



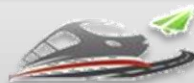
层级多标签分类的双曲交互模型

Hyperbolic Interaction Model for Hierarchical Multi-Label Classification

陈博理

北京交通大学

2019年12月22日



交通数据分析与挖掘北京市重点实验室



研究背景：文本分类

- 文本分类是自然语言处理中的一个经典任务，可以分为：
 - 多类（Multi-Class）：传统的情感分类是典型的多类分类任务；
 - 多标签（Multi-Label）：标签之间有关联，存在大量出现次数较少的尾标（Tail Label）。
- 目标：利用标签之间的相关性（层级关系）提升多标签分类的性能。

表1 多类与多标签对比

多类 Multi-Class	多标签 Multi-Label
数量少 文本只属于某一个类	数量多 文本有多个标签
分布均匀	长尾(Long tail)分布
类之间没有交集	标签之间存在相关性 (例如层级结构)

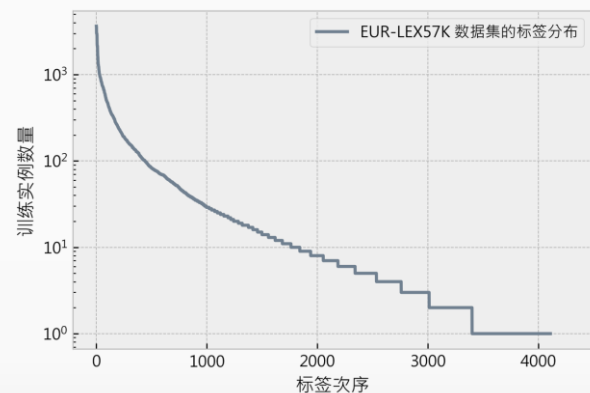


图1 EUR-LEX57K 的长尾标签分布





研究背景：层级多标签分类（Hierarchical Multi-Label Classification）

- 对于层级多标签分类，通常利用标签的层级结构构建网络和损失函数：
 - 对每一层级都构建一个对应的损失函数，再联合每一层作为网络的整体损失函数。
- 通常要求标签的层级规则，对于不规则的层级结构，网络的中间层预测为空。
 - 难以按不规则的标签层级结构设计合理的网络。

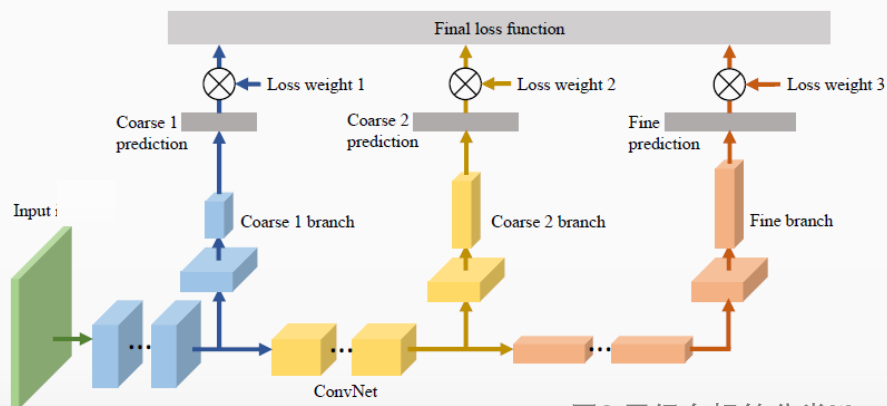


图2 层级多标签分类^[1]

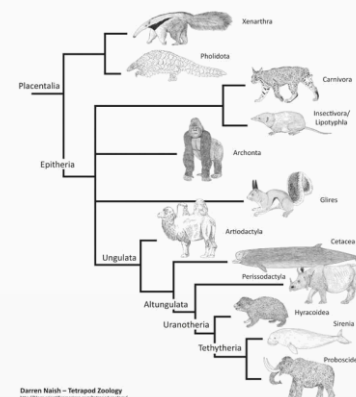
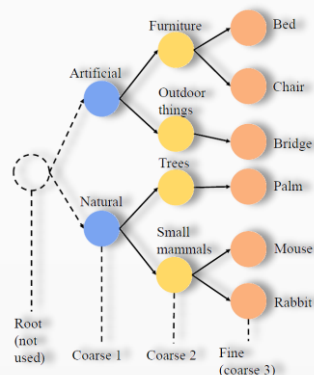


图3 不规则的层级结构

[1] Zhu, Xinqi, and Michael Bain. 2017. B-CNN: branch convolutional neural network for hierarchical classification. arXiv preprint arXiv:1709.09890.





研究背景：庞加莱嵌入（Poincaré Embedding）

- 庞加莱嵌入^[2]是双曲空间中的表示学习方法：
 - 双曲空间是具有恒定负曲率的黎曼流形，其多个互相等价的模型之一为庞加莱球（Poincaré Ball）；
 - 相较于欧式空间，能够更好地嵌入并表示具有层级结构的数据。

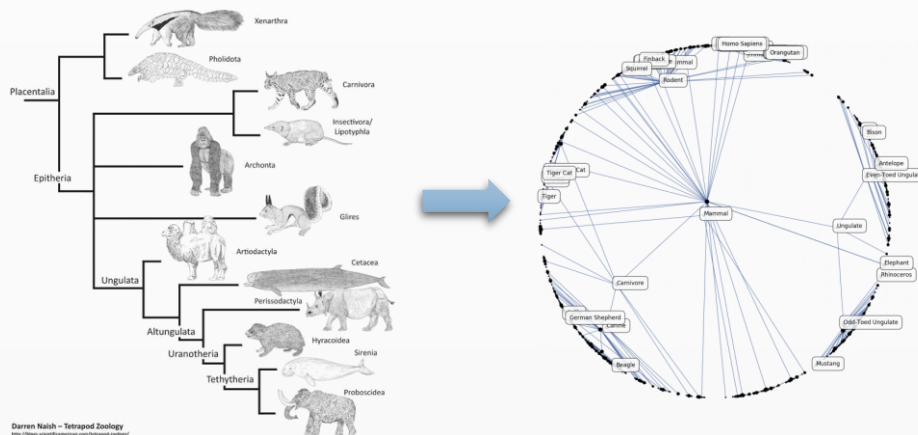


图4 将层级数据嵌入双曲线空间

[2] Maximillian Nickel and Douwe Kiela. 2017. Poincaré embeddings for learning hierarchical representations. In *Advances in neural information processing systems* 30, pages 6338–6347.





双曲交互模型

- 双曲交互模型希望利用双曲空间对于层级标签的表征能力来提升分类性能。
 - 标签嵌入在双曲线空间中，保留层级结构信息；
 - 单词嵌入在同一双曲线空间中；
 - 通过双曲词编码器根据上下文调整每个词的嵌入位置；
 - 计算每个词和标签之间的双曲空间中的距离，构建标签适应的文档表示并预测概率。

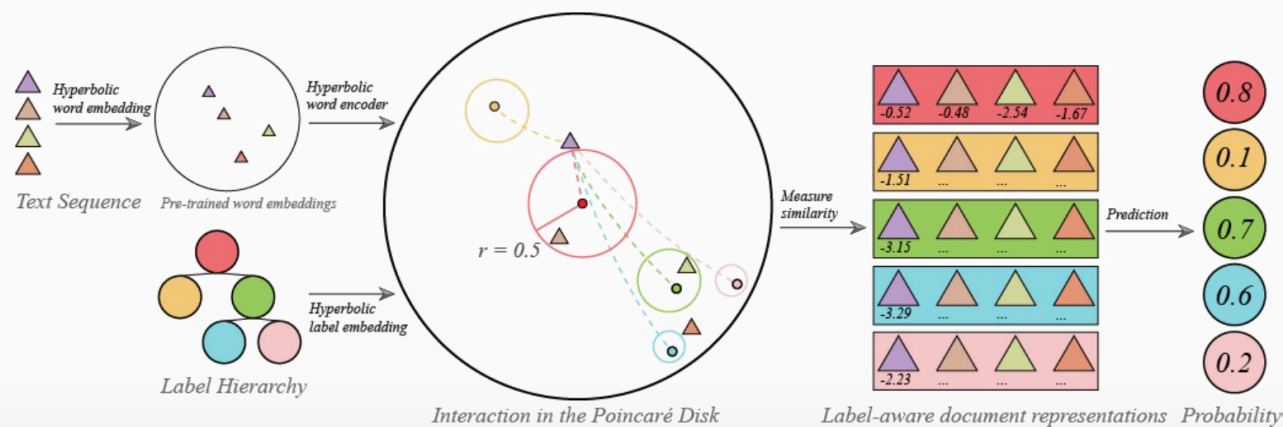


图5 双曲交互模型





实验结果

表2 多标签分类方法对比

Dataset	Metrics	<i>EXAM</i>	<i>SLEEC</i>	<i>DXML</i>	<i>HR-DGCNN</i>	<i>HMCN-F</i>	<i>HyperIM</i>
<i>RCVI</i>	<i>P@1</i>	95.98	94.45	95.27	95.17	95.35	96.78
	<i>P@3</i>	80.83	78.60	77.86	80.32	78.95	81.46
	<i>P@5</i>	55.80	54.24	53.44	55.38	55.90	56.79
	<i>nDCG@3</i>	90.74	90.05	89.69	90.02	90.14	91.52
	<i>nDCG@5</i>	91.26	90.32	90.24	90.28	90.82	91.89
<i>Zhihu</i>	<i>P@1</i>	51.41	51.34	50.34	50.97	50.24	52.14
	<i>P@3</i>	32.81	32.56	31.21	32.41	32.18	33.66
	<i>P@5</i>	24.29	24.23	23.36	23.87	24.09	24.99
	<i>nDCG@3</i>	49.32	49.27	47.92	49.02	48.36	50.13
	<i>nDCG@5</i>	50.74	49.71	48.65	49.91	49.21	51.05
<i>WikiLSHTC</i>	<i>P@1</i>	54.90	53.57	52.02	52.67	53.23	55.06
	<i>P@3</i>	30.50	31.25	30.57	30.13	29.32	31.73
	<i>P@5</i>	22.02	22.46	21.66	22.85	21.79	23.08
	<i>nDCG@3</i>	49.50	46.06	47.97	49.24	48.93	50.46
	<i>nDCG@5</i>	50.46	47.52	48.14	50.42	49.87	51.36





对比欧式空间中的交互模型

- 设计了一个在欧式空间中的类比模型：
 - 使用欧式距离构建标签适应的文档表示并预测概率。
- 在多个维度下的实验结构表明双曲空间能够更好地利用标签的层级结构并提升分类性能。
 - 空间维度越低提升效果越明显。

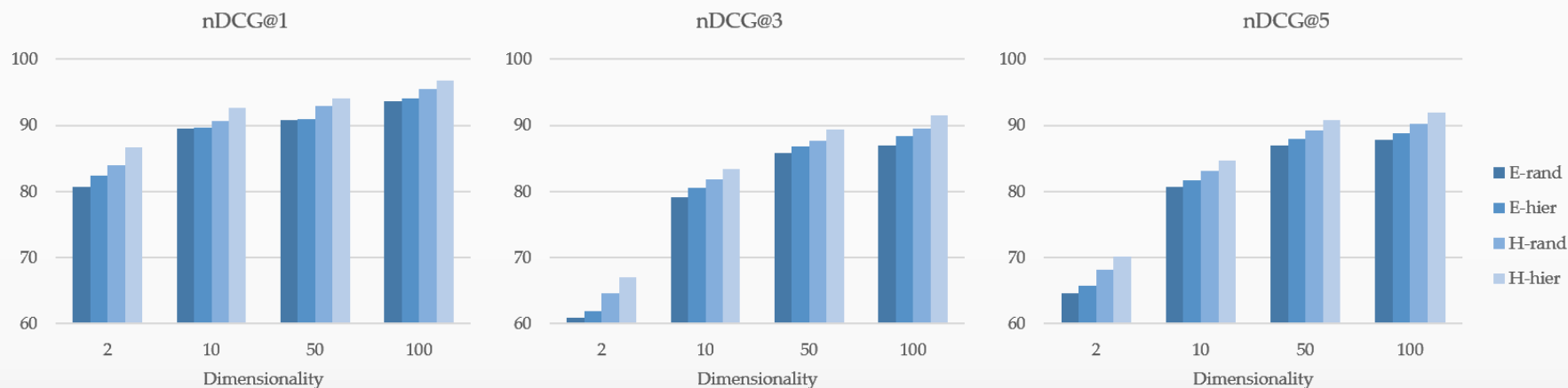


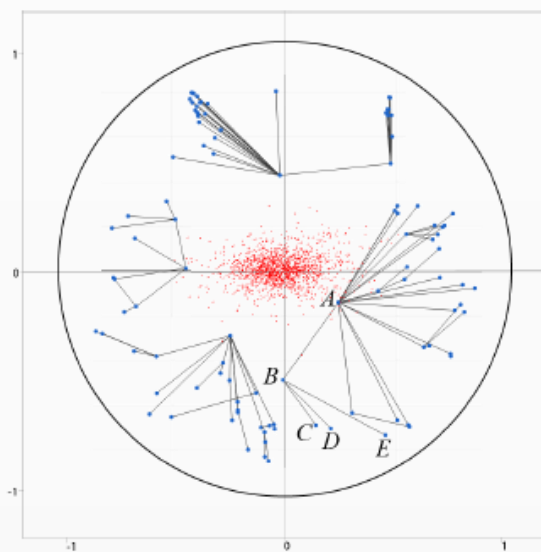
图6 不同嵌入维度的对比



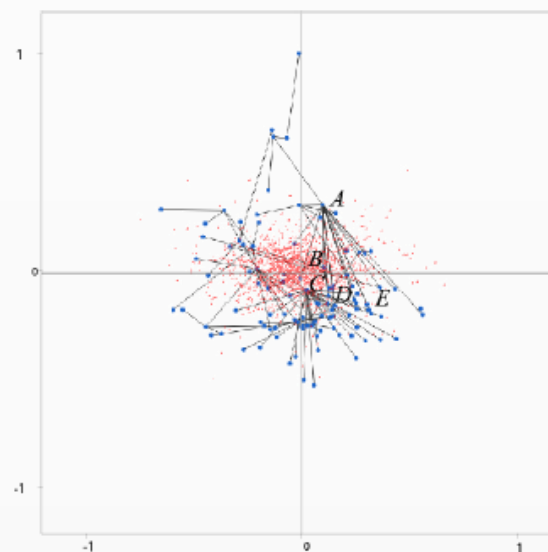


对比欧式空间中的交互模型

- 在2维双曲空间和欧式空间中训练模型，并可视化训练的结果。
 - 标签的层级结构在双曲空间中被很好地保留。



(a) Word/Label embeddings in 2-D Poincaré disk



(b) Word/Label embeddings in 2-D Euclidean space

*A - Corporate/industrial
B - Markets/marketing
C - Domestic markets
D - External markets
E - Market share*

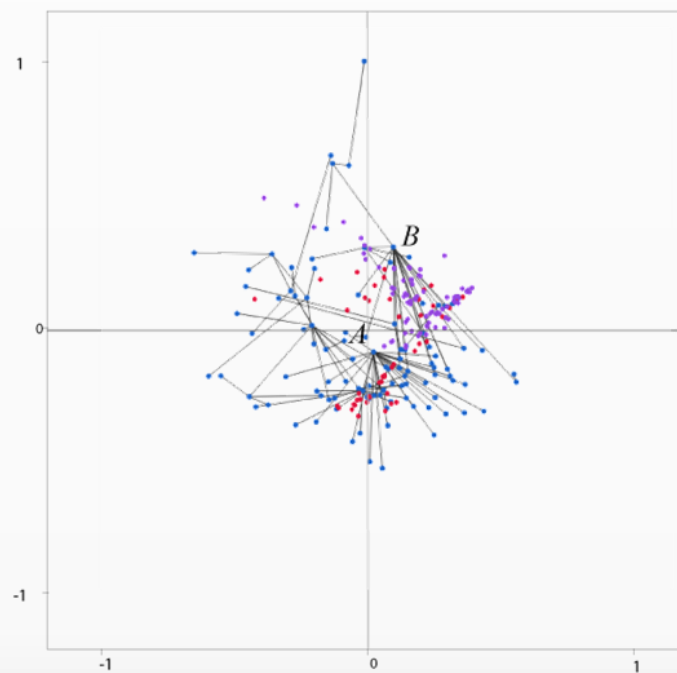
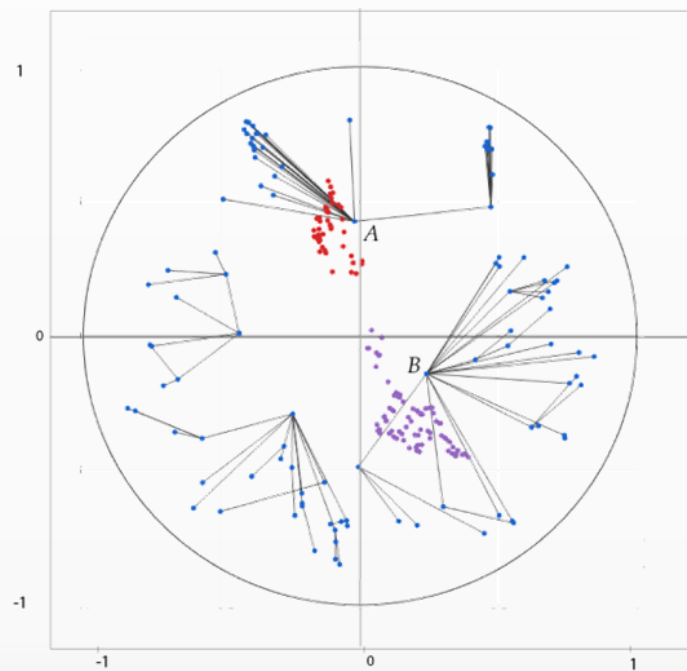
图7 2维空间中的嵌入可视化





对比欧式空间中的交互模型

- 在2维双曲空间和欧式空间可视化单词与标签的交互。
- 双曲词编码器能够学到单词与标签之间的联系。



A - Government/Social

... hurricane Edouard, the most powerful hurricane of the 1996 atlantic season, is likely to bypass the Caribbean and head straight up the Atlantic to Florida and the eastern seaboard, the national hurricane service said ...

B - Corporate/industrial

... the Airbus industrie consortium has to go ahead with its ambitious plans to build a new super jumbo jet ... Airbus needs the new aircraft to fill the gap in its product range because airlines often want to buy from only one manufacturer to cover their full fleet needs ...

图8 2维空间中的交互可视化





总结

- 当标签层级结构不规则时，难以设计合理的网络结构和损失函数；
- 欧式空间的交互模型无法很好地利用标签的层级结构；
- 双曲交互模型利用双曲空间对层级多标签的表征能力，提升了分类的性能。





感谢



BEIJING JIAOTONG UNIVERSITY

