

объектов из любых марок стали и любых диаметров. МГК также применяется в области физики, например, в [5] методом главных компонент была проведена кластеризация радиопульсаров с наблюдаемыми гигантскими импульсами с помощью пяти известных параметров. Показано, что совокупность всех известных пульсаров с гигантскими импульсами разделяется в фазовом пространстве главных компонент на два кластера.

Рассмотрим применение МГК к анализу динамических данных устройств железнодорожной автоматики и телемеханики. Например, в гибридной системе стрелок и светофоров «РПЦ-ДОН» подсистемой поддержки принятия решений ведется постоянный мониторинг эксплуатационных данных работы устройств. Для идентификации технического состояния и предотвращения нештатной ситуации, связанной с работой стрелочных электроприводов, с помощью МГК возможно провести анализ величины тока перевода стрелки. В зависимости от полученных данных специалист делает вывод о состоянии устройства (работоспособное/неработоспособное) и в случае наличия неисправности принимает меры по устранению.

Список литературы

- 1 Схема управления стрелочным электроприводом от возобновляемых источников энергии / Д. В. Ефанов [и др.] // Автоматика, связь, информатика. – 2023. – № 12. – С. 11–15. – DOI: 10.34649/AT.2023.12.12.003.
- 2 Зуев, Г. А. Индивидуальное размещение датчика контроля стрелочных участков / Г. А. Зуев, М. Ю. Акинин // Автоматика, связь, информатика. – 2022. – № 4. – С. 2–7. – DOI: 10.34649/AT.2022.4.4.001.
- 3 Бубнов, В. П. Анализ датчиков автоматической системы обогрева стрелочных переводов / В. П. Бубнов, В. А. Баранов, Ш. Х. Султонов // Автоматика, связь, информатика. – 2022. – № 4. – С. 8–11. – DOI 10.34649/AT.2022.4.4.002.
- 4 Метод главных компонент при обработке многопараметровых акустических сигналов зеркально-теневым методом контроля проката / О. В. Муравьева [и др.] // Автотометрия. – 2023. – Т. 59, № 5. – С. 3–14. – DOI: 10.15372/AUT20230501.
- 5 Малов, И. Ф. Анализ параметров радиопульсаров с гигантскими импульсами методом главных компонент / И. Ф. Малов, О. И. Малов // Астрономический журнал. – 2023. – Т. 100, № 3. – С. 272–280. – DOI: 10.31857/S0004629923030052.

УДК (681.518.5 + 004.89):656.259.12

ПЕРСПЕКТИВЫ РЕАЛИЗАЦИИ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ О ТЕХНИЧЕСКОМ СОСТОЯНИИ РЕЛЬСОВЫХ ЦЕПЕЙ ПО ДАННЫМ НЕПРЕРЫВНОГО МОНИТОРИНГА

Д. В. ШВАЛОВ, Ю. С. НОВИ

*Ростовский государственный университет путей сообщения, г. Ростов-на-Дону,
Российская Федерация*

Современные средства технического диагностирования и мониторинга устройств железнодорожной автоматики и телемеханики осуществляют непрерывный контроль технического состояния основных устройств (рельсовых цепей, централизованных стрелок, светофоров, аппаратуры, схем реализации зависимостей, источников электропитания), включая выявление предотказных состояний. Выявление предотказных состояний является основным условием для организации технического обслуживания и ремонта по фактическому состоянию объекта. Однако с точки зрения повышения эффективности процесса технической эксплуатации, включая вопросы планирования ремонтно-восстановительных или профилактических работ при техническом обслуживании устройств автоматики и телемеханики по состоянию, недостаточно только выявлять предотказные состояния. Необходимо также реализовать прогнозирование технического состояния устройств на основании анализа динамики (трендов) изменения значений контролируемых параметров в течение определенного интервала времени. При этом задачи прогнозирования могут быть поставлены и решены в следующих формулировках: «определить период, в течение которого объект будет находиться в исправном или работоспособном состоянии», «определить момент времени, в который произойдет переход объекта из исправного состояния в неисправное или из работоспособного состояния в неработоспособное», «определить состояние объекта в конкретный момент времени в будущем».

Данные о значениях исследуемых параметров формируются в виде временных рядов, при этом каждый член такого ряда представляет собой точечное численное значение. Формирование времен-

ных рядов осуществляется путем накопления значений параметров в течение определенного интервала времени. Анализ процессов, представленных временными рядами, может проводиться непрерывно во времени или дискретно одним из известных математических методов. Независимо от решаемой задачи и выбранного метода решения этой задачи математическая модель строится с учетом ряда требований, таких как использование максимального (с учетом возможностей средств формирования информации) количества информации об объекте (о параметрах объекта и условиях его эксплуатации) и адаптация алгоритмов принятия решений к изменяющимся условиям эксплуатации объекта. При прогнозировании могут быть использованы две модели анализа временного ряда – без учета внешних факторов и с учетом внешних факторов. Во втором случае прогноз строится с учетом значений параметров, оказывающих влияние на значение искомого параметра, также представленных в виде временных рядов, моменты отсчета значений которых совпадают с моментами отсчета для исследуемого ряда.

Система поддержки принятия решений в задачах технического диагностирования базируется на методах статистического и интеллектуального анализа данных, которые выявляют закономерности, специфику поведения, а также взаимосвязи различных объектов и условий. Статистические методы (корреляционно-регрессионный анализ, дисперсионный анализ, многомерный анализ и др.) позволяют в общем массиве данных, представленных преимущественно временными рядами, выявить те параметры, изменение которых оказывает влияние на значения других, прогнозируемых параметров. Методы статистического анализа и моделирования в настоящее время глубоко проработаны и широко применяются в различных информационно-аналитических системах. Основным ограничением для применения таких методов является значительная сложность математических моделей, что требует использования достаточно больших объемов вычислительных ресурсов. Кроме того, известные методы анализа временных рядов в основном не позволяют учесть взаимозависимости, в том числе и скрытые, между отдельными объектами и их параметрами.

В процессе технического диагностирования устройств автоматики и телемеханики формируется информация, которая может быть классифицирована как *Big Data* («большие данные») из-за больших объемов и недостаточной структурированности. В настоящее время широкое распространение в различных прикладных областях получили технологии обработки «больших данных», называемые *Data Mining*, цель которых – обработка и структуризация неоднородных многомерных данных для выявления скрытых закономерностей. Интеллектуальный анализ данных, как и статистический, предполагает нахождение существующих взаимосвязей и закономерностей, однако инструментарий методов, классифицируемых как «интеллектуальные», позволяет анализировать «скрытые» закономерности: например, вначале выявляются закономерности данных, далее на их основе происходит моделирование будущего поведения объекта, после чего начинается поиск и выявление отклонений в полученных закономерностях.

Методы интеллектуального анализа данных можно разделить на две основные группы, которые различаются по способам работы с данными. В первой группе информация дезагрегируется, а затем используется для прогнозирования неизвестных значений. Во второй группе исходные данные предварительно обрабатываются и выводятся в том виде, который необходим для конкретного метода дальнейшего анализа.

Основными технологиями, которые относят к *Data Mining*, являются классификация, кластеризация, поиск ассоциативных правил (ассоциаций) и поиск последовательностей событий.

Целью классификации является отнесение объекта к одному из классов, каждый из которых характеризуется заданным набором признаков. В задаче классификации множество классов, к которым может быть отнесен исследуемый объект, известно заранее.

Целью кластеризации (кластерного анализа) является разделение множества исследуемых объектов на группы (кластеры) таким образом, чтобы объекты, принадлежащие одному и тому же кластеру, характеризовались сходными в заданном смысле наборами признаков. При этом в общем случае количество кластеров заранее неизвестно, поэтому в контексте задач диагностирования кластеризация далее не рассматривается.

Целью поиска ассоциативных правил является выявление одновременно существующих непесекающихся наборов признаков исследуемых объектов и определение на этой основе закономерностей между возникновением различных событий.

Целью поиска последовательностей событий является выявление шаблонов в изменяющихся наборах признаков исследуемых объектов и выявление аномалий, которые возникают в случае отклонения хода контролируемого процесса от некоторого эталонного.

Применительно к рельсовым цепям (РЦ) представляет практический интерес рассмотрение следующих задач. В области классификации: отклонения значений параметров от нормы – есть / нет; отклонения от нормы значений напряжения на входе путевого приемника – в нормальном режиме / в шунтовом режиме / в нормальном и в шунтовом режимах; отклонения от нормы значений напряжения на входе путевого приемника в нормальном режиме – больше / меньше. В области поиска ассоциативных правил: отклонения от нормы значений напряжения на входе путевого приемника происходят одновременно (и в ту же сторону) с отклонениями от нормы значений напряжения на выходе источника питания – да / нет; отклонения от нормы значений напряжений на входах путевых приемников разветвленных рельсовых цепей происходят – одновременно на всех ответвлениях / не на всех ответвлениях, в соответствии с расчетной моделью / отлично от расчетной модели, характер отклонений (колебаний) на всех ответвлениях одинаковый / разный. В области поиска последовательностей событий: отклонения от нормы значений напряжения на входе путевого приемника происходят – в определенном порядке (сначала одна РЦ, затем вторая, третья и т. д.) / после проследования (при следовании) поезда по РЦ (в том числе после проследования по определенному маршруту – после вступления поезда на питающий или релейный конец, после занятия смежных или других РЦ) / после изменения условий функционирования РЦ (колебаний питающего напряжения, колебаний температуры и (или) влажности).

Таким образом, путем непрерывного сбора и анализа данных создается аналитическая модель, на основе которой можно не только определить текущее состояние рельсовых цепей, но и момент времени, в который каждый объект предположительно может выйти из строя. В основе решения данных задач лежит выявление рельсовых цепей, имеющих аномальное функционирование не только относительно заданных параметров, но и относительно других рельсовых цепей.

УДК 004.67

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ БЕЗОПАСНОСТИ РАБОТЫ ВОДИТЕЛЯ И ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГРУЗОВОГО АВТОМОБИЛЯ

В. Н. ШУТЬ, Е. А. АЛУЕВ

Брестский государственный технический университет, Республика Беларусь

В настоящее время мировой объем автомобильных грузоперевозок неуклонно растет [1]. Выполнение этих грузоперевозок невозможно без использования водителей и транспортных средств.

Для обеспечения безопасности работы водителей в Женеве (Швейцария) 1 июля 1970 года было подписано Европейское соглашение, касающееся работы экипажей транспортных средств, производящих международные автомобильные перевозки (ЕСТР). Оно регламентирует режим труда и отдыха водителей, который контролируется дорожной полицией в странах, присоединившихся к нему. Данное соглашение вступило в силу для Республики Беларусь 02.10.1993 [2]. В настоящее время в этом списке 52 страны. Ответственность за нарушения положений конвенции ЕСТР и ПДД несут как водители, так и их предприятие-наниматель, поэтому все заинтересованы в минимизации риска нарушений.

Для минимизации таких материальных издержек эксплуатации транспортных средств, как расход топлива (затраты на него составляют около 40% всех затрат в грузоперевозках), износ тормозных систем и автошин предприятия стимулируют водителей разными методами, но для эффективного анализа этих мер и результата их использования необходим комплексный подход в оценке качества работы водителя.

Для решения этих задач и с учетом достижений проекта *euroFOT* [3] была разработана методика анализа работы водителя и транспортного средства [4] на основании телеметрии [5], получаемой с автомобиля во время его работы. Практическое применение методики в разработанной системе показало, что у разработанной системы есть потенциал расширения функций в части сбора большого количества данных о работе современного автомобиля с его шины CAN [6].