



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Study on the Development of an AI-Based Mining Methods Recommendation System [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	Manjate, Elsa Pansilvania Andre
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第15381号
Issue Date	2023-03-23
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/89724
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Elsa_Pansilvania_Andre_Manjate_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士(工学) 氏名 Elsa Pansilvania Andre Manjate

審査担当者 主 査 教 授 川村 洋平

副 査 教 授 廣吉 直樹

副 査 准教授 児玉 淳一

副 査 准教授 鳥屋 剛毅 (秋田大学大学院・国際資源学研究科)

学位論文題名

Study on the Development of an AI-Based Mining Methods Recommendation System

(AI による採掘手法レコメンデーションシステム開発に関する研究)

採掘方法の選択 (MMS) は、鉱山計画における最も重要かつ複雑な意思決定タスクの一つである。MMS プロセスは、採掘コストと環境への影響を最小限に抑えながら、利益と鉱物資源の回収を最大化する最も実現性の高い方法を選択することを目的としている。MMS は長年にわたって研究され、さまざまな MMS システムの開発へと結実してきた。最初の MMS は 1970 年代に導入された定性的なシステムで、地表と地下の最適な採掘方法を選択するためのガイドラインとなるフローチャートだった。その後、1980 年代から 1990 年代にかけて定量的・数値的なシステムが導入され、現在も MMS の代表的なシステムとして使用されている。2000 年代以降、定量的システムの欠点を克服するために、MCDM(多基準意思決定) 技術を MMS 分野に適用することに注目が集まっている。技術の進歩、革新、ビッグデータにより、人工知能 (AI) が成長し、科学や工学の様々な分野でその応用が進んでいる。AI の応用を改善・拡張する観点から、本研究では、推薦システム技術の MMS 分野への応用を紹介する。推薦システムは、ユーザーの履歴情報に基づいて、最も関連性の高いアイテムを推薦する AI システムの一部である。

本論文では、地下の MMS に着目し、AI による採掘方法推奨システム (AI-MMRS) を開発することを目的としている。オープンソース (セダーデータベース) から収集した採掘プロジェクトの履歴データと、文献調査を基にしたデータベースを構築している。本研究の中心的なコンセプトは、利用可能な採掘プロジェクト情報を用いて、過去の採掘プロジェクトの手順から学習し、最も適切な採掘方法を推奨するシステムを開発することである。データ作成段階では、MCDM エントロピー法を特徴量選択に適用し、MMS に影響を与える要因の相対的重要度を評価し、最も関連性の高い要因の特定を行った。また、k-nearest neighbors (KNN) - cosine similarity アルゴリズムを用いたメモリベースの CF アプローチを実装した。さらに、非負行列分解 (NMF) アルゴリズムとその他の機械学習 (ML) 分類アルゴリズム、すなわち KNN 分類器、決定木、サポートベクターマシン、カーネル、人工ニューラルネットワークを用いてモデルベースアプローチを実装している。NMF アルゴリズムは主に、起こりうる欠損情報を予測することで、データセット内のデータスパース性に対処するための最初のステップとして使用される。KNN-コサイン類似度アルゴリズムと ML 分類アルゴリズムは、地下採掘方法選択のためのモデルを学習するために使用される。

本論文で得られた知見は、KNN-コサイン類似度、ML 分類アルゴリズムがそれぞれメモリベース、モデルベースの CF アプローチで実装可能であることを示唆している。また、データセット中

の欠損値を予測する NMF の助けを借りれば、入力変数に関する一部の情報が利用できない場合でも、AI-MMRS を利用することが可能である。採掘方法選択 (MMS) は、鉱体の形状、地質、地盤の特性、技術的・経済的・環境的要因など複数の入力要因を考慮しなければならないため、とても複雑である。地下の MMS は、鉱体の形状、地質、地盤工学的特性など、最も複雑であると考えられている。通常、MMS の最初のステップは、鉱体の形状、地質、地盤の特性に基づいて、最も実現性の高い採掘方法を選択することであり、それらはさらなる調査 (技術的、経済的、環境的要因を含む) のために提出される。本論文では、鉱体の形状 (厚さ、形状、傾斜) と地盤の特性 (鉱石強度、母岩強度) に基づき、CF アルゴリズムによる AI-MMRS を開発し、その適用性を証明した。この AI-MMRS は、坑内 MMS の第一段階において、経済的、技術的、環境的、政治的分析に供される一連の採掘方法を推奨するために実用的に導入することができる。

これを要するに、著者は、採掘方法選択における人工知能を開発し、その有効性に関する新知見を得たものであり、資源情報学に対して貢献するところ大なるものがある。よって著者は、北海道大学博士 (工学) の学位を授与される資格あるものと認める。