OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	Reinforcement Learning based Evolutionary Metric Filtering in Clustering
Author(s)	Ali, Ashour Mohamed Elsedfy Bassel
Citation	大阪大学, 2021, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/82282
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

論 文 内 容 の 要 旨

氏 名 (Bassel ali ashour mohamed elsedfy)

論文題名	Reinforcement Learning based Evolutionary Metric Filtering in Clustering (クラスタリングにおける強化学習に基づく進化型距離計量フィルタリング)

論文内容の要旨

Due to the growing amount of data, a technique that can direct attention to the important features can be useful. Conventional feature selection solves this problem by reducing the features number while Distance Metric Learning (DML) uses a distance metric over objects to offer insights on important features. However, in the previous work, feature selection and DML are performed separately and do not take advantage of each other's feedback. This research proposes a novel system that explores mutual feature selection and DML feedback and offers feature selection via metric filtering in the DML domain by combining Evolutionary Distance Metric Learning (EDML) and Reinforcement Learning (RL). EDML is a type of DML that relies on an evolutionary approach in its learning process to optimize its distance metric. RL is a learning technique used to derive a policy through a sequence of trials and errors and can explicitly select features for DML problems. In the proposed method, features represented by the elements of EDML distance transformation matrices are prioritized by a Differential Evolution algorithm. Then a selection control strategy using RL is learned by inserting and evaluating the prioritized elements. The proposed framework has the novelties of performing RL-based metric filtering in DML as well as adopting a two-way information exchange approach between RL and DML. In the first way, RL will learn and send feedback that will affect the EDML metric creation. In the second way, the evolutionary feature prioritizing of EDML is utilized by RL in its learning process. This directs attention to important portions of the input space in case the number of features is large and reaches good solutions with the aim to reduce the number of features while maintaining the clustering performance. A higher dimensional adaptation model is also explored to handle high dimensional DML problems. In this adaptation, a function approximation RL method creates the feature selection strategy to filter the metric while using a batch system to save DML evaluation time in high-dimensional input spaces. Moreover, different hybrid approaches are examined to explore different ways of information exchange. Additionally, Diagonal and Full distance metrics are both explored as well as different ways of formulating the RL policy. Results show a significant decrease in the number of features while maintaining accuracy.

様式７

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名（　Bassel Ali　）		
	（職）	氏　名
論文審査担当者		
主 査	准教授	福井　健一
副 査	教授	沼尾　正行
副 査	教授	森田　浩
副 査	教授	谷田　純

論文審査の結果の要旨

近年，様々な領域において機械学習の導入が進んでいる．その中でもクラスタリングは機械学習において重要な役割を果たしている．クラスタリングは観測データ点間の距離に応じた類似データの集合を獲得する技術であるが，そのクラスタリング性能は距離計量の定義に大きく左右される．そこで，部分的に得られる教師情報を活用して，対象毎に適切な距離計量をデータから学習する半教師あり距離計量学習に関する研究が盛んに行われている．本博士論文は，距離計量の学習と同時にクラスタリングに有用な特徴を強化学習によって選択する「計量フィルタリング」を提案している．本提案法は，Evolutionary Distance Metric Learning (EDML) における計量行列の進化計算過程に着目し，複数の候補計量行列の成分最適化と並行して強化学習による特徴選択を導入することで，クラスタリングの性能を維持しつつ次元削減を可能にしている．

本博士論文第4章では基本的なフレームワークとして，先行研究であるEDMLに新たにQ学習強化学習エージェントを組み合わせたReinforcement EDML (R-EDML) を提案している．強化学習エージェントは進化計算によって得られる各世代の計量行列を状態として，クラスタリングに使用する特徴量の逐次的な選択を行動として取る．実験ではいくつかの公開実データセットを用いて提案法の有効性を検証している．提案法のベース手法であるEDMLや距離計量学習の代表的な手法であるInformation Theoretic Metric Learning (ITML) に対して，提案法は同等のクラスタリング性能を維持しつつ，大幅な次元削減に成功している．また，進化計算による距離計量学習と強化学習による特徴選択において相互作用の方法を複数考案し，有効な組合せを実験的に示した．

しかし，Q学習において状態行動価値関数の状態数は，入力データの次元数に対して指数関数的に増加するため，状態行動価値関数の十分な学習には大量のサンプルが必要となり，高次元データに対して不向きであった．そこで第5章では，Q学習に代わりに複数の基底関数の線形和で状態行動価値関数を近似するLeast-Squares Policy Iteration (LSPI) を用いたHigh Dimensional R-EDML (HDR-EDML) を提案している．実験では数百次元程度のいくつかの公開実データセットに対して，従来の距離計量学習法やL1正則化による特徴選択を行う距離計量学習と比較し提案法の有効性を検証した．高次元データにおいても提案法により従来と同等のクラスタリング性能を維持しつつ，大幅な次元削減が可能なことを実験的に示した．

以上を要するに，本論文は距離計量学習における次元削減に関する研究を行い，その有効性を確かめたものであり，機械学習・データマイニングの分野において情報科学技術の果たす役割の進展に大きく貢献するものである．よって，博士(情報科学)の学位論文として価値のあるものと認める．