



南京大學

NANJING UNIVERSITY



基于深度学习与历史交互序列建模的 推荐排序算法研究

- 答辩人：刘雅辉 MG1833050
- 导 师：申富饶 教授



目录

CONTENTS

- 1 课题综述
- 2 研究内容
- 3 研究成果
- 4 总结与展望



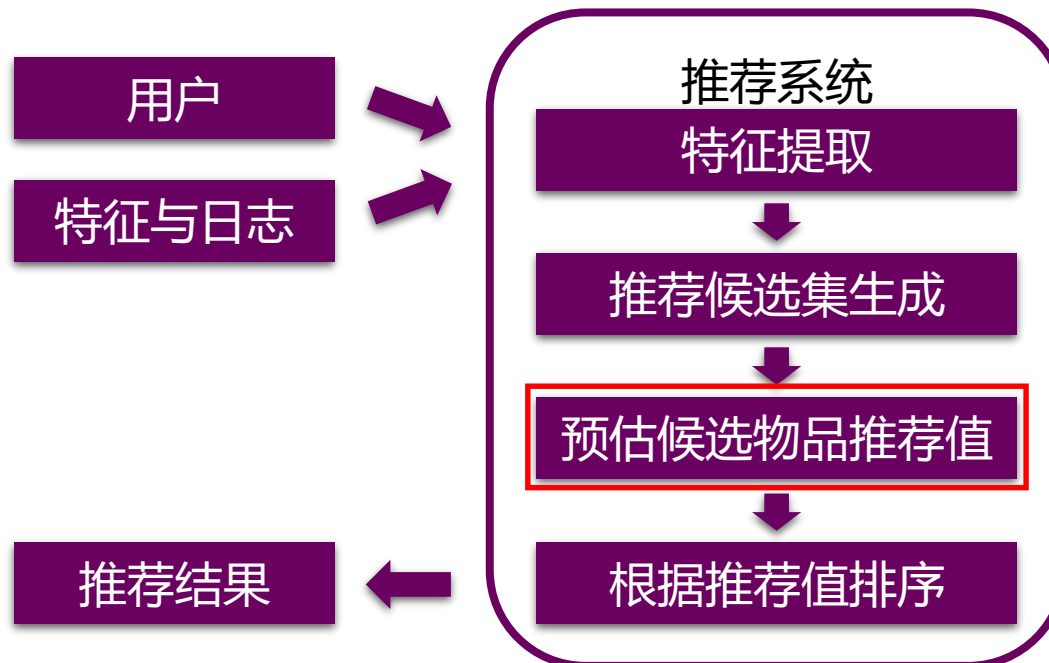
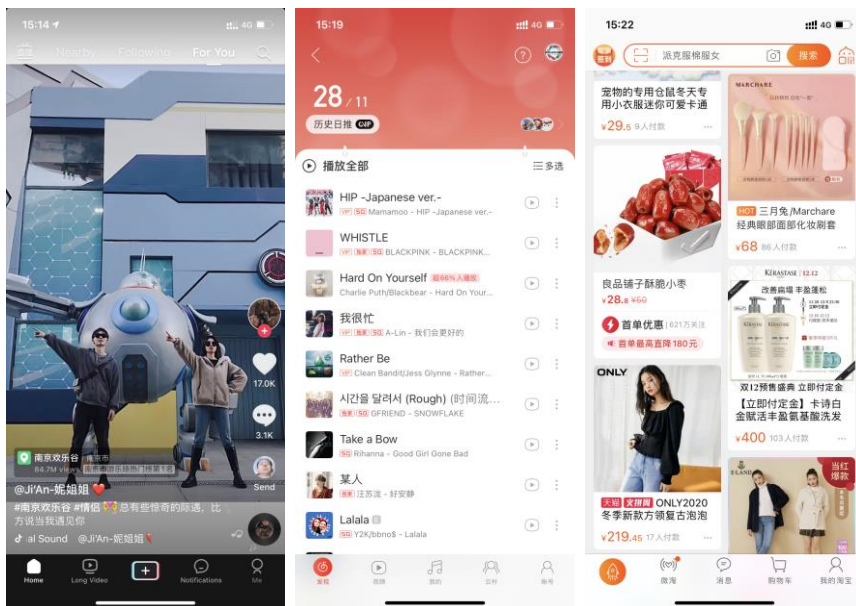
第一部分

课题综述

研究背景 | 研究目的与意义



研究背景：推荐系统

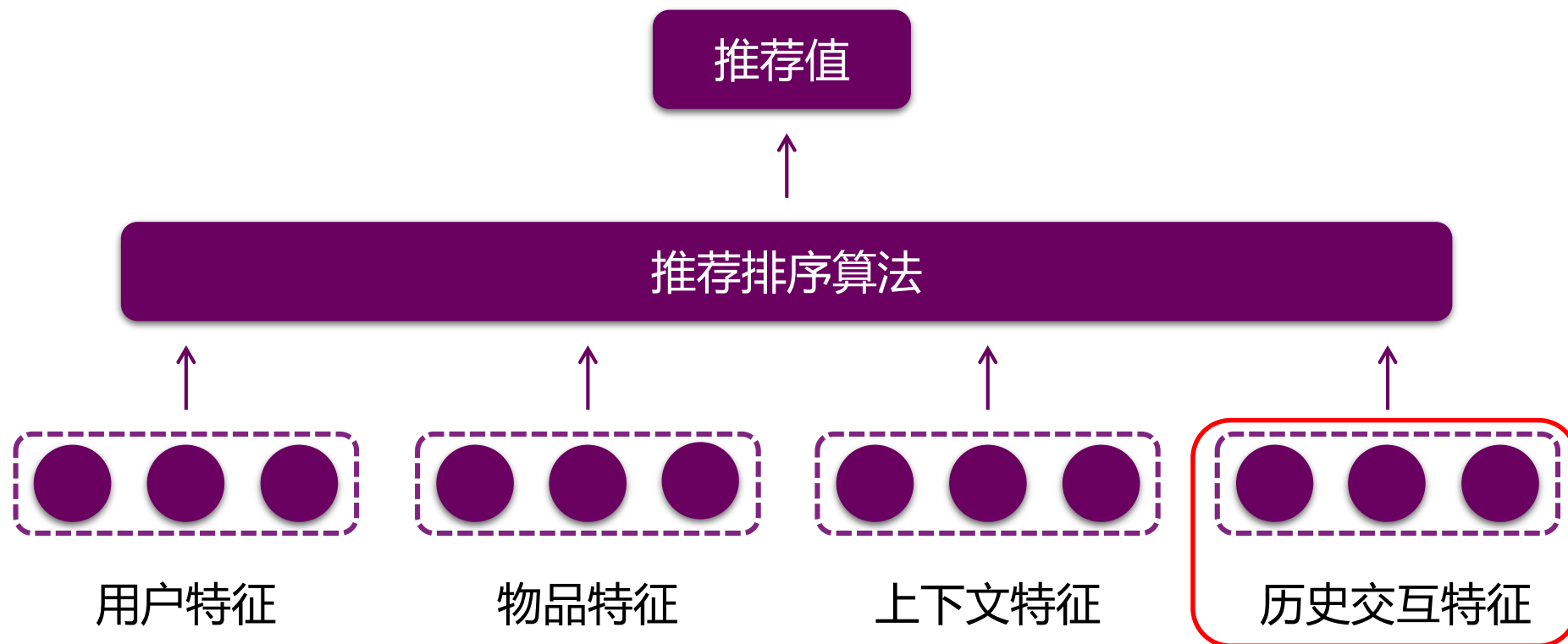


- 推荐系统是一种信息过滤系统
- 预测用户感兴趣的物品进行推荐

- 推荐系统通常包括召回和排序阶段
- 排序阶段的核心在于推荐值预估



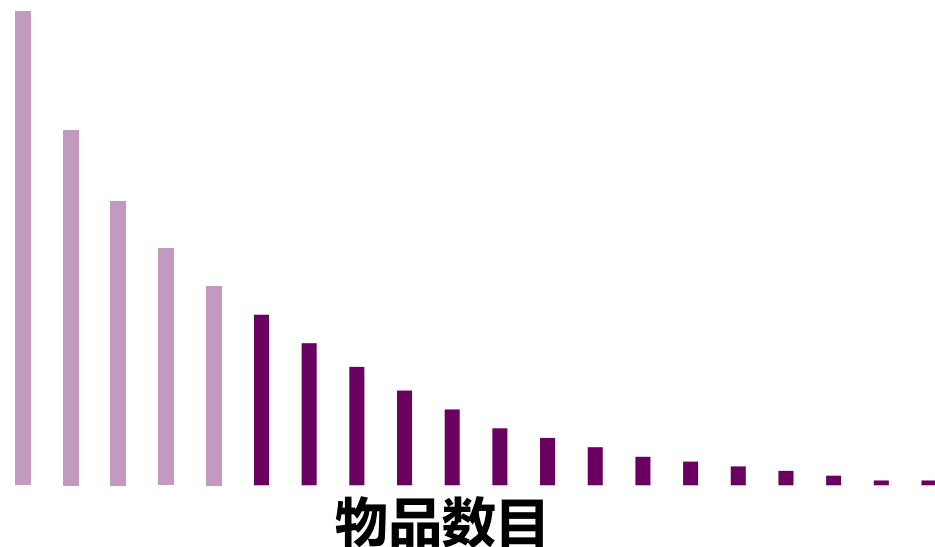
研究背景：推荐排序算法





研究目的与意义：推荐系统中普遍存在长尾问题与冷启动问题

物品交互数目



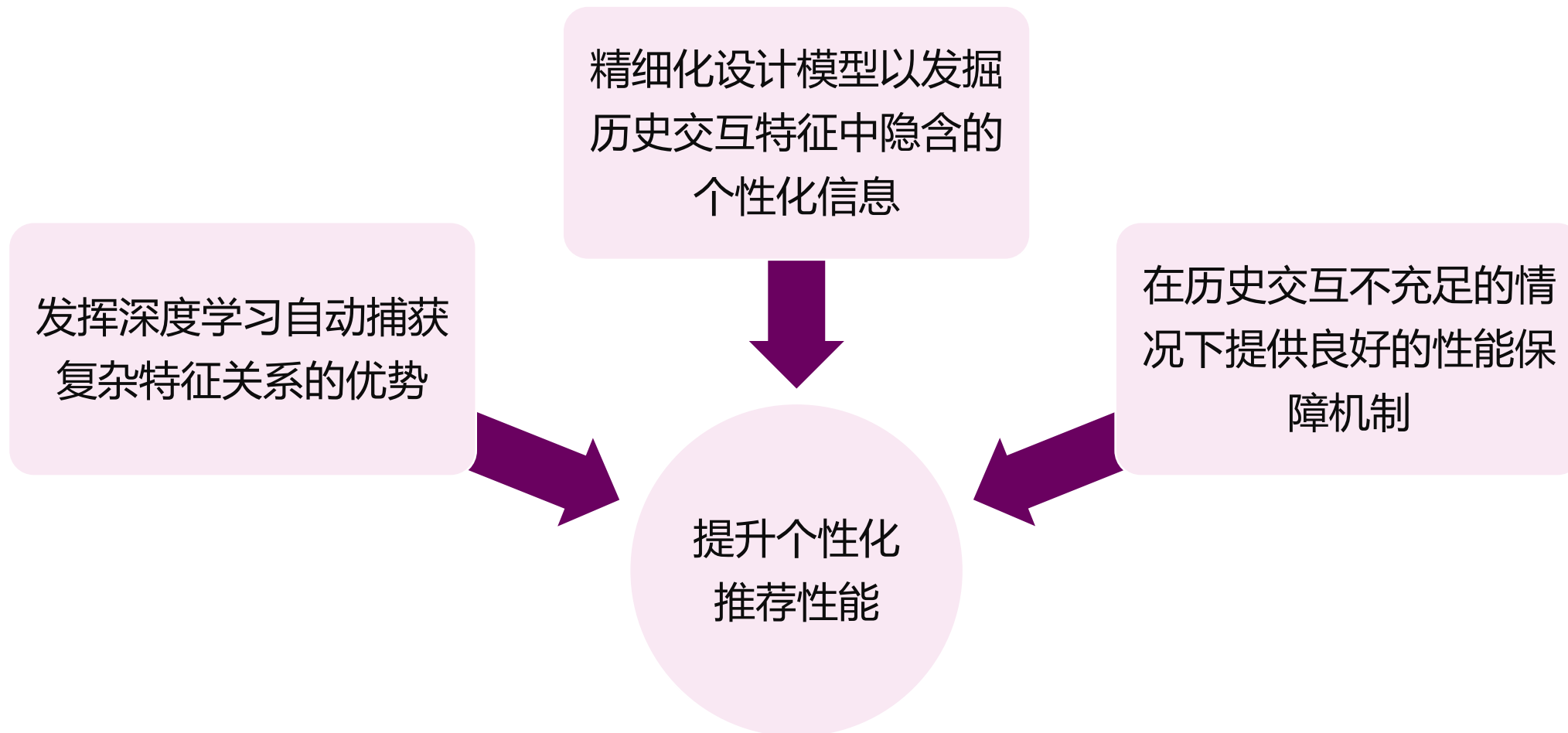
- 物品分布呈现出明显的长尾现象
- 关注对长尾物品的推荐将为整体推荐性能带来显著提升



- 新用户与新物品不断出现
- 关注冷启动推荐性能对于用户和平台均有重要意义



研究目的与意义：充分利用历史交互特征提升个性化推荐性能





第二部分

研究内容

基于历史交互信息的推荐排序模型 | 基于模拟交互序列生成的冷启动推荐模型



基于历史交互信息的推荐排序模型：研究动机

物品长尾问题

物品特征训练不充分

历史交互信息

直观反映个性化信息

物品与用户建立更广泛的联系

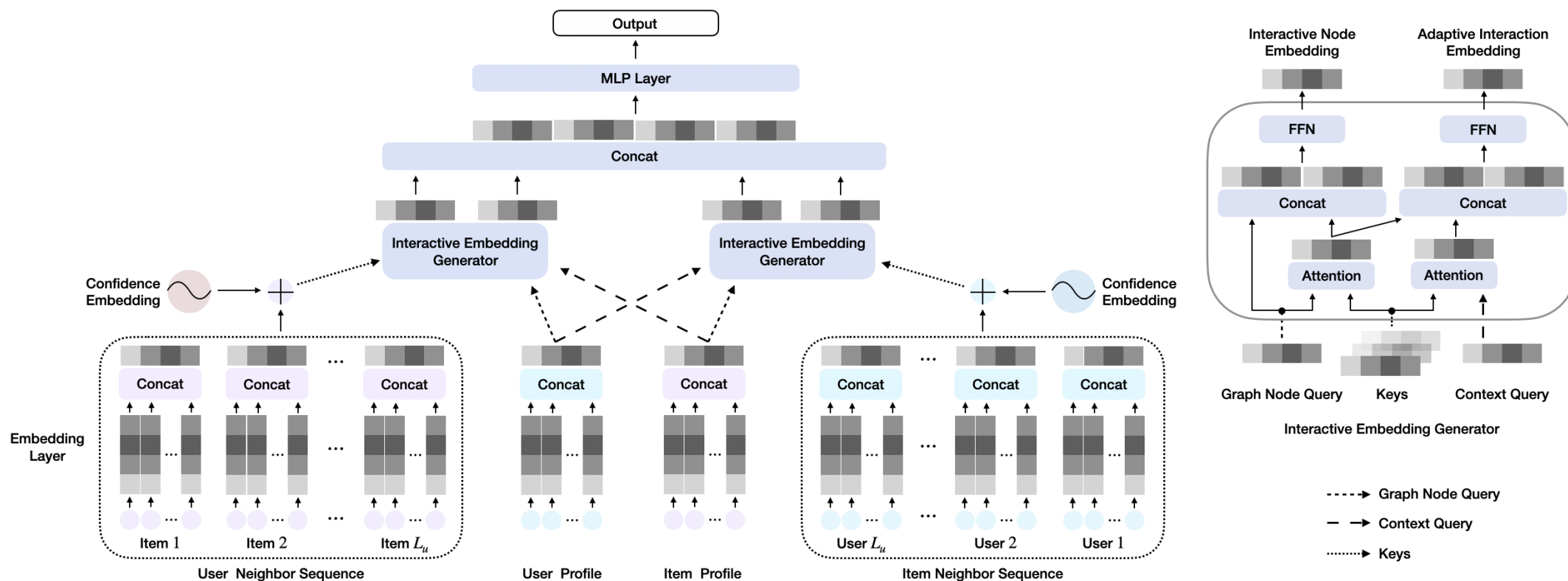
将用户与物品的历史交互建模为二部图

设计深度学习模型充分利用历史交互特征

综合多维度的交互重要度生成表达能力更强的特征表示



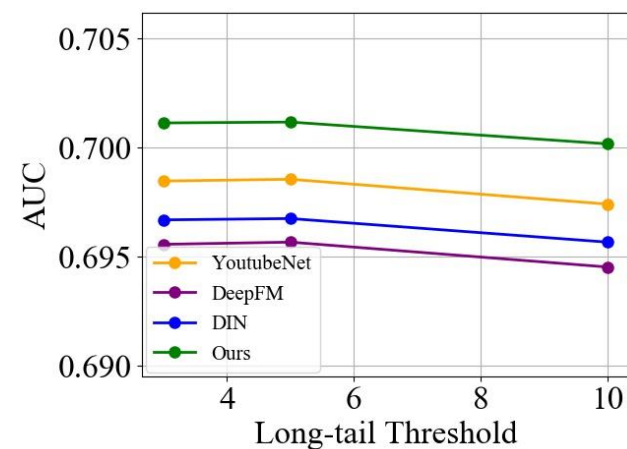
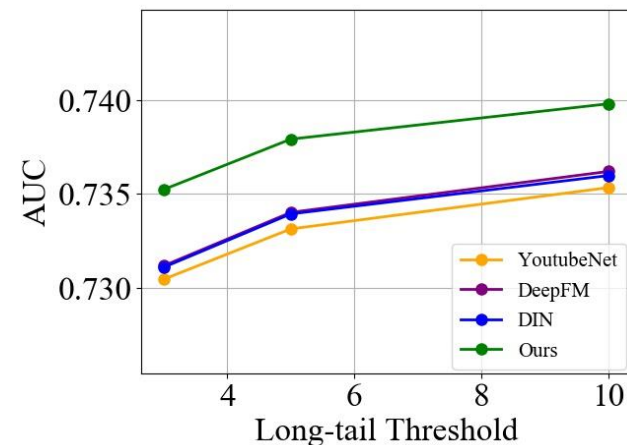
基于历史交互信息的推荐排序模型：MIGAT 模型架构





基于历史交互信息的推荐排序模型：对比实验

模型	Books	Electronics	Byte-Rec-Small	Byte-Rec-Large
FM-	0.6589	0.6280	0.6822	0.6038
FM	0.6753	0.6182	0.6979	0.6445
YoutubeNet-	0.7639	0.6994	0.7312	0.6965
YoutubeNet	0.7671	0.7008	0.7385	0.7142
DeepFM	0.7678	0.7004	0.7390	0.7119
DIN	0.7679	0.7009	0.7385	0.7124
MIGAT	0.7686	0.7013	0.7422	0.7161

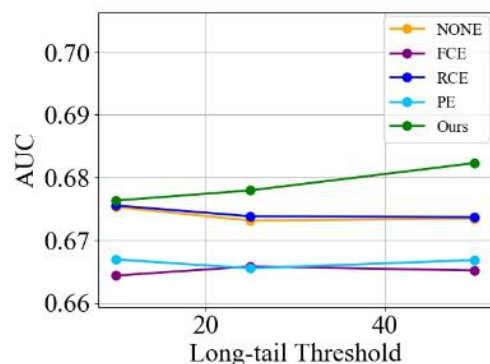




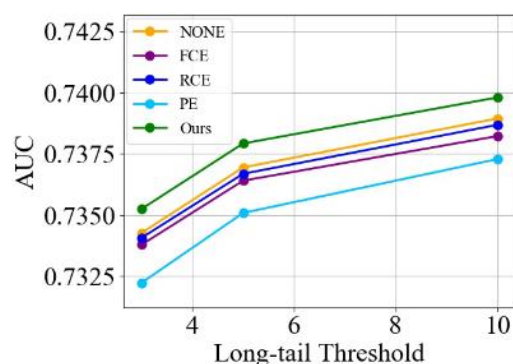
基于历史交互信息的推荐排序模型：消融实验

模型	Books	Electronics	Byte-Rec-Small	Byte-Rec-Large
NONE	0.7675	0.7002	0.7416	0.7147
FCE	0.7668	0.6928	0.7414	0.7152
RCE	0.7678	0.7002	0.7416	0.7153
PE	0.7587	0.6960	0.7399	0.7142
MIGAT	0.7686	0.7013	0.7422	0.7161

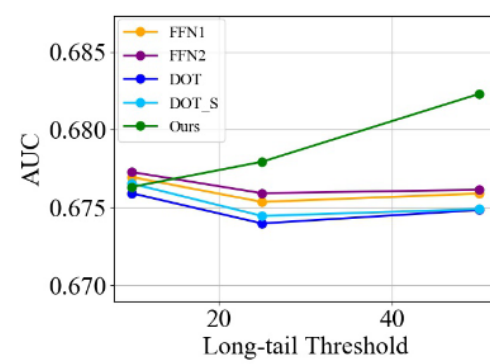
模型	Books	Electronics	Byte-Rec-Small	Byte-Rec-Large
FFN-1	0.7674	0.7016	0.7418	0.7161
FFN-2	0.7677	0.7015	0.7419	0.7159
Dot-product	0.7685	0.7007	0.7419	0.7151
Dot-product-S	0.7666	0.7011	0.7417	0.7153
FFN-3	0.7686	0.7013	0.7422	0.7161



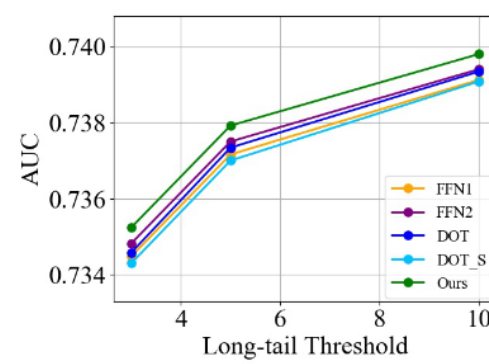
(a) Electronics



(b) Byte-Rec-Small



(a) Electronics



(b) Byte-Rec-Small

交互置信度嵌入向量对模型性能的影响

Attention函数对模型性能的影响



基于模拟交互序列生成的冷启动推荐模型：研究动机

冷启动问题

缺少历史交互特征
新ID对应特征表示未得到训练

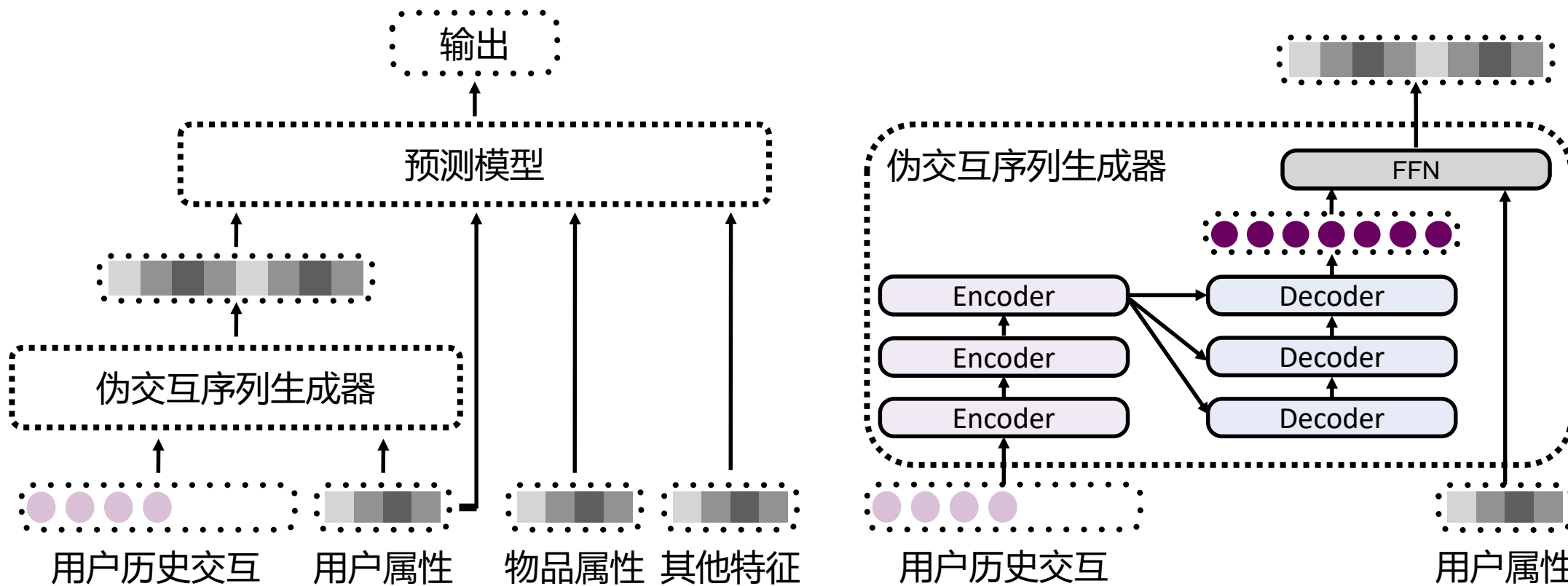
元学习

快速适应于新的学习任务

生成高质量的历史交互替代特征表征个性化信息
基于元学习训练模型达到加快冷启动探索收敛的目的

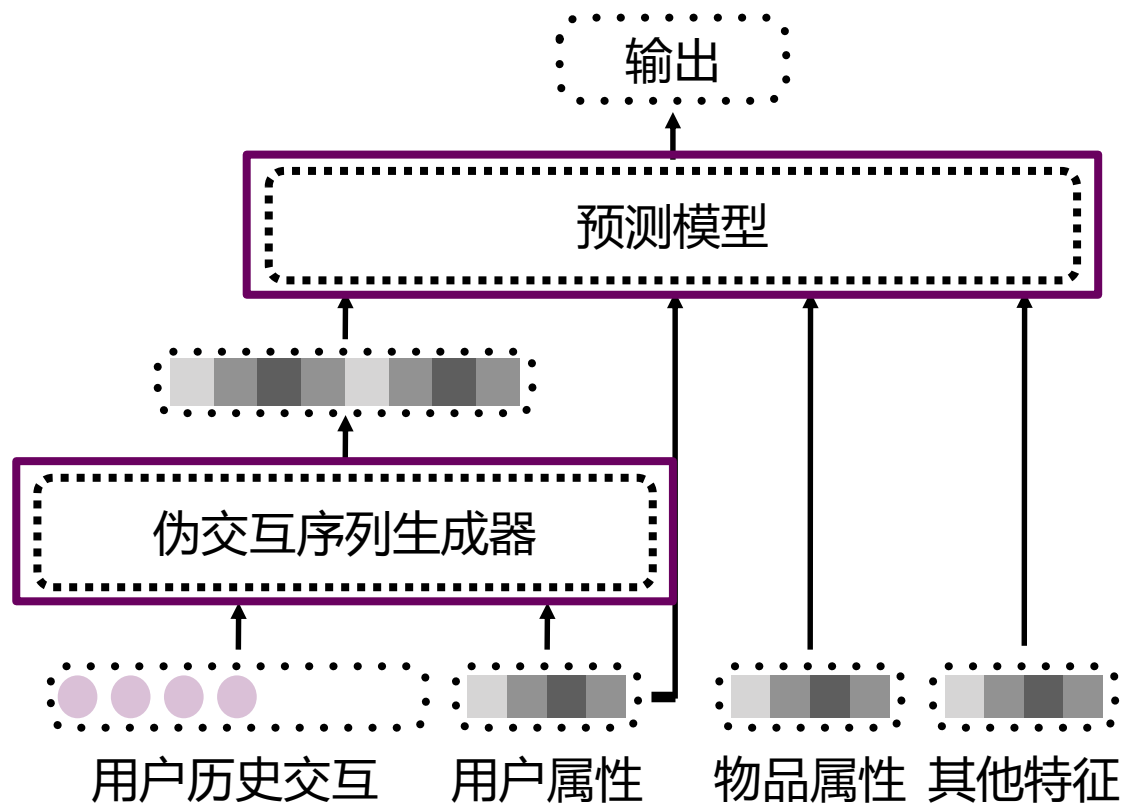


基于模拟交互序列生成的冷启动推荐模型：MePIGen 模型架构





基于模拟交互序列生成的冷启动推荐模型：元学习算法



训练阶段：

1. 基于历史交互丰富的老用户数据预训练
2. 基于老用户支持集进行局部更新
3. 基于老用户查询集进行全局更新

测试阶段：

4. 基于新用户支持集进行局部更新
5. 基于新用户查询集进行预测



基于模拟交互序列生成的冷启动推荐模型：实验结果

模型	Movielens		Book Crossing		Yelp	
	阶段一	阶段二	阶段一	阶段二	阶段一	阶段二
FM	0.6846	0.6966	0.5626	0.7086	0.6161	0.6623
MePIGen + FM	0.6928	0.7011	0.5676	0.7080	0.6246	0.6764
YoutubeNet	0.6944	0.7186	0.5700	0.7282	0.6328	0.7150
MePIGen + YoutubeNet	0.6971	0.7215	0.5702	0.7285	0.6413	0.7192
DeepFM	0.7032	0.7306	0.5706	0.7341	0.6388	0.7198
MePIGen + DeepFM	0.7046	0.7341	0.5724	0.7337	0.6506	0.7219
DIN	0.7053	0.7367	0.5739	0.7283	0.6399	0.7192
MePIGen + DIN	0.7073	0.7380	0.5748	0.7295	0.6500	0.7214

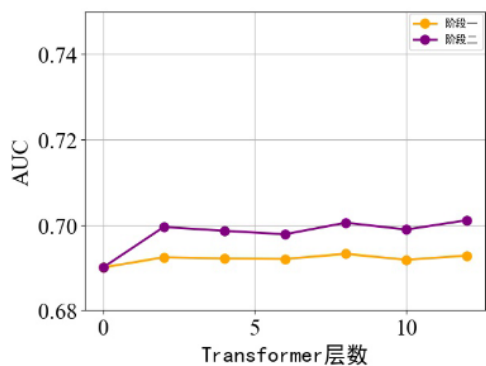
对比实验结果

基学习器	学习算法	阶段一		阶段二	
		AUC	AUC 提升	AUC	AUC 提升
FM	监督学习	0.6816	-0.44%	0.6968	0.03%
	元学习	0.6928	1.20%	0.7011	0.65%
YoutubeNet	监督学习	0.6962	0.49%	0.7248	3.38%
	元学习	0.6971	0.62%	0.7215	2.91%
DeepFM	监督学习	0.7045	1.45%	0.7321	1.88%
	元学习	0.7046	1.47%	0.7341	2.16%
DIN	监督学习	0.7083	1.61%	0.7351	1.88%
	元学习	0.7073	1.46%	0.7380	2.29%

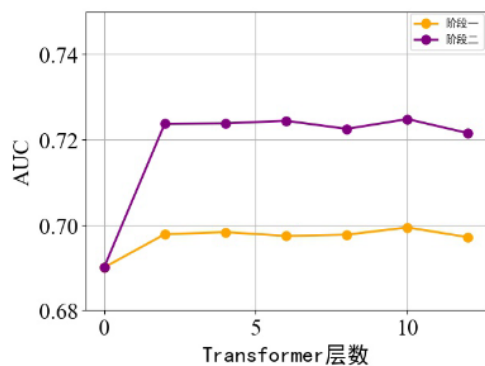
元学习算法对模型性能的影响



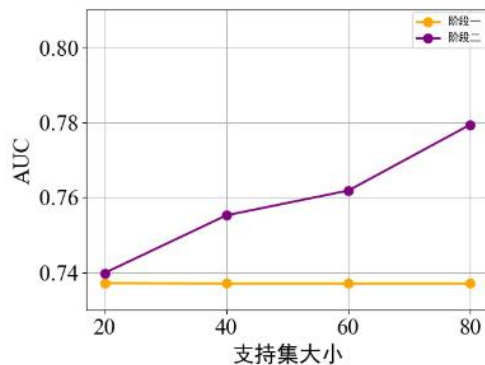
基于模拟交互序列生成的冷启动推荐模型：实验结果



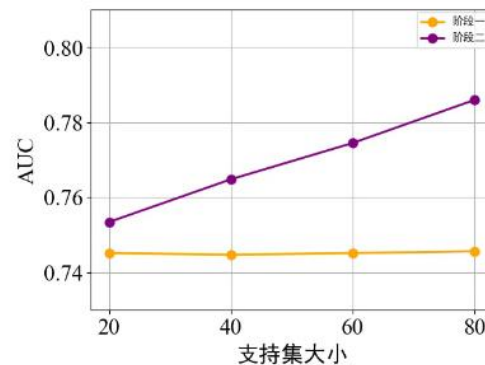
(a) FM



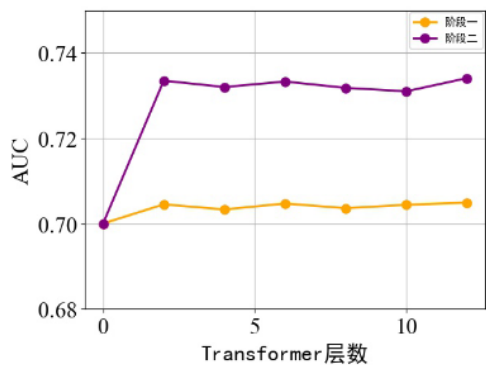
(b) YoutubeNet



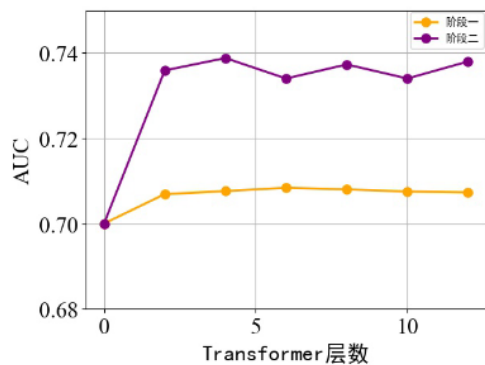
(a) FM



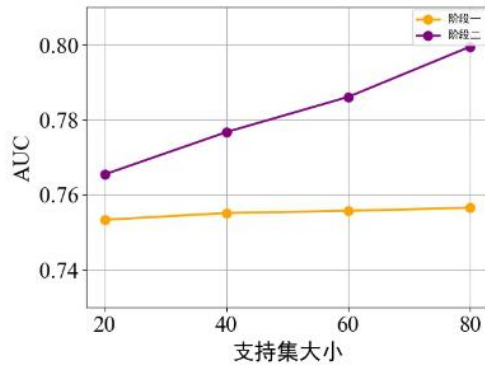
(b) YoutubeNet



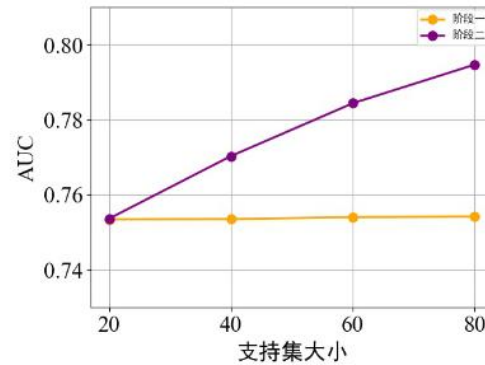
(c) DeepFM



(d) DIN



(c) DeepFM



(d) DIN

Transformer层数对推荐性能的影响

支持集大小对推荐性能的影响



第三部分

研究成果

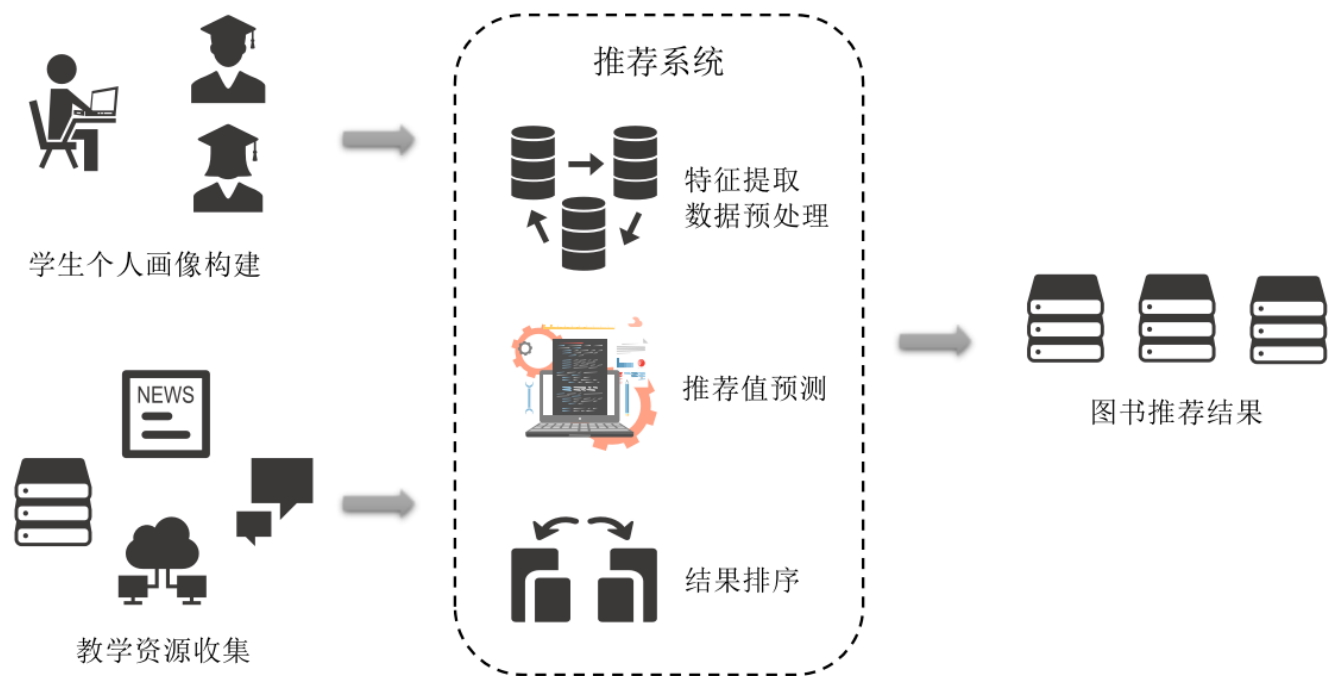
图书推荐系统 | 相关成果



图书推荐系统：系统设计

系统需求：

- 构建学生个人画像
- 图书资料收集
- 良好的历史交互行为留存机制
- 精准而个性化的图书推荐
- 良好的冷启动推荐机制





图书推荐系统：系统实现

数据采集与存取

- 用户信息数据
- 图书信息数据
- 历史行为数据
- 基于MySQL对采集到的数据进行存储与管理
- 后端使用SQL语言进行数据存取与管理

数据预处理与特征提取

- 缺失值处理
- 同义词/词组合并
- 类别特征编码
- 基于BERT模型提取文本特征
- 新老用户划分

图书推荐

- 使用MePIGen模型为新用户生成伪交互序列
- 使用MIGAT模型预估用户偏好概率
- 调整已浏览图书的概率
- 依概率排序并取前10作为推荐列表



图书推荐系统：系统展示

智慧教育平台 主页 我的课程 讨论区 图书浏览 查找感兴趣的内容 退出

用户276762

推荐图书

我的问答
我的赞同
我的关注
学习状态
奖励兑换
图书推荐

Rest in Pieces (Mrs. Murphy Mysteries (Paperback))
ISBN: 0553562398
作者: RITA MAE BROWN
出版年份: 1993
出版商: Bantam

Now Playing at Canterbury
ISBN: 0345258576
作者: Vance Bourjaily
出版年份: 1977
出版商: Ballantine Books

Harry Potter and the Chamber of Secrets (Book 2)
ISBN: 0439064864
作者: J. K. Rowling
出版年份: 1999
出版商: Scholastic

CLOUT
ISBN: 0380000059
作者: D. GIBBONS
出版年份: 2024
出版商: Avon

See Jane Run
ISBN: 0380711524
作者: Joy Fielding
出版年份: 1992

出版年份: 1992
出版商: Avon

The Dark Half
ISBN: 0451167317
作者: Stephen King
出版年份: 1994
出版商: Signet Book

House of the Sun (Shadowrun)
ISBN: 0451454952
作者: Fanpro
出版年份: 2003
出版商: Fanpro

God Game
ISBN: 0843920262
作者: Ralph Hayes
出版年份: 1983
出版商: Ingram Book Co

Vater Himmel, Mutter Erde.
ISBN: 3404122879
作者: Sue Harrison
出版年份: 1995
出版商: Lubbe

Besiegt vom Sturm der Leidenschaft.
ISBN: 3404182928
作者: Patricia Potter
出版年份: 2002
出版商: Lubbe

智慧教育平台 主页 我的课程 讨论区 图书浏览 查找感兴趣的内容 退出

用户278137

推荐图书

我的问答
我的赞同
我的关注
学习状态
奖励兑换
图书推荐

In Cold Blood (Vintage International)
ISBN: 0679745580
作者: TRUMAN CAPOTE
出版年份: 1994
出版商: Vintage

Daw Fantasy
ISBN: 0756401380
作者: Elizabeth R. Wolheim
出版年份: 2003
出版商: Daw Books

Camper's Guide to Outdoor Cooking: Tips, Techniques, and Delicious Eats
ISBN: 0872016269
作者: John Ragsdale
出版年份: 1989
出版商: Gulf Pub Co

Midnight in the Garden of Good and Evil
ISBN: 0679751521
作者: John Berendt
出版年份: 1999
出版商: Vintage Books USA

Girl in Hyacinth Blue
ISBN: 014029628X
作者: Susan Vreeland
出版年份: 2000

出版年份: 2000
出版商: Penguin Books

Amazonia
ISBN: 0060002492
作者: James Rollins
出版年份: 2003
出版商: Avon Books

Emily Post on weddings
ISBN: 0060808128
作者: Elizabeth L Post
出版年份: 1987
出版商: Perennial Library

Tears of the Moon
ISBN: 0061013145
作者: Di Morrissey
出版年份: 1998
出版商: HarperCollins Publishers

Acorna: The Unicorn Girl (Acorna (Paperback))
ISBN: 0061057894
作者: Anne McCaffrey
出版年份: 1998
出版商: Eos

The Thief of Always
ISBN: 0064409945
作者: Clive Barker
出版年份: 2002
出版商: HarperTrophy

新用户推荐效果

老用户推荐效果



相关成果

论文

- Yahui Liu, Furao Shen, Jian Zhao. "Pairwise Interactive Graph Attention Network for Context-Aware Recommendation." arXiv preprint arXiv:1911.07429 (2019).

专利

- 申富饶, 刘雅辉, 赵健, 于德。一种基于图神经网络和注意力机制的上下文推荐方法。专利申请号: 201911035702.2

竞赛

- ICME 2019 短视频理解与推荐竞赛第7名



第四部分

总结与展望

全文总结 | 未来工作展望



全文总结

基于历史交互信息的推荐排序模型

- 建模用户-物品交互图
- 提出推荐模型MIGAT
- 考虑交互发生时间设计交互置信度嵌入向量
- 综合多维度下的交互重要度生成特征表示

基于模拟交互序列生成的冷启动推荐模型

- 提出伪交互序列生成器模型MePIGen
- 设计元学习算法实现探索过程快速收敛
- 生成高质量的历史交互序列替代特征

图书推荐系统

- 基于智慧教育背景搭建图书推荐系统
- 将MePIGen和MIGAT应用其中
- 从冷启动阶段到常规阶段形成一个完整体系



未来工作展望

建模历史交互信息

- 基于多层图卷积网络结构设计模型

伪交互序列生成器

- 借鉴自然语言处理中的掩码机制
- 设计损失函数考虑生成序列与真实序列之间的相似度

引入更多特征

- 与知识图谱相关技术进行结合



南京大學
NANJING UNIVERSITY



谢谢大家!

