



**Центр научно-технической информации и библиотек
– филиал ОАО «РЖД»**

Дифференцированное Обеспечение Руководства

21/2025

Инспектирование состояния участков пути с деревянными шпалами с использованием видеокамеры потребительского класса и аналитического алгоритма на основе нейронной сети с глубинным обучением (Япония)

В настоящее время многие японские железнодорожные компании, особенно небольшие региональные операторы, сталкиваются с нехваткой рабочей силы вследствие финансовых проблем, старения населения и низкой рождаемости в стране. Несмотря на это, они должны обеспечивать высокий уровень безопасности движения поездов, инспектирование и текущее содержание железнодорожной инфраструктуры.

Институт RTRI¹ занимается разработкой недорогих технических решений, позволяющих автоматизировать рутинные операции и избавить высококвалифицированных специалистов от необходимости выполнять трудоемкие пешие осмотры пути или визуальное его инспектирование во время поездок по участку.

Для решения вышеуказанной задачи RTRI создал систему инспектирования, в которой используются потребительская видеокамера семейства FDR-AX50 производства компании Sony с разрешением 4K (8,29 мегапикселей) и искусственный интеллект на основе нейронной сети с глубинным обучением.

Наличие дефектных шпал в пути приводит к его расстройству, требует введения ограничений скорости и может нарушать безопасность движения поездов. Разработанная система определяет степень ухудшения состояния шпал, анализируя изображения, снятые установленной на поезде и

¹ RTRI – Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта Японии

направленной по ходу движения видеокамерой.

Обработка и анализ изображений осуществляются в несколько этапов. На первом проекция изображения меняется, чтобы имитировать съемку камерой, установленной под кузовом вагона и направленной почти вертикально вниз (рис. 1). Это необходимо для исключения ошибок анализа, вызываемых искажением формы объектов, которые снимаются камерой, ориентированной к пути под достаточно острым углом. В дальнейшем изображения анализируются математической моделью для распознавания шпал на пути и определения степени ухудшения их состояния по сравнению с предыдущими осмотрами.

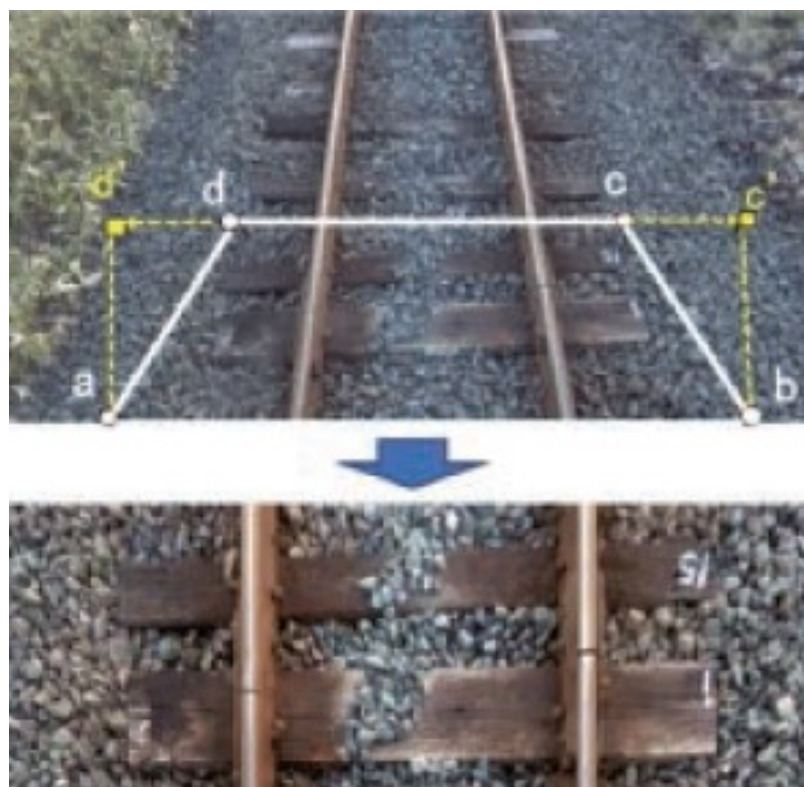


Рис. 1. Изменение проекции объектов на изображении с видеокамеры

Кроме того, система определяет рельсовые стыки, рассчитывает пройденный путь и скорость поезда, формирует итоговый отчет. Для коррекции измерений пройденного пути, получаемых путем анализа смещения пикселей захваченных изображений, система фиксирует снятые камерой километровые пикеты.

Видеосъемка ведется при фокусном расстоянии 7,5 м со стандартной частотой 30 кадров/с. Этого достаточно для получения изображений всех шпал и других объектов на пути при скорости движения, допустимой на обычных железнодорожных линиях. После конвертации изображений с измененной проекцией на каждом снимке размером 1920.800 пикселей помещаются две шпалы.

Распознанные системой шпалы распределяются по принятым на железных дорогах Японии пяти категориям – от A1 (почти полностью разрушенная шпала, которая должна быть заменена в максимально короткий срок) до D (хорошее состояние шпалы). Кроме того, если шпала частично или полностью скрыта под балластным щебнем или растительностью, она помечается как имеющая неопределенное состояние. Также отдельно фиксируются уложенные в путь железобетонные шпалы.

Для обучения модели, распознающей объекты на пути и анализирующей состояние шпал, использовались в общей сложности более 200 тыс. изображений, маркированных при помощи инструментария VoTT (Visual Object Tagging Tool) компании Microsoft. Точность распределения шпал по категориям составила 94,1% для категории A2, 91,2% – для категории B, 88,6% – для категории C, 92,2% – для категории D, 72,1% – для шпал с неопределенным состоянием, 98,5% – для железобетонных шпал. При ручном инспектировании дефектные шпалы точно выявлялись в 99% случаев, шпалы в нормальном состоянии – в 74% случаев. Более высокая точность при инспектировании непосредственно на пути объясняется, в том числе возможностью не только тщательного визуального осмотра, но и постукивания по шпале молотком.

В целом, результаты работы системы по выявлению дефектных шпал категорий A2 и B более чем в 90% случаев совпадают с результатами ручного инспектирования. Кроме того, система способна с точностью примерно 80% идентифицировать ухудшение состояния деревянных шпал по результатам анализа изображений, полученных в ходе нескольких сеансов видеосъемки.

На следующем этапе специалисты RTRI разработали мобильное приложение, работающее в среде операционной системы iOS на смартфонах iPhone компании Apple и реализующее примерно тот же функционал, что и система на базе видеокамеры. Смартфон монтируется на поезде таким образом, что его основная камера направлена по ходу движения. Приложение определяет скорость движения и местоположение поезда при помощи встроенного в смартфон приемника системы спутниковой навигации GPS, кроме того, имеющиеся в смартфоне датчики измеряют ускорение и угловую скорость по трем осям, что позволяет регистрировать вибрации во время движения. Видеосъемка может осуществляться с частотой 60 кадров/с при разрешении 4K.

В настоящее время собранная информация – видеопоток, дополненный данными о местоположении, скорости, ускорениях и т. п., анализируется уже после рейса в стационарных условиях системой на основе искусственного интеллекта. При этом проекция изображений трансформируется аналогично

тому, как это реализовано в системе, использующей данные от видеокамеры. Система определяет степень ухудшения состояния шпал, рельсовые стыки и идентифицирует грязевые выбросы на пути. Результаты анализа представляются пользователям в виде набора размеченных изображений, которые может проверить специалист службы пути, и текстовом формате. Это позволяет планировать работы по устранению дефектных компонентов пути.

В будущем RTRI намерен реализовать аналитические функции непосредственно в мобильном приложении, планируется усовершенствовать систему с целью повышения точности инспектирования и расширения ассортимента идентифицируемых компонентов путевой инфраструктуры.

*Источник: Железные дороги мира. – 2024. – №9. – с. 54-56,
International Railway Journal. – 2024. – № 8. – pp. 37-38*