

Метод сопоставления компонентов двух объектов на основе обучения метрики и универсального описания предметной области

А. И. Майсурадзе¹

В задачах ИИ приходится работать не только с признаковыми, но и метрическими описаниями объектов. Это требует методов построения, преобразования, коррекции и использования метрических описаний. В работе проводится систематизация такого комплекса задач.

Рассматривается новый подход к задаче сопоставления компонентов объектов. Во-первых, мы используем «универсальный граф» для обогащения индивидуальной задачи информацией о предметной области. Это сводит задачу сопоставления компонентов к задаче сопоставления графов. Во-вторых, мы предлагаем быстрый метод сопоставления графов на основе обучения метрики. Эксперименты показывают высокое качество результатов по сравнению с традиционными методами.

Ключевые слова: метрическое описание объектов, представление на основе компонентов, сопоставление компонентов, сопоставление графов, графовая сверточная сеть, обучение расстояния.

1. Введение

В работах по машинному обучению (МО) ведущую роль играют индивидуальные описания объектов. В то же время есть модели и подходы, которые работают с парами объектов. В данном докладе основное внимание уделяется расстоянию между парой объектов, которое мы понимаем как числовую характеристику этой пары с той интерпретацией, что объект до самого себя имеет нулевое расстояние, все остальные расстояния неотрицательны, чем больше расстояние, тем меньше общих свойств мы ожидаем между объектами. Формальные требования к функции расстояния могут различаться от приложения к приложению. В математике распространен термин метрика, соответственно, модели и методы, использующие расстояния, часто называют метрическими.

¹Майсурадзе Арчил Ивериевич — доцент каф. математических методов прогнозирования ф-та ВМК МГУ им. М.В.Ломоносова, e-mail: maysuradze@cs.msu.ru.

Maysuradze Archil Iverievich — Associate Professor, Lomonosov Moscow State University, Faculty of Computational Mathematics and Cybernetics, Chair of Mathematical Methods of Forecasting.

В МО многие метрические методы уже стали классическими, например метод ближайших соседей, но они изучаются только для ситуаций с одной метрикой. При этом в задачах ИИ всё чаще для одних и тех же объектов одновременно используются разные способы измерения сходства. Когда на объектах задано несколько расстояний, в практике МО говорят, что задано метрическое описание.

Для традиционных признаков объектов эволюционно сложились классы задач («инструменты»). По аналогии, в нашей научной группе идет работа над развитием инструментов для метрических описаний. Развиваются как сами методы распознавания [1], так и приемы получения и преобразования метрической информации [2, 3]. При этом реализация опирается на специальные представления [4]. В докладе будут систематизированы инструменты построения, преобразования, коррекции, анализа метрических описаний.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 20-01-00664-а) и госбюджетной темы НИР № 5.1.21 МГУ имени М. В. Ломоносова.

2. Обучение метрики для сопоставления компонентов

Как новый результат будет продемонстрировано эффективное решение задачи сопоставления компонентов на основе обучения метрики [5]. В современных задачах ИИ возникают ситуации, когда объекты распознавания воспринимаются как множество компонентов. При этом надо найти соответствия между компонентами разных объектов (part matching). Для обучающего набора пар объектов указано бинарное отношение на их компонентах. Возможны соответствия «один ко многим» или «многие ко многим».

Если дополнительно между компонентами одного объекта есть связи, то естественным формализмом становятся графы. Задача поиска соответствия между вершинами графов называется задачей сопоставления графов (graph matching). В МО такую задачу не ставят как точную задачу об изоморфизме, а рассматривают различные варианты [6]. Традиционные методы сопоставления графов имеют высокую вычислительную сложность, что вынуждает разрабатывать быстрые приближенные процедуры. Дополнительно надо приспособить такие процедуры под распространенные сегодня технологии работы с графами вычислений.

В работе сделано два основных предложения:

1. универсальный граф компонентов как новый способ представления информации о предметной области, что превращает задачу сопоставления компонентов в задачу сопоставления графов;

2. новая модель сопоставления графов, основанная на обучении метрики на вершинах графов, способ ее обучения.

Модель сопоставления графов объектов имеет следующую схему:

1. получение первичного представления компонентов без использования информации о графе;

2. получение вторичного представления компонентов на основе информации о графе;

3. вычисление сходства вторичных представлений.

Наша схема сопоставляет вершины исключительно на основе сходства вторичных представлений. Мы вообще избегаем квадратичной задачи о назначениях, что позволяет достичь вычислительной эффективности.

Экспериментально продемонстрировано, что такая модель даёт лучшие результаты, чем традиционные модели сопоставления графов, и обладает высокой устойчивостью к вариативности в данных.

Список литературы

- [1] Kozlov V.D., Maisuradze A.I., “Metric Learning in Graph Matching Problems”, *Computational Mathematics and Modeling*, **31**:4 (2020), 477–483.
- [2] Maysuradze A.I., Suvorov M.A., “Aggregation of multiple metric descriptions from distances between unlabeled objects”, *Computational Mathematics and Mathematical Physics*, **57**:2 (2017), 350–361.
- [3] Kozlov V.D., Maysuradze A.I., “Separation of a Mixture of Three-Parameter Lognormal Distributions in the Analysis of Communication Environments”, *Computational Mathematics and Modeling*, **30**:3 (2019), 311–319.
- [4] Maysuradze A.I., “Homogeneous and rank bases in spaces of metric configurations”, *Computational Mathematics and Mathematical Physics*, **46**:2 (2006), 330–344.
- [5] Kozlov V.D., Maysuradze A.I., “A novel approach for part based object matching using distance metric learning with graph convolutional networks”, *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, **44** (2021), 149–154.
- [6] Conte D., Foggia P., Sansone C., Vento M., “Thirty years of graph matching in pattern recognition”, *International journal of pattern recognition and artificial intelligence*, **18**:03 (2004), 265–298.

A Method for Part Matching of Two Objects Based on Metric Learning and Universal Domain Description
Maysuradze A.I.

In AI applications, one has to work not only with features, but also metric descriptions of objects. This requires the development of a special set of methods for constructing, converting, correcting and using metric descriptions. We provide a systematization of the methods.

In particular, a new approach to the problem of part matching is considered. First, we propose to use the 'universal graph' as a way to enrich an individual matching problem with general information about the domain. This reduces the part matching problem to the graph matching problem. Second, we propose a fast graph matching method based on metric learning. At the same time, we generally avoid the quadratic assignment problem, which allows us to achieve high computational efficiency. Experiments demonstrate good performance compared to conventional methods.

Keywords: metric descriptions of objects, composite objects, part matching, graph matching, graph convolutional networks, distance metric learning.

References

- [1] Kozlov V.D., Maisuradze A.I., "Metric Learning in Graph Matching Problems", *Computational Mathematics and Modeling*, **31**:4 (2020), 477–483.
- [2] Maysuradze A.I., Suvorov M.A., "Aggregation of multiple metric descriptions from distances between unlabeled objects", *Computational Mathematics and Mathematical Physics*, **57**:2 (2017), 350–361.
- [3] Kozlov V.D., Maysuradze A.I., "Separation of a Mixture of Three-Parameter Lognormal Distributions in the Analysis of Communication Environments", *Computational Mathematics and Modeling*, **30**:3 (2019), 311–319.
- [4] Maysuradze A.I., "Homogeneous and rank bases in spaces of metric configurations", *Computational Mathematics and Mathematical Physics*, **46**:2 (2006), 330–344.
- [5] Kozlov V.D., Maysuradze A.I., "A novel approach for part based object matching using distance metric learning with graph convolutional networks", *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, **44** (2021), 149–154.
- [6] Conte D., Foggia P., Sansone C., Vento M., "Thirty years of graph matching in pattern recognition", *International journal of pattern recognition and artificial intelligence*, **18**:03 (2004), 265–298.