

МЕТОД ОПТИМИЗАЦИИ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ПУНКТА ДОСМОТРА НА ВЫСОКОСКОРОСТНОМ ТРАНСПОРТЕ

В. М. Антонова¹, Д. О. Волков², Н. А. Гречишкина³, Н. А. Кузнецов³

¹ Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана,
105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1

² Московский физико-технический институт (государственный университет),
141701, Московская область, г. Долгопрудный, Институтский пер., 9

³ Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН,
125009, Москва, Моховая 11-7

Статья поступила в редакцию 16 марта 2017 г.

Аннотация. Возрастающие в последнее время требования к безопасности пассажиров на высокоскоростном транспорте (метро, аэроэкспрессы, электрички и т.д.) привели к установке в пунктах доступа пассажиров систем досмотра, которые должны работать с необходимой пропускной способностью, при неравномерности пассажиропотока, без создания больших очередей. В связи с этим возникает ряд задач, связанных с управлением доступом пользователей к кабинам пункта досмотра. Целью данной работы является создание модели предсказания значений целевой функции на основе нескольких значений входных переменных с использованием метода классификации входящего пассажиропотока на основе дерева принятия решения. Данный метод очень нагляден и не требует предварительной обработки данных для исследований. Так как основной особенностью пассажиропотока является его неравномерность, т.е. изменчивость по времени (по часам, суткам, дням недели, сезонам года), диапазон изменения факторов, влияющих на неравномерность пассажиропотока, весьма значителен, что приводит к появлению большого количества вариантов их различных сочетаний. Таким образом, после проведения статистического моделирования, в качестве которого используется двугорбое распределение, получаемое путем сложения трех нормальных распределений с пиками утром, днем, вечером,

было получено более десяти тысяч различных входных распределений пассажиропотока по времени суток. При использовании дерева принятия решений по первому часу работы досмотровых пунктов можно определить мощность входящего пассажиропотока в течение всего дня, что позволит определить необходимое количество пунктов досмотра. Таким образом будут сокращены очереди к досмотровым пунктам. Аналогичные задачи могут решаться и операторами мобильной связи, которые обслуживают абонентов, прибывающих на вокзалы и аэропорты.

Ключевые слова: дерево принятия решений, пассажиропоток, пункты досмотра.

Abstract. Ever-increasing demands for passenger safety on high-speed transport (e.g. underground railway, aeroexpress trains, commuter trains, etc.) have resulted in installing screening systems at the passenger checkpoints, the systems having to work with the necessary throughput considering passenger traffic unevenness and not gathering long queues. This leads to a number of challenges related to managing users' access to inspection point boxes. The aim of the given work is to build a model for predicting values of an objective function on the basis of several input variable values using the classification method of incoming passenger traffic based on a decision tree. This method is demonstrable and doesn't require data preprocessing for studying. The main feature of passenger traffic being its unevenness, i.e. its time-to-time variability (according to time, days of week, seasons), the spread of factors influencing passenger traffic unevenness is rather large; this results in a great number of their various combinations. Thus more than ten thousand different incoming distributions of the passenger traffic according to the time of the day has been received as a result of the statistic simulation which presents a double-humped distribution carried out by means of combining three normal distributions having peaks in the morning, afternoon and evening. Applying a decision tree to the first hour of inspection point operation allows to define the capacity of incoming passenger traffic during the whole day and therefore the necessary quantity of inspection points can be determined. This leads to reducing queues to the inspection

points. Similar problems can be solved by mobile operators who serve subscribers arriving at the railway stations and airports.

Keywords: decision tree, passenger traffic, point boxes.

Основной особенностью пассажиропотока на транспорте является его неравномерность (по часам, суткам, дням недели, сезонам года и т.д.). При этом, характерной особенностью исследуемого пассажиропотока является то, что его распределение по времени суток имеет, как правило, двугорбое распределение (рис. 1), то есть наличие высоких пиков как в утренние так и в вечерние часы. Рассматриваемая в статье задача является задачей группового обслуживания с накоплением, при этом входной пассажиропоток – не стационарный по времени.

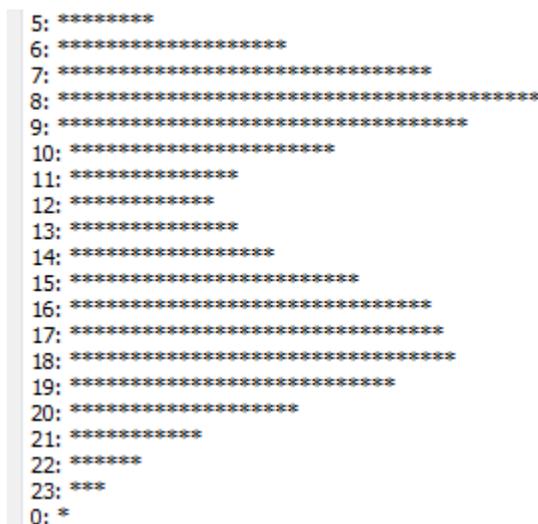


Рис. 1. Пример двугорбного распределение входящего на станцию пассажиропотока по времени суток.

В работе рассмотрен пример предсказания общего количества пассажиров, которые войдут на станцию в течение дня, исходя из данных о первых 45 минутах работы станции. Аналитические модели [1] накладывает определенные ограничения на параметры инициирования и обслуживания исследуемых заявок. Кроме того, часто требуется очень большой объем вычислений, например, при увеличении соотношения времени досмотра

пассажиров. Так как досмотровые пункты перед входом на станцию образуют дополнительные очереди, которые необходимо учитывать в расчете (рис. 2).

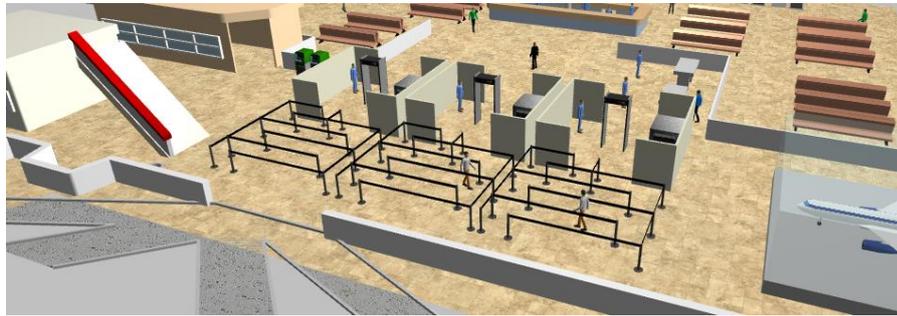


Рис.2 Очередь к досмотровому пункту перед входом на станцию.

В данной работе предложено ввести классификацию входящего пассажиропотока с использованием метода регрессионных деревьев. Перед началом работы пунктов досмотра необходимо некоторое исследование входящего пассажиропотока, с целью анализа данных. Для этого могут подойти как базовые инструменты Matlab, так и статистические методы, например, для оценки корреляции. Далее, необходимо приступить к выбору модели: регрессии, классификации или кластеризации. Как правило, разные модели дают разные результаты [2]. Полученную и натренированную модель можно использовать для прогнозов.

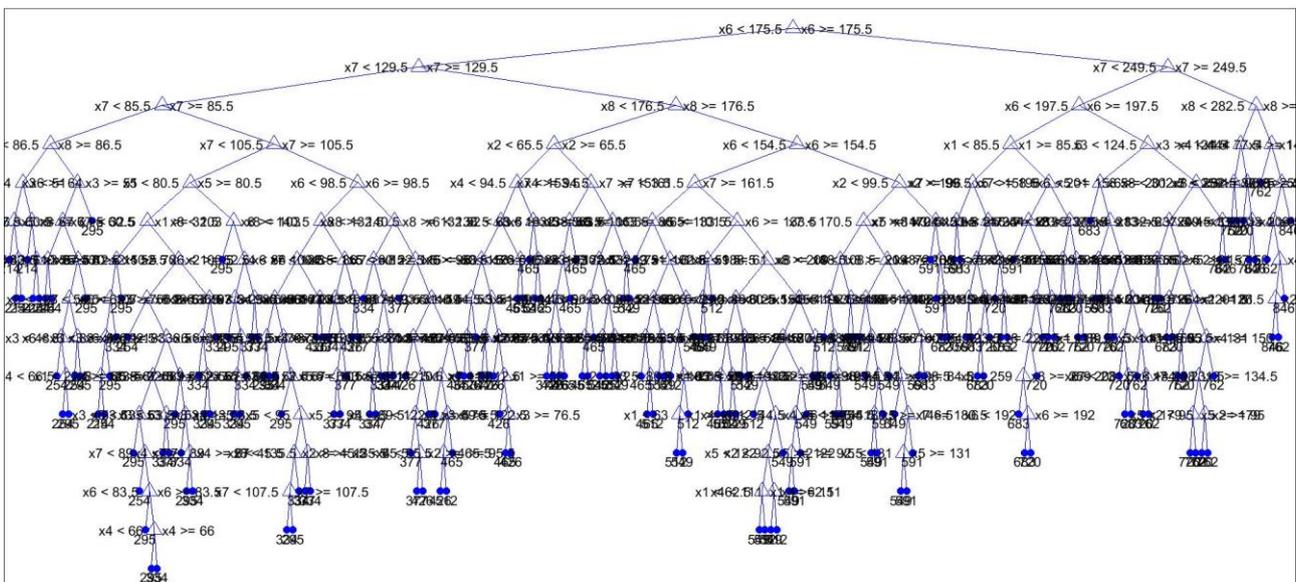


Рис 3. Дерево распределения

Рассмотрим метод классификации, основанный на дереве принятия решений — средство поддержки принятия решений, использующееся в статистике и анализе данных для прогнозных моделей [3]. Структура дерева представляет собой «листья» и «ветки» (рис. 3). На «ветках» записаны условия, по которым классифицируется функция на данном этапе, в «листьях» записаны значения, к которым будет отнесена целевая функция после «спуска» по дереву. Подобные деревья решений широко используются в интеллектуальном анализе больших наборов данных.

Достоинствами данного метода являются: проста в понимании и интерпретации, отсутствие специальной подготовки данных к обработке и способность работать как с категориальными, так и с интервальными типами переменных. Многие методы работают лишь с теми данными, где присутствует лишь один тип переменных, подчиняющийся нормальному закону распределения.

К недостаткам метода можно отнести:

- Практическое применение алгоритма деревьев решений основано на эвристических алгоритмах.
- Проблема переобучения. Для того, чтобы избежать данной проблемы, необходимо использовать Метод «регулирования глубины дерева».
- Сложность и громоздкость модели.

Для рассмотренной задачи классификации пассажиропотока сначала было проведено моделирование различного входного пассажиропотока с изменяющимися параметрами математического ожидания и дисперсии, после чего произведена оценка количества независимых классов. Получено 14 независимых классов (рис. 4).

После чего задача классификации свелась к распределению классам потребности в работе пунктов досмотра. Проиллюстрируем полученные совпадения и оценим качество работы классификатора. Для построения графической оценки работы классификатора данные разбиваются на обучающие и тестовые. Просуммировав все совпадения, получим число верных

ответов (рис. 5). Если классификатор хороший, то на главной диагонали должны быть единицы.

```

model =
  TreeBagger
  Ensemble with 20 bagged decision trees:
    Training X:      [1260x8]
    Training Y:      [1260x1]
    Method:          classification
    NumPredictors:   8
    NumPredictorsToSample: 3
    MinLeafSize:     1
    InBagFraction:   1
    SampleWithReplacement: 1
    ComputeOOBPrediction: 0
    ComputeOOBPredictorImportance: 0
    Proximity:       []
    ClassNames:      '214'      '254'      '295'      '334'      '377'

  Properties, Methods
Tree Bagger % within 1 unit - 72.1429%
    
```

Рис 4. Распределение по классам

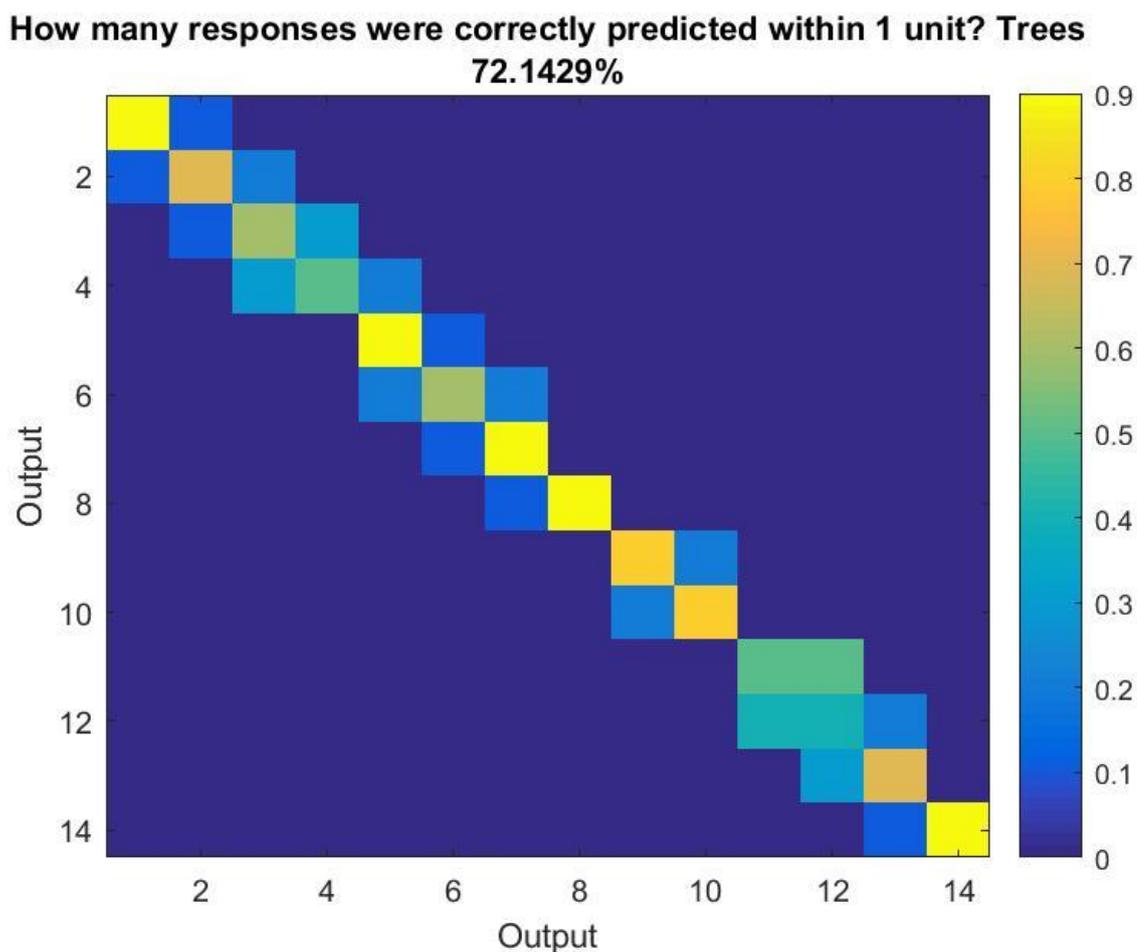


Рис 5. Определение класса дневного пассажиропотока.

В ходе работы классификатора получено 72.1429% правильных ответов в пределах одного класса. В результате, предсказание входящего за день пассажиропотока позволит открыть необходимое количество пунктов досмотра, а также определить нужное количество работающих на них людей. Это приведет к снижению затрат на рабочую силу и сокращению очередей на досмотровых пунктах. В противном случае, на досмотровых пунктах могут образовываться большие очереди (рис. 6).

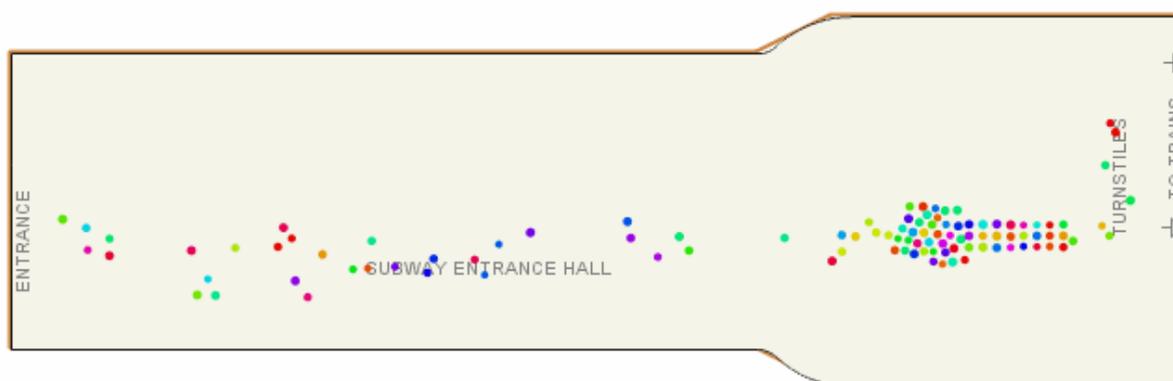


Рис. 6. Иллюстрация работы досмотровых пунктов при превышенном пассажиропотоке. Для просмотра анимации щелкните на изображении.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 16-29-09497 офи-м).

Литература

1. Степанов С.Н. Теория телетрафика: концепции, модели, приложения. - М.: Горячая линия – Телеком, 2015 – 868 с.
2. Антонова В.М., Волков Д.О., Кузнецов Н.А., Старостенко А.М. Решение задачи классификации для построения прогнозных моделей пассажиропотока в среде MATLAB. Информационные процессы. 2017 - март
3. Антонова В.М., Богомолов И.В., Селенина А.Л. Методика анализа больших объемов данных на примере задачи классификации при

проектировании систем отопления. Развитие современной науки : теоретические и прикладные аспекты сборник статей студентов, магистрантов, аспирантов, молодых ученых и преподавателей (29 марта, 2016 г.). Пермь, 2016. С. 17-21.

4. Антонова В.М., Овинникова Т.В. Преимущества использования пикосот в сетях LTE. Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. 2016. Т. 1. № 9. С. 27-29.

Ссылка на статью:

В. М. Антонова, Д. О. Волков, Н. А. Гречишкина, Н. А. Кузнецов.: Метод оптимизации пропускной способности пункта досмотра на высокоскоростном транспорте. Журнал радиоэлектроники [электронный журнал]. 2017. №3. Режим доступа: <http://jre.cplire.ru/jre/mar17/7/text.pdf>