

метров автоматически определить значения остальных параметров. Это значительно ускоряет процесс формирования актов о неисправностях объекта инфраструктуры железнодорожной станции. Необходимо отметить, что данная подсистема является локальной и не зависит от внешних информационных ресурсов. Это необходимое условие информационной безопасности Белорусской железной дороги, которое не допускает утечки служебной информации и на физическом уровне обеспечивает кибербезопасность информационной инфраструктуры.

Основой подсистемы распознавания речи является математическая языковая модель, основанная на применении полносвязной нейронной сети. Эта модель предварительно обучена на большом объеме аудиоданных, содержащих различные голоса, акценты и фразы из толкового словаря, что позволяет с достаточной точностью распознавать речь оператора. Для улучшения точности распознавания речи в условиях непрерывного перевозочного процесса на станции, модель может быть дополнительно обучена под местные условия. Это включает в себя учет шумов и помех в звуковой записи речи, которые могут возникать в данных условиях. Обучение можно осуществлять также под индивидуальные особенности речи пользователя и учитывать сформированный классификатор неисправностей, тем самым уточняя языковую модель и уменьшая вероятность неправильных распознаваний. Данная подсистема представляет собой мощный инструмент, способный анализировать и интерпретировать звуковые сигналы, преобразуя их в форму, необходимую для формирования актов КМО.

Автоматизированная система «Комиссионный месячный осмотр» с интегрированной подсистемой распознавания речи оператора представляет собой инновационное решение для оптимизации процесса комиссионных месячных осмотров железнодорожных станций. Это позволяет значительно сократить затраты и повысить эффективность управления безопасностью и обслуживанием инфраструктуры железнодорожного транспорта, что имеет важное значение для обеспечения безопасности движения на железной дороге. При этом интеграция АС КМО в интеллектуальную систему управления перевозочным процессом позволит смежным информационно-управляющим системам получать актуальную и оперативную информацию о состоянии объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта.

Список литературы

1 Повышение безопасности эксплуатационной работы железнодорожных станций за счет цифровой трансформации бизнес-процессов комиссионных месячных осмотров / В. Г. Козлов [и др.] // Проблемы безопасности на транспорте : материалы XII Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 160-летию Бел. ж. д. / под общ. ред. Ю. И. Кулаженко. – Гомель : БелГУТ, 2022. – С. 32–33.

УДК 656.212.5:656.2.08

ПРИМЕНЕНИЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ РАСЧЕТА ЭНЕРГОЗАТРАТ НА ТЯГУ Поездов

В. Г. КОЗЛОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Организация движения поездов на железнодорожном транспорте требует значительных энергетических затрат. За 2021 г. на Белорусской железной дороге в общих расходах на организацию перевозочного процесса на локомотивное хозяйство приходилось 35,8 %, из которых энергозатраты на тягу поездов составляли 47,5 %. Оптимизация расхода топлива имеет большое значение как с точки зрения экономии ресурсов и сокращения эксплуатационных расходов, так и для снижения негативного воздействия на окружающую среду. В приведенном исследовании рассматривается возможность применения методов машинного обучения для создания моделей, способных моделировать и прогнозировать расход топлива на тягу поездов до осуществления поездки.

Для решения поставленной задачи необходимо разработать математические модели, позволяющие прогнозировать расход топлива на тягу поездов до поездки. Для создания моделей использован подход, основанный на анализе и обработке больших объемов данных о фактически выполненных поездках с применением методов машинного обучения.

Необходимо отметить, что значительный вклад по решению данной проблемы и созданию соответствующих методов по определению и расчету расхода топлива на тягу поездов внесли ученые кафедры локомотивов БелГУТа под руководством С. Я. Френкеля.

В общем виде модель расчета расхода топлива на тягу поездов можно представить как [1]:

$$B = b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n,$$

где b_1, \dots, b_n – коэффициенты пропорциональности (вес связи); x_1, \dots, x_n – эксплуатационные факторы.

В качестве эксплуатационных факторов учитывают, в частности в грузовом движении, перевозочную работу, пробег, массу состава, среднюю нагрузку на ось вагона, техническую скорость движения, количество предупреждений об ограничении скорости движения и др. В качестве источника данных для построения регрессионной модели принята оперативная информация о поездках локомотивных бригад и расходе дизельного топлива.

Расчет расхода топлива на тягу поездов с применением нейронных сетей основан на методике машинного обучения с учителем, которая заключается в поиске алгоритма преобразования входных данных (эксплуатационные факторы) в выходные (расход топлива). Для этого используется модель полносвязной нейронной сети, состоящая из одного слоя с пятью нейронами. Количество нейронов определяется количеством входных эксплуатационных факторов для обучения. Так как это единственный слой, его размерность равна размерности результата – выходного значения модели – количество килограмм топлива.

Во время обучения модель получает на вход значения эксплуатационных факторов, выполняет преобразования, используя значения внутренних весов (переменных), и возвращает значения, которые должны соответствовать количеству расхода топлива. Для подсчета корректировок значений внутренних весов используется функция оптимизации, целью которой является поиск значения весов таким образом, чтобы максимально приближенно описывать корреляционные связи входных данных с результатом.

Проведенные исследования и анализ результатов расчета энергозатрат на тягу поездов показали, что предложенный подход позволяет создавать модели, способные с достаточно высокой точностью прогнозировать расход топлива до поездки. При этом в ней отсутствуют серьезные механизмы адаптации к большому числу не вошедших в модель параметров (числа остановок поезда, опытности машиниста и т. д.), а точность обеспечена лишь за счет многомерного линейного усреднения исходных данных. Очень важное значение имеет процесс обучения, который каждый раз может давать различные значения весов. Важно подобрать способ обучения и не переобучить модель. Для этого предлагается первоначальные значения весов нейронной сети устанавливать методом регрессионного анализа, а дальнейшие корректировки осуществлять методом градиентного спуска.

Список литературы

1 Френкель, С. Я. Прогнозирование расхода энергоресурсов на тягу поездов методами регрессионного анализа / С. Я. Френкель, А. П. Дединкин // Проблемы безопасности на транспорте : материалы XI Междунар. науч.-практ. конф. (Гомель, 25–26 ноября 2021 г.) : в 2 ч. Ч. 1. – Гомель : БелГУТ, 2021. – С. 172–173.

УДК 004.8, 624.9

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИЕЙ ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ НА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ

О. И. КОС, В. Ю. СМИРНОВ

Московский авиационный институт (НИУ), Российская Федерация

В эпоху всеобщей цифровизации применение алгоритмов искусственного интеллекта становится всё более популярным. Наиболее успешно генетические алгоритмы искусственного интеллекта применяются для решения сложных нелинейных многомерных задач оптимизации, в том числе за-