



Title	Development of a Data-Driven Approach to Road Asset Management in Cambodia Based on Pavement Condition Assessment
Author(s)	Sovanneth, Nut
Citation	大阪大学, 2026, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/105472
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

Abstract of Thesis

Name (NUT SOVANNETH)	
Title	Development of a Data-Driven Approach to Road Asset Management in Cambodia Based on Pavement Condition Assessment (カンボジアにおける舗装状態評価に基づくデータ駆動型道路資産管理手法の開発)
Abstract of Thesis Developing countries such as Cambodia face significant challenges in implementing effective road asset management due to limited resources. Consequently, optimal maintenance planning across road networks is rarely achieved. Addressing this issue requires the design of an efficient, practical, and sustainable framework aligned with local policy. This framework shall integrate key components, including data acquisition, condition evaluation, performance modeling, and maintenance program design under budget constraints. This dissertation develops a scientific framework to support Cambodian road administrators in informed decision-making, optimizing outcomes, ensuring resource efficiency, and enhancing transparency in long-term infrastructure investment. The framework emphasizes AI-based pavement data collection, structural condition assessment, and maintenance and rehabilitation (M&R) optimization using a comprehensive probabilistic prediction model that accounts for the inherent uncertainties in infrastructure performance. The thesis is structured into seven chapters. The core scientific contributions are presented in four key methodological chapters (Chapters 3 to 6), which together form a cohesive pavement management framework, as summarized below. Chapter 1 highlights the critical role of road networks in economic growth, connectivity, and regional resilience. It identifies a major challenge faced by governments worldwide: the persistent gap between limited public resources and the substantial investment required for transport infrastructure and maintenance. This underinvestment, particularly pronounced in developing countries, leads to progressive infrastructure deterioration, compromising safety and efficiency, and necessitating a paradigm shift in road administration. Chapter 2 presents an integrated modern pavement management framework built on three pillars: (i) data-driven condition assessment; (ii) advanced deterioration modeling employing deterministic, probabilistic and machine learning approaches to forecast future pavement conditions; and (iii) integration of these predictions into a Pavement Management System (PMS) to optimize maintenance decision-making and resource allocation. Chapter 3 introduces the use of the Segment Anything Model (SAM) for accurate segmentation from simple bounding box prompts, leveraging its zero-shot capability for generalization. To create an end-to-end solution, the framework integrates YOLOv8 for automated crack detection, eliminating manual annotation, and applies local refinement techniques to enhance mask precision. Moreover, Optical Character Recognition (OCR) is used to extract embedded GPS coordinates for geospatial mapping, improving data management and integrity. Chapter 4 defines structural thresholds derived from Falling Weight Deflectometer (FWD) data using a stochastic deterioration modeling approach. The Markov hazard model predicts surface roughness deterioration by incorporating structural indices such as maximum deflection, effective structural number, subgrade resilient modulus, and deflection bowl parameters. Data from asphalt concrete (AC) and double bituminous surface treatment (DBST) pavements are analyzed to establish thresholds at set failure probabilities: Sound (0–50%), Warning (50–75%), and Severe (75–100%). This approach allows road agencies to evaluate pavement conditions and optimize maintenance strategies without advanced mathematical modeling expertise. Chapter 5 focuses on defining FWD testing intervals based on failure risk and prioritizing critical road sections. The mixed Markov hazard (MMH) model captures deterioration progression, with a probability of reaching critical thresholds guiding testing intervals. A multi-criteria decision-making (MCDM) framework identifies critical sections by combining surface deterioration and other evaluation criteria, enhancing FWD application	

efficiency, reducing unnecessary testing, and directing resources to sections requiring immediate attention.

Chapter 6 develops an integrated framework combining a deterioration prediction model with a genetic algorithm (GA) for cost-effective M&R planning of flexible pavements (AC and DBST). The GA schedules multi-year interventions considering deterioration rates and budget constraints to maximize pavement performance. The MMH model simulates condition transitions influenced by pavement capacity, traffic, and environmental factors, using Bayesian inference via Markov Chain Monte Carlo (MCMC) to estimate deterioration rates and lifespans. This framework enables data-driven, sustainable infrastructure management and optimal fund allocation.

Chapter 7 concludes that a fully integrated, data-driven pavement management framework is achievable and effective even in low-resource environments. The research provides a foundation for future advancements in sustainable infrastructure management.

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (NUT SOVANNETH)			
論文審査担当者	(職)	氏 名	
	主 査	教授	貝戸 清之
	副 査	教授	鎌田 敏郎
	副 査	教授	土井 健司

論文審査の結果の要旨

カンボジアを含む開発途上国では、限られた資源により効果的な道路資産管理の実施が困難であり、道路ネットワーク全体にわたる最適な維持管理計画の策定は十分に達成されていない。本研究は、この課題に対処するため、現地の政策環境に適合しつつ、実効性・持続可能性を備えた効率的な管理フレームワークの構築を目的とするものである。本フレームワークは、データ取得、路面状態評価、パフォーマンス予測モデリング、予算制約下での維持管理計画立案などの主要要素を統合したものであり、カンボジアの道路管理者による意思決定を科学的に支援し、成果の最適化、資源利用の効率化、長期的なインフラ投資における透明性向上を図っている。特に、AI を用いた舗装データ収集、構造的状態の評価、確率論的予測モデルに基づく維持補修 (M&R) 最適化を中核として、インフラ性能に内在する不確実性を考慮する点に特徴を有している。

本論文は全 7 章で構成されている。そのうち、第 3 章から第 6 章にかけての 4 章では、本研究における中核となる方法論的貢献を提示しており、これらの章が相互に連携することで、一体的な舗装マネジメント・フレームワークを構成している。以下にその概要をしめす。

第 1 章では、道路ネットワークが経済成長、地域間連結性、レジリエンス向上に果たす重要な役割を概説するとともに、世界各国の政府が直面する主要課題として、公共資源の不足と交通インフラ整備・維持に必要な莫大な投資とのギャップを指摘している。特に開発途上国ではこの投資不足が顕著であり、インフラの進行的劣化が安全性と効率性を損なうことから、道路行政におけるパラダイム転換が不可欠であることを強調している。

第 2 章では、近代的な舗装管理のための統合フレームワークを提示している。これは、(i) データ駆動型の路面状態評価、(ii) 将来の舗装状態を予測するための決定論的・確率論的・機械学習の劣化モデル、(iii) それらの予測を舗装管理システム (PMS) に統合し、維持管理の意思決定と資源配分を最適化する仕組みの三本柱で構成されている。

第 3 章では、簡易なバウンディングボックス入力から高精度のセグメンテーションを実現する Segment Anything Model (SAM) のゼロショット能力を活用した手法を導入している。さらに、手動アノテーションを不要とするため、YOLOv8 による自動ひび割れ検出を組み込み、局所的なマスク精緻化手法により精度を高めている。また、GPS 座標を抽出するために光学文字認識 (OCR) を活用し、データの地理空間管理と整合性を向上させることで、完全なエンドツーエンド型の解析プロセスを構築している。

第 4 章では、確率的劣化モデリング手法を用いて、Falling Weight Deflectometer (FWD) データに基づく構造的閾値を定義している。マルコフハザードモデルにより、最大たわみ、構造数、有効支持力係数、たわみ鉢パラメータなどの構造指標を組み込んだ表面粗さの劣化予測を行っている。アスファルトコンクリート (AC) 舗装および二重表面処理 (DBST) 舗装のデータを用いて、Sound (0–50%)、Warning (50–75%)、Severe (75–100%) という故障確率に基づく閾値を設定している。この手法により、道路管理機関は高度な数理モデルの専門知識がなくとも舗装状態の評

価と適切な維持戦略の選定が可能である。

第 5 章では、故障リスクに基づく FWD 試験間隔の設定と重要区間の優先順位付けを扱っている。混合マルコフハザード (MMH) モデルにより劣化進行を評価し、臨界閾値に到達する確率を用いて試験間隔を決定している。さらに、多基準意思決定 (MCDM) フレームワークを導入し、路面劣化指標やその他の評価基準を統合して重要区間を特定することで、FWD 試験の効率化、不要な試験の削減、優先的対応が必要な区間への資源集中を実現する。

第 6 章では、劣化予測モデルと遺伝的アルゴリズム (GA) を組み合わせ、アスファルト舗装 (AC・DBST) の費用効果的な M&R 計画を立案する統合フレームワークを構築している。GA により複数年にわたる維持介入を劣化速度と予算制約を踏まえて最適化し、舗装性能の最大化を図っている。MMH モデルは、舗装構造能力、交通量、環境条件といった要因を考慮し、マルコフ連鎖モンテカルロ (MCMC) 法によるベイズ推定により劣化率と寿命を推定している。このフレームワークにより、データ駆動型・持続可能なインフラ管理と最適な資金配分が可能となる。

第 7 章では、低資源環境においても完全に統合されたデータ駆動型舗装管理フレームワークが実現可能かつ効果的であることを結論づけ、本研究が将来の持続可能なインフラ管理の発展に寄与する基盤を提供することを示している。

以上のように、本論文はカンボジアを含む開発途上国での、限られた資源により効果的な道路資産管理の実施が困難な状況下において、予算制約の下現地の政策環境に適合しつつ、実効性・持続可能性を備えた効率的な管理フレームワークの構築に貢献し、将来の持続可能なインフラ管理の発展に寄与する研究であると判断できる。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。