других средств передачи информации.

После вычисления положения и времени задержки были использованы методы машинного обучения, такие как искусственная нейронная сеть и машина опорных векторов которые используются для прогнозирования и валидации экспериментальных данных. Блок-схема, изображающая методологию, показана на рис. 1.

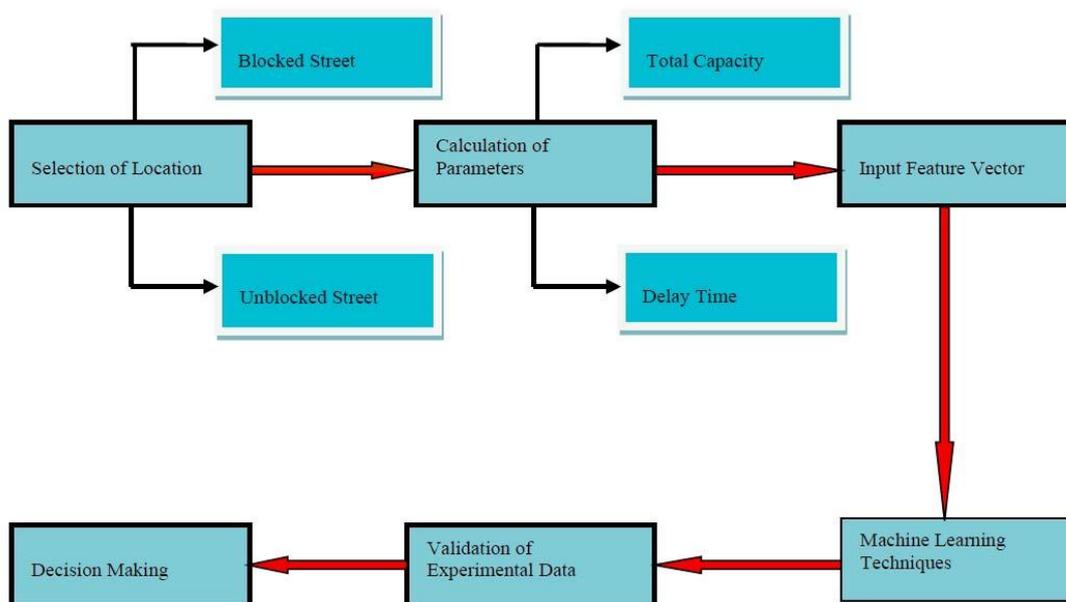


Рис 1 - Блок-схема, изображающая методологию, используемую для прогнозирования с использованием методов машинного обучения

Машинное обучение представляет собой наборы алгоритмов, в которых шаблоны идентифицируются в предоставленных данных. В широком смысле методы машинного обучения подразделяются на контролируемые методы обучения, в которых помеченные данные необходимы для

## Раздел 2. «Информационно-коммуникационные технологии»

классификации или регрессии, неконтролируемое обучение, в котором используются немаркированные данные, и полу-управляемое обучение, в котором используются как помеченные, так и немаркированные данные. Искусственная нейронная сеть (ANN - Artificial Neural Network), машина опорных векторов (SVM), случайный лес - это некоторые из широко используемых алгоритмов, используемых в различных приложениях.

Искусственная нейронная сеть - это вычислительная модель, и она работает подобно тому, как человеческий мозг обрабатывает информацию с помощью нейронов. ANN обычно состоит из входных данных, которые умножаются на веса, где веса обозначают силу сигнала, а вычисление выполняется с помощью математической функции, которая обозначает активацию нейрон. Регулируя веса нейрона, мы можем получить желаемый результат для заранее заданных входных данных. Например:

- Для анализа заблокированных и разблокированных улиц, нейронная сеть может быть обучена на большом объеме данных о перемещении грузов по улицам.

- ANN может использовать информацию о трафике, сезонности, погодных условиях, истории блокировок улиц и других факторах для прогнозирования времени доставки на различных участках дорог.

Машина опорных векторов - это тип алгоритма контролируемого обучения, который в основном используется для классификации и регрессии. Формулировка SVM основана на принципе минимизации структурных рисков. В контексте прогнозирования доставки грузов, SVM может использоваться для классификации улиц на заблокированные и разблокированные на основе исторических данных о том, когда улицы были заблокированы (например, из-за строительных работ, дорожных аварий и т.д.). Тем самым SVM строит гиперплоскость, которая разделяет данные на классы (заблокированные и разблокированные улицы) наиболее оптимальным образом. Это позволяет прогнозировать, будет ли улица заблокирована в будущем на основе различных признаков, таких как время суток, день недели, сезонность и т.д.

Методы машинного обучения, такие как SVM и ANN, использовались для прогнозирования пропускной способности и задержки для заблокированных и разблокированных состояний улиц. Такие параметры, как коэффициент корреляции, среднеквадратичная ошибка и абсолютная ошибка, использовались для анализа возможностей прогнозирования методов машинного обучения. Коэффициент корреляции относится к числовой зависимости между двумя переменными, которая может быть измерена либо в порядковой, либо в непрерывной шкалах. Корреляция не подразумевает взаимосвязи, скорее она предполагает связь между двумя переменными. Коэффициент корреляции определяет силу взаимосвязи, и его значение находится в диапазоне от -1 до +1. Для заблокированной улицы и времени задержки ANN задал высокое значение коэффициента корреляции по сравнению с SVM. Среднеквадратичная ошибка измеряет различия между значениями, предсказанными моделью машинного обучения, и наблюдаемыми значениями. Другими словами, он измеряет качество соответствия между фактическими данными и прогнозируемой моделью. Для модели идеального прогнозирования среднеквадратичная ошибка должна быть минимальным. Средняя абсолютная ошибка - это мера разницы между двумя непрерывными переменными. Для анализа способности модели машинного обучения к прогнозированию значение должно быть как можно ниже.

При прогнозировании доставки грузов на заблокированных и разблокированных улицах могут возникнуть несколько проблем, влияющих на точность прогнозов. Вот некоторые из них:

- Изменения в дорожной инфраструктуре, дорожные работы, аварии и другие события могут привести к блокировке улиц или изменению трафика. Информация о таких событиях может быть неполной или неактуальной, что затрудняет точный прогноз.

- Недостаточное количество данных о прошлых блокировках или неполные данные о трафике могут снизить точность прогнозов.

- Шум в данных, такой как ошибки измерений, некорректные данные о трафике и прочее, также может снизить точность моделей.

- Влияние различных факторов на блокировку улиц может быть сложным и многомерным. Например, погодные условия, события в городе, временные особенности и другие факторы могут оказывать влияние на прогнозы.

- Дорожная сеть динамична и может меняться со временем. Модели могут столкнуться с проблемой адаптации к новым условиям, если они не были обучены на достаточно актуальных данных.

Для улучшения точности прогнозов можно принять следующие меры:

## **Раздел 2. «Информационно-коммуникационные технологии»**

- Собрать более широкий спектр данных о трафике, блокировках улиц, погодных условиях и других факторах, чтобы модели имели больше информации для обучения.
  - Очистить данные от шума, исправить ошибки, а также обновлять данные регулярно, чтобы учесть изменения в дорожной инфраструктуре.
  - Включение разнообразных факторов (погода, события, информация о дорогах и т.д.) может помочь моделям учесть больше влияющих факторов на блокировку улиц.
  - Регулярное обновление моделей на основе новых данных для адаптации к изменяющимся условиям.
  - Сочетание нескольких моделей (например, SVM и нейронных сетей) или создание ансамблей моделей может помочь улучшить обобщающую способность прогнозов.
- Учѐт этих факторов и применение соответствующих методов для улучшения моделей может значительно повысить точность прогнозов доставки грузов на заблокированных и разблокированных улицах.

Список использованных источников:

- 1) Holguin-Veras, J., Sanchez-Diaz, I. and Browne, M. ,2016.Sustainable Urban Freight Systems and Freight Demand Management. Transportation Research Procedia 12,40-52.
- 2) Keegan, A. and Gonzales, E. ,2016.Evaluating Capacity and Delay for Signalized Arterials with Freight Deliveries. Transportation Research Procedia 15,161-175.
- 3) Upadhyaya, R.,Manglick,A., Reddy,D.K.,Padhy,P.K., Kankar,P.K., 2015. Channel Optimization and Nonlinear Feature Extraction for Electroencephalogram Signals Classification. Computersand Electrical Engineering. 45,222- 234.

Т.С. Ибраев, В.Н. Головачева

### **Машиналық оқыту әдістерін қолдана отырып, блокталған және жабылмаған көшелер үшін жүктерді жеткізуді модельдеу және болжау**

Бұл мақала жүктерді жеткізуді модельдеу және болжау үшін машиналық оқыту әдістерін қолдану бойынша зерттеу болып табылады. Мақалада кинематикалық толқындар және олардың көлік кептелісіне әсері, сондай-ақ жол өткізу қабілетін жақсарту және кептелісті басқару үшін машиналық оқыту әдістерін пайдаланудың артықшылықтары сипатталған. Атап айтқанда, жасанды нейрондық желілер және оларды көше бойындағы жүк қозғалысын талдау үшін қолдану қарастырылған. Сондай-ақ мәтінде көліктік кідірістерді болжау мүмкіндігіне қатысты қолдау векторлық машинасы және жасанды нейрондық желі сияқты әртүрлі машиналық оқыту әдістерін салыстыратын эксперименттердің нәтижелері берілген. Жалпы, бұл мақала көліктік логистика саласындағы мамандарды және әртүрлі салаларда машиналық оқыту әдістерін қолданумен айналысатын зерттеушілерді қызықтырады. Бұл ақпараттың «Қызметтерді жеткізу үшін кезекке қою жүйесі үшін деректерді іздеу әдістері мен алгоритмдерін зерттеу және әзірлеу» тақырыбы бойынша магистрлік диссертация үшін практикалық маңызы бар. Жалпы алғанда, жүктерді жеткізуді болжау үшін машиналық оқыту әдістерін қолдану логистикалық операциялардың экономикалық тиімділігін арттыруға, сондай-ақ қоршаған ортаға теріс әсерді азайтуға көмектеседі.

*Түйін сөздер:* машиналық оқыту, жүктерді жеткізу, кептеліс, болжау, жасанды нейрондық желілер, SVM, ANN.

**Раздел 2. «Информационно-коммуникационные технологии»**

T.S. Ibraev, V.N. Golovacheva

**Modeling and forecasting cargo delivery for blocked and unblocked streets using machine learning methods**

This article is a study on the application of machine learning methods for modeling and forecasting cargo delivery. The article describes kinematic waves and their impact on traffic congestion, as well as the benefits of using machine learning techniques to improve road capacity and manage congestion. In particular, artificial neural networks and their application to analyze the movement of goods along the streets are considered. The text also provides results from experiments that compare various machine learning methods, such as Support vector machine and Artificial Neural Network, on their ability to predict traffic delays. In general, this article is of interest to specialists in the field of transport logistics and researchers involved in the application of machine learning methods in various fields. This information has practical significance for the master's thesis on the topic "Research and development of methods and algorithms for data mining for a queuing system for delivery services." Overall, the application of machine learning methods to predict cargo delivery can help improve the cost efficiency of logistics operations, as well as reduce the negative impact on the environment.

*Key words:* machine learning, cargo delivery, traffic congestion, forecasting, artificial neural networks, SVM, ANN.

## References

- 1) Holguin-Veras, J., Sanchez-Diaz, I. and Browne, M. ,2016.Sustainable Urban Freight Systems and Freight Demand Management. Transportation Research Procedia 12,40-52.
- 2) Keegan, A. and Gonzales, E. ,2016.Evaluating Capacity and Delay for Signalized Arterials with Freight Deliveries. Transportation Research Procedia 15,161-175.
- 3) Upadhyaya, R.,Manglick,A., Reddy,D.K.,Padhy,P.K., Kankar,P.K., 2015. Channel Optimization and Nonlinear Feature Extraction for Electroencephalogram Signals Classification. Computersand Electrical Engineering. 45,222- 234.