

REVIEW REPORT

of a Foreign Scientific Consultant on the dissertation work of **Olzhayev Olzhas Muratuly** entitled “**Development of a Road Damage Detection System Using Deep Learning Methods Based on Video Data**”

submitted for the academic degree of **Doctor of Philosophy (PhD)** Educational Program:
8D06105 – Data Science

1. General Overview

The dissertation of Olzhayev Olzhas Muratuly presents a highly relevant and timely study devoted to the automated monitoring of road pavement conditions using deep learning methods and continuous video data analysis. The work addresses significant socioeconomic and public safety challenges associated with road infrastructure degradation. As noted in the study, poor road conditions are a considerable contributing factor to severe traffic accidents.

The author convincingly argues that traditional manual inspection methods are costly, time-consuming, and highly subjective. In response, the dissertation substantiates the need for intelligent, real-time video-based monitoring systems capable of providing continuous, objective, and scalable road condition assessments.

2. Scientific Novelty and Methodological Contributions

The primary scientific contribution of the dissertation is the development of **TCR-RoadNet**, a multi-task deep neural network architecture designed for the simultaneous detection, classification, and pixel-level segmentation of road surface defects. This integrated approach significantly improves system efficiency and consistency compared to single-task detection models.

To address the inherent limitations of conventional convolutional neural networks in modeling long-range spatial dependencies, the author introduces a **Transformer Context Refinement (TCR)** module. This cross-scale attention mechanism enables the model to distinguish genuine structural defects—such as fragmented cracks and potholes—from complex visual artifacts, including shadows, water glare, and road markings.

Furthermore, the proposed architecture incorporates decentralized computational heads for bounding box regression, defect classification refinement, and boundary-aware segmentation. This modular design enhances semantic precision and contributes to improved detection and segmentation accuracy.

3. Experimental Evaluation and Results

The proposed methods are validated through extensive experimental studies. Training and evaluation were conducted using a large-scale dataset comprising approximately **80 hours of custom field video recordings**, as well as the internationally recognized **RDD2022 dataset**.

The experimental results demonstrate the high effectiveness and robustness of the proposed approach. The developed model achieved a **mean Average Precision (mAP@0.5) of 0.8718** for detection tasks and a **mean Intersection over Union (mIoU) of 0.8129** for segmentation. Despite the complexity of the multi-task architecture, the system maintains a real-time processing speed of **57 frames per second (FPS)**, confirming its suitability for deployment on edge and embedded platforms.

4. Practical Significance

The practical significance of the dissertation is substantial. The proposed system enables real-time, scalable, and cost-effective road condition monitoring, which is essential for modern intelligent transportation systems. The ability to operate reliably under varying environmental and visual conditions highlights the applicability of the developed solution in real-world infrastructure management scenarios.

The research outcomes have strong potential for practical implementation by road maintenance authorities and smart city initiatives, contributing to improved road safety, reduced maintenance costs, and data-driven infrastructure management.

5. Conclusion

In conclusion, the dissertation of **Olzhayev Olzhas Muratuly** represents a substantial, original, and scientifically sound contribution to the field of **AI-based road infrastructure monitoring and intelligent transportation systems**. The work demonstrates strong theoretical grounding, high technical competence, and clear practical relevance.

The dissertation fully meets the academic and methodological requirements for doctoral research and complies with international standards for the award of the **Doctor of Philosophy (PhD)** degree in **Data Science**. The author deserves to be awarded the stated academic degree.

Reviewer Information

Name: Azizah Suliman

Academic Title: Professor Dr.

Affiliation: Asia Metropolitan University

Country: Malaysia

Signature: 

Date: 30 March 2026

Prof. Dr. Azizah Suliman
Dean
Faculty of Science & Technology
Asia Metropolitan University

ОТЗЫВ

иностранного научного консультанта на диссертационную работу **Олжаева Олжаса Муратулы** на тему «**Разработка системы обнаружения повреждений дорог с использованием методов глубокого обучения на основе видеоданных**», представленную на соискание степени **доктора философии (PhD)**
Образовательная программа: **8D06105 - Наука о данных**.

1. Общий обзор

Диссертационная работа Олжаева Олжаса Муратулы представляет собой весьма актуальное и своевременное исследование, посвящённое автоматизированному мониторингу состояния дорожного покрытия с использованием методов глубокого обучения и непрерывного анализа видеоданных. Работа затрагивает значимые социально-экономические вопросы и вопросы общественной безопасности, связанные с деградацией дорожной инфраструктуры. Как отмечается в исследовании, неудовлетворительное состояние дорог является существенным фактором, способствующим возникновению тяжёлых дорожно-транспортных происшествий.

Автор убедительно обосновывает, что традиционные методы ручной инспекции являются дорогостоящими, трудоёмкими и в значительной степени субъективными. В связи с этим в диссертации аргументируется необходимость создания интеллектуальных систем мониторинга на основе видеоданных в режиме реального времени, способных обеспечивать непрерывную, объективную и масштабируемую оценку состояния дорожного покрытия.

2. Научная новизна и методологический вклад

Основным научным вкладом диссертационной работы является разработка **TCR-RoadNet** - многозадачной архитектуры глубокой нейронной сети, предназначенной для одновременного обнаружения, классификации и пиксельной сегментации дефектов дорожного покрытия. Такой интегрированный подход существенно повышает эффективность и согласованность работы системы по сравнению с однозадачными моделями обнаружения.

Для преодоления присущих традиционным сверточным нейронным сетям ограничений при моделировании пространственных зависимостей дальнего действия автором предложен модуль **уточнения контекста на основе трансформера (Transformer Context Refinement, TCR)**. Данный механизм межмасштабного внимания позволяет модели различать реальные структурные дефекты, такие как фрагментированные трещины и выбоины, и сложные визуальные артефакты, включая тени, блики воды и дорожную разметку.

Кроме того, предложенная архитектура включает децентрализованные вычислительные модули для регрессии ограничивающих рамок, уточнения классификации дефектов и сегментации с учётом границ объектов. Такая модульная структура повышает семантическую точность и способствует улучшению качества обнаружения и сегментации.

3. Экспериментальная оценка и результаты

Предложенные методы подтверждены обширными экспериментальными исследованиями. Обучение и оценка проводились с использованием крупномасштабного набора данных,

включающего приблизительно **80 часов пользовательских полевых видеозаписей**, а также международно признанного **набора данных RDD2022**.

Результаты экспериментов демонстрируют высокую эффективность и устойчивость предложенного подхода. Разработанная модель достигла значения **средней точности обнаружения (mean Average Precision, mAP@0.5) 0,8718** для задач обнаружения и **среднего коэффициента пересечения по объединению (mean Intersection over Union, mIoU) 0,8129** для сегментации. Несмотря на сложность многозадачной архитектуры, система поддерживает обработку данных в режиме реального времени со скоростью **57 кадров в секунду (Frames Per Second, FPS)**, что подтверждает её пригодность для внедрения на периферийных и встраиваемых платформах.

4. Практическая значимость

Практическая значимость диссертационной работы является существенной. Предложенная система обеспечивает мониторинг состояния дорожного покрытия в режиме реального времени, обладая масштабируемостью и экономической эффективностью, что особенно важно для современных интеллектуальных транспортных систем. Способность системы надёжно функционировать в различных условиях окружающей среды и при сложных визуальных условиях подчёркивает применимость разработанного решения в реальных сценариях управления инфраструктурой.

Результаты исследования обладают высоким потенциалом практического внедрения со стороны органов дорожного обслуживания и инициатив «умного города», способствуя повышению безопасности дорожного движения, снижению затрат на техническое обслуживание и развитию управления инфраструктурой на основе данных.

5. Заключение

В заключение следует отметить, что диссертационная работа **Олжаева Олжаса Муратулы** представляет собой значительный, оригинальный и научно обоснованный вклад в **область мониторинга дорожной инфраструктуры на основе искусственного интеллекта и интеллектуальных транспортных систем**. Работа демонстрирует прочную теоретическую основу, высокий уровень технической компетентности и очевидную практическую значимость.

Диссертационная работа полностью соответствует академическим и методологическим требованиям, предъявляемым к докторским исследованиям, а также международным стандартам присуждения степени **доктора философии (PhD)** по направлению «**Наука о данных**». Автор заслуживает присуждения указанной академической степени.

Информация о рецензенте

Имя: Азиза Сулиман

Учёное звание: профессор, доктор наук

Место работы: Asia Metropolitan University

Страна: Малайзия

Подпись: /подпись/

Дата: 30 марта 2026 года

Штамп: / Проф. д-р Азиза Сулиман

Декан

Факультет науки и технологий

Asia Metropolitan University/