

École Nationale Supérieure d'Informatique et d'Analyse des Systèmes
Centre d'Études Doctorales en Sciences des Technologies de l'Information et de l'Ingénieur

AVIS DE SOUTENANCE DE THÈSE DE DOCTORAT

Monsieur Mohamed IMAM

Soutiendra publiquement sa thèse de Doctorat en Informatique

Le Mardi 25 Février 2025 à 10h00 au Grand Amphi à l'ENSIAS de Rabat

Innovative Digital Approaches for Enhancing Miners' Safety in Underground Mines : Contribution to Real-Time Accident Prevention by AI-Powered Computer Vision, Deep Learning, and Edge Computing

Président :

Pr. Ismaïl KASSOU, PES, ENSIAS, Université Mohammed V de Rabat

Directeur de thèse :

Pr. Karim BAÏNA, PES, ENSIAS, Université Mohammed V de Rabat

Co-Directeur de thèse :

Pr. Youness TABII, PES, ENSIAS, Université Mohammed V de Rabat

Rapporteurs :

Pr. Vincent BARRA, Professeur des Universités, University of Clermont Auvergne, France

Pr. Mohamed EL HASSOUNI, PES, Faculté des Lettres et des Sciences Humaines, Université Mohammed V de Rabat

Pr. Benlahmar EL HABIB, PES, Faculté des sciences Ben M'sik, Université Hassan II, Casablanca

Examineur :

Pr. Sanaa El Fkihi, PES, ENSIAS, Université Mohammed V de Rabat

Résumé: L'évolution rapide de Mine 4.0 a mis en évidence le rôle crucial des technologies avancées dans l'amélioration de la sécurité et de l'efficacité opérationnelle dans les mines souterraines. Cette recherche se concentre sur le développement et le déploiement de solutions basées sur l'intelligence artificielle, en particulier les techniques de vision par ordinateur et d'apprentissage profond, pour répondre aux défis majeurs liés à la sécurité des mineurs. Une revue systématique complète utilisant le cadre PRISMA a permis d'informer les méthodologies de pointe employées dans cette étude. Cette thèse introduit des algorithmes novateurs pour la détection des mineurs, la détection des équipements de protection individuelle (EPI), l'estimation de la profondeur et la classification des positions corporelles, en s'appuyant sur des caméras stéréoscopiques et la génération de données synthétiques pour améliorer la précision et la fiabilité des détections. Ces solutions ont été validées à travers une combinaison de données simulées et réelles, démontrant une grande précision et robustesse dans des environnements souterrains complexes. Le système proposé intègre des dispositifs périphériques pour une surveillance en temps réel et met en œuvre des modèles d'IA optimisés pour les contraintes des environnements souterrains, notamment les faibles niveaux de luminosité et les conditions poussiéreuses. Les résultats de cette étude mettent en lumière des avancées significatives dans la localisation des travailleurs, l'évitement des collisions et la surveillance de la sécurité, contribuant ainsi à l'amélioration des stratégies de gestion des risques dans l'industrie minière. En comblant les lacunes des technologies de sécurité actuelles, cette recherche établit une base pour des applications évolutives et en temps réel dans les opérations minières souterraines. Les travaux futurs se concentreront sur l'élargissement de la diversité des ensembles de données et le raffinement des modèles d'IA afin d'améliorer encore les performances et l'adaptabilité.

Mots-clés: Apprentissage automatique, Apprentissage profond, Industrie 4.0, Intelligence artificielle, Mine 4.0, Mine souterraine, Système anti-collision, Système d'évitement de collision, Vision par ordinateur.

Abstract: The rapid evolution of Mine 4.0 has emphasized the critical role of advanced technologies in enhancing safety and operational efficiency in underground mining. This research focuses on the development and deployment of AI-driven solutions, particularly computer vision and deep learning techniques, to address key challenges in miner safety. A comprehensive systematic review using the PRISMA framework informed the state-of-the-art methodologies employed in this study. This thesis introduces novel algorithms for miner detection, Personal Protective Equipment detection, depth

estimation, and body position classification, leveraging stereoscopic cameras and synthetic data generation to enhance detection accuracy and reliability. These solutions were validated through a combination of simulated and real-world data, demonstrating high precision and robustness in complex underground environments. The proposed system integrates edge devices for real-time monitoring and implements AI models optimized for underground constraints, including low-light and dusty conditions. The results of this study highlight significant advancements in worker localization, collision avoidance, and safety monitoring, contributing to improved risk mitigation strategies in the mining industry. By bridging gaps in current safety technologies, this research establishes a foundation for scalable, real-time applications in underground mining operations. Future work will focus on expanding dataset diversity and refining AI models to further enhance performance and adaptability.

Keywords: Anti-Collision System, Artificial Intelligence, Collision Avoidance System, Computer Vision, Deep Learning, Industry 4.0, Machine Learning, Mine 4.0, Underground Mine.