

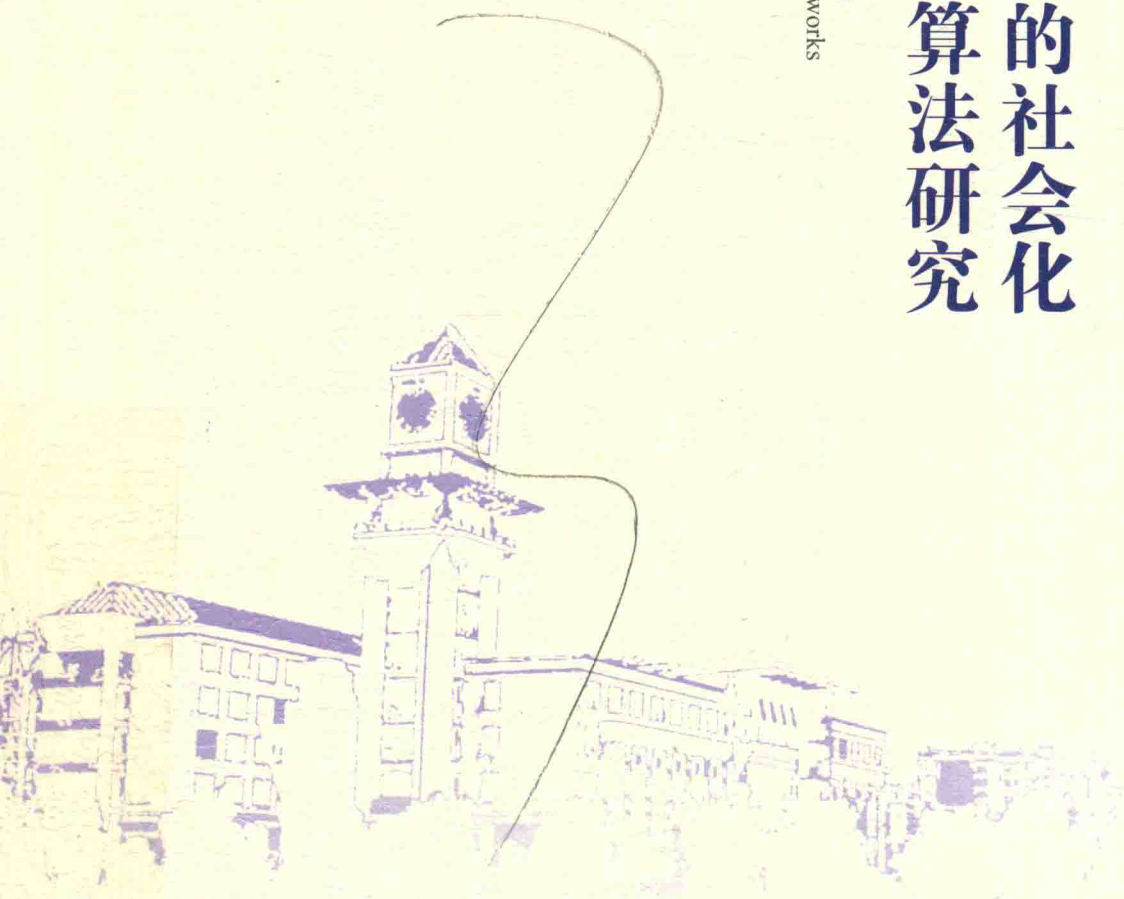


中南财经政法大学
青年学术文库

刘树栋 〇 著

Recommendation Algorithms
in Location-based Social Networks

基于位置的社会化 网络推荐算法研究



中国社会科学出版社



中南财经政法大学
青年学术文库

基于位置的社会化 网络推荐算法研究

Recommendation Algorithms
in Location-based Social Networks

刘树栋 ○ 著



中国社会科学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

基于位置的社会化网络推荐算法研究 / 刘树栋著. —北京:
中国社会科学出版社, 2018. 7

(中南财经政法大学青年学术文库)

ISBN 978 - 7 - 5203 - 2349 - 9

I. ①基… II. ①刘… III. ①聚类分析—分析方法—研究
IV. ①O212. 4 - 34

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 075715 号

出 版 人 赵剑英
责任编辑 徐沐熙
特约编辑 李淑珍
责任校对 汪 其
责任印制 戴 宽

出 版 中国社会科学出版社
社 址 北京鼓楼西大街甲 158 号
邮 编 100720
网 址 <http://www.csspw.cn>
发 行 部 010 - 84083685
门 市 部 010 - 84029450
经 销 新华书店及其他书店

印刷装订 北京君升印刷有限公司
版 次 2018 年 7 月第 1 版
印 次 2018 年 7 月第 1 次印刷

开 本 710 × 1000 1/16
印 张 12
插 页 2
字 数 152 千字
定 价 38.00 元

凡购买中国社会科学出版社图书,如有质量问题请与本社营销中心联系调换

电话:010 - 84083683

版权所有 侵权必究

作者简介

刘树栋（1984— ），山东省沂南县人，北京邮电大学计算机科学与技术专业毕业，获计算机科学与技术博士学位。现为中南财经政法大学信息与安全工程学院讲师，近年来，已在《计算机学报》《软件学报》《Future Generation Computer Systems》《Journal of Internet Technology》等国内外计算机相关领域期刊及会议上发表论文十余篇，主持并参与包括国家自然科学基金在内的各级科研项目5项。研究方向包括智能信息处理、数据挖掘及推荐系统。

本书受中南财经政法大学出版基金资助

《中南财经政法大学青年学术文库》

编辑委员会

主 任：杨灿明

副主任：吴汉东 姚 莉

委 员：（按姓氏笔画排序）

朱延福 朱新蓉 向书坚 刘可风 刘后振

张志宏 张新国 陈立华 陈景良 庞凤喜

姜 威 赵 曼 胡开忠 胡贤鑫 徐双敏

阎 伟 葛翔宇 董邦俊

主 编：姚 莉

前 言

近年来,随着全球定位系统、无线通信网络等基础设施的飞速发展及大量手持、车载无线通信定位设备的广泛应用,特别是众多移动社交网络的位置签到、位置共享及位置标识等功能的应用普及,位置服务(location based service, LBS)与社交网络逐渐融合,形成了基于位置的社会化网络(location-based social networks, LB-SNs)。它通过移动用户的位置签到功能,把线上虚拟社会与线下真实世界关联在一起,实现用户位置定位的同时,还实现了位置信息在虚拟网络世界的共享与传播,从而衍生出多种多样的位置服务,其中,推荐系统作为目前解决信息过滤和个性化服务的重要技术手段之一,在位置服务中发挥着越来越重要的作用。

最新皮尤网络(pew internet)调查报告和美国生活工程报告(American life project reports)显示,美国成年人智能手机拥有者的比例从2011年的35%上升到2012年的46%,其中大约74%的用户通过智能手机获取基于位置的实时信息(如位置导航及推荐等),同时有18%的用户使用过诸如Foursquare、 Gowalla、 Facebook Places、Twinkle等位置社会化网络,然而在2011年这一比例才12%,在2013年有超过820万用户使用基于位置的社会化网络服务,到2015年全球基于位置的社会化网络服务市场规模将达到10.8亿美元。在学术研究领域,ACM SIGSPATIAL GIS已连续几年

举办基于位置的社会化网络研讨会，并指出位置服务与移动社交网络的融合将逐渐成为网络服务发展的新方向之一，这也体现了移动互联网时代公众位置服务的社会化（social）、本地化（local）和移动性（mobile）的基本特征（“SoLoMo”）。

基于位置的移动社会化网络推荐系统不仅满足移动互联网位置服务的社会化、本地化和移动性等信息服务特征，而且能够根据不同用户的个性化需求进行信息过滤与主动推荐，在国内外逐渐赢得了广泛关注，许多大学和研究机构对此领域展开了深入研究，被 SCI 和 EI 收录的论文数目也逐年上升。国际重要学术会议（如人工智能领域的 IJCAI、AAAI，数据挖掘领域的 SIGKDD、ICDM、PAKDD，普适计算领域的 UrbComp，地理信息系统 GIS 和推荐系统 RecSys）及相关领域的国际期刊（如 *Artificial Intelligence*、*Information Sciences*、*IEEE Transaction on Multimedia*、*International Journal of Networking and Computing*）也出现了很多有关基于位置的移动社会化网络推荐系统研究成果的报道。

具备位置服务和社会化网络推荐系统特征的基于位置的移动社会化网络推荐系统，近年来成为推荐系统研究领域热点方向之一，逐渐引起人们的广泛关注。本书对基于位置的移动社会化网络推荐系统中一些基本方法和几个关键问题进行探索性研究，提出了一些新方法。本书共六章，大体上可以分为以下 3 部分：第一部分为第一、二章，介绍社会化推荐系统及基于位置的社会化网络推荐系统研究进展；第二部分分为第二至四章，专业介绍一些社会化网络推荐前沿算法；第三部分为第六章，从笔者的视角对社会化网络推荐算法研究进行简单总结和未来发展方向做出了评述与展望。

在此，向那些为本书出版工作提供帮助的人表达谢意。首先感谢北京邮电大学计算机学院孟祥武教授，在北京邮电大学读博士的 4 年里，孟老师在学术研究和生活方面都给了我巨大的帮助和支

持,使我能安心于自己的研究课题,本书大部分内容都是在这段时间内完成的。此外感谢中南财经政法大学信息与安全工程学院领导、信息系各位老师均在本书出版过程中给予了支持和帮助,在此一并感谢。

其次,感谢国家青年自然科学基金(No. 61602518)、智能地学信息处理湖北省重点实验室开放研究课题(No. KLIGIP2016A06)对本课题研究工作和本书出版工作提供的经费支持。

笔者深知自己才疏学浅,对社会化网络推荐算法研究远远不够,且鉴于时间和精力有限,成稿仓促,书中难免会有错误和疏漏之处,望读者不吝赐教,笔者将感激不尽。

刘树栋

于中南财经政法大学

2017年11月

内容简介

社会化网络推荐系统是推荐系统领域的重要分支之一，在社交网络和位置服务等领域均有重要意义和实际应用。本书首先系统地介绍社会化网络和推荐系统相关概念和方法（第一、二章），然后讨论了一些主流的基于位置的社会化网络推荐系统及相应推荐生成算法，具体包括基于位置的协同过滤移动网络服务推荐方法（第三章）、基于移动用户活动区域划分的图模型位置信息推荐方法（第四章）、基于移动用户签到位置轨迹相似的近邻好友推荐方法（第五章）和基于位置等多维上下文感知的移动前摄推荐方法（第六章）。最后，对该领域未来的发展方向及应用前景作出了简单评述和展望（第七章）。

目 录

第一章 社会化推荐系统	(1)
1.1 社会化推荐系统	(3)
1.1.1 社会化推荐系统的形式化定义	(4)
1.1.2 社会化推荐系统的基本框架模型	(6)
1.1.3 社会关系和网络模型的构建	(7)
1.2 社会化推荐生成技术	(10)
1.2.1 基于网络图模型的推荐方法	(11)
1.2.2 矩阵分解方法	(14)
1.2.3 因子分解机模型(factorization machine)	(19)
1.2.4 概率模型	(20)
1.3 社会化推荐系统研究的热点和难点	(25)
1.4 结语	(28)
本章参考文献	(29)
第二章 基于位置的移动社会化网络推荐系统	(40)
2.1 基于位置的社会化网络	(40)
2.1.1 基于位置的社会化网络的基本定义及 3 + 1 框架模型	(40)
2.1.2 基于位置的社会化网络的数据特征	(42)
2.2 基于位置的移动社会化网络推荐系统	(44)

2.2.1 基于位置的移动社会化网络推荐系统基本特征	(44)
2.2.2 基于位置的移动社会化网络推荐系统框架	(46)
2.3 基于位置的移动社会化网络推荐方法	(48)
2.3.1 融合社会关系的基于位置的协同过滤推荐	(48)
2.3.2 基于移动用户位置活动划分的图模型推荐	(50)
2.3.3 基于移动用户位置轨迹相似的好友推荐	(51)
2.3.4 多维上下文感知用户偏好学习及移动推荐	(52)
2.4 应用进展	(54)
2.5 结语	(55)
本章参考文献	(55)
第三章 基于位置的协同过滤移动网络服务推荐方法	(63)
3.1 引言	(63)
3.2 相关知识	(66)
3.2.1 协同过滤推荐算法	(66)
3.2.2 上下文信息与传统推荐算法的融合	(67)
3.3 基于位置的用户—网络服务特征模型	(68)
3.3.1 基本数据模型	(68)
3.3.2 基于位置的移动用户偏好特征	(70)
3.4 移动用户之间的信任关系	(72)
3.4.1 直接好友关系	(72)
3.4.2 间接好友关系	(73)
3.5 基于用户位置的网络服务推荐	(74)
3.5.1 基于移动用户位置的网络服务推荐基本框架	(74)
3.5.2 基于移动用户位置的网络服务推荐	(75)
3.6 性能分析	(79)
3.6.1 数据稀疏性及冷启动问题	(79)

3.6.2 复杂度分析	(80)
3.7 实验与分析	(80)
3.7.1 实验数据集	(80)
3.7.2 评价指标	(81)
3.7.3 实验结果及分析	(82)
3.8 结语	(95)
本章参考文献	(96)

第四章 基于移动用户活动区域划分的图模型位置信息

推荐方法	(99)
4.1 引言	(99)
4.2 相关工作	(101)
4.3 基于用户活动区域划分的图模型推荐方法	(103)
4.3.1 移动用户位置活动区域的确定与划分	(103)
4.3.2 基于用户位置活动区域的图模型构建	(105)
4.3.3 推荐结果的生成	(107)
4.4 实验与分析	(109)
4.4.1 实验数据集	(109)
4.4.2 评价指标及对比实验	(114)
4.4.3 实验结果与分析	(115)
4.5 结语	(116)
本章参考文献	(117)

第五章 基于移动用户签到位置轨迹相似的近邻好友

推荐方法	(121)
5.1 引言	(121)
5.2 相关工作	(123)
5.2.1 基于位置的社会化网络好友推荐方法	(123)

5.2.2 基于位置的社会化网络用户的位置移动性与 社会关系的关联性	(124)
5.3 问题描述	(125)
5.4 用户签到位置的时空特性	(126)
5.4.1 用户的签到频率	(126)
5.4.2 相邻两个签到位置点之间的移动速度	(127)
5.5 基于用户签到位置轨迹相似的近邻好友推荐	(129)
5.5.1 基于时间周期的用户签到位置轨迹构建	(129)
5.5.2 用户签到位置轨迹中重要区域的识别	(131)
5.5.3 轨迹模式类型	(134)
5.5.4 用户签到位置轨迹相似性	(136)
5.5.5 基于用户签到位置轨迹的近邻好友推荐	(137)
5.6 实验与分析	(138)
5.6.1 实验数据及推荐效果的评价指标	(138)
5.6.2 实验设计及结果分析	(139)
5.7 结语	(143)
本章参考文献	(143)

第六章 基于位置等多维上下文感知的移动前摄

推荐方法	(147)
6.1 引言	(147)
6.2 移动网络环境中的基本数据模型	(148)
6.3 多维上下文感知下用户适应性选择偏好学习方法 ...	(149)
6.3.1 上下文影响因素的确定	(149)
6.3.2 多维上下文感知下用户适应性选择层次分析 模型	(151)
6.3.3 算法描述及复杂性分析	(156)
6.4 移动用户多维上下文环境下动态转移	(160)

6.5 移动前摄推荐策略	(162)
6.6 实验与分析	(163)
6.6.1 实验数据集	(163)
6.6.2 对用户行为选择有影响的上下文类型的确定 ...	(163)
6.6.3 优化选择参数及 μ 训练数据集对学习准确率 的影响	(164)
6.6.4 推荐结果分析	(167)
6.7 结语	(169)
本章参考文献	(170)
 第七章 总结与展望	(173)
7.1 总结	(173)
7.2 展望	(176)

第一章

社会化推荐系统

推荐系统作为一种有效的信息过滤手段，是当前解决信息过载问题及实现个性化信息服务的有效方法之一。目前主流推荐系统可以分为四类^[1]：基于内容的推荐、协同过滤推荐、基于知识的推荐和组合推荐。基于内容的推荐源于信息检索技术，不依赖于用户对项目的评价信息，侧重考察候选推荐项目与用户特征的匹配程度。协同过滤推荐主要包括两类：一类是基于模型的方法。此方法利用概率统计模型或者机器学习方法，在训练集上构建用户特征模型（比如线性规划模型、统计模型、贝叶斯模型、概率相关模型、决策树模型、图模型、最大熵模型等），依此进行推荐。它的优点在于稳定性好，缺点在于训练时间长、计算复杂性高。另一类是启发式方法，也是目前应用比较普遍的一种协同过滤推荐方法，该方法需要建立用户—项目评分矩阵，根据相似用户具有相似偏好的假设进行推荐。在用户评分信息充分的情况下，通过相似度的计算，可以快速为用户找到偏好相似的其他用户，从而实现协同推荐。但是在冷启动情况下，即用户评分信息很少，或者没有评分信息时，此方法就显得无能为力了。因为在这种情况下，此方法找不到与该用户有相似评分模型的其他用户，也就不能基于相似用户的偏好也相似的假设进行推荐。基于知识的推荐是一种基于特定领域规则或实例的推理方法，其优点在于不需要建立用户需求偏好模型，缺点是

难以制定合理的推理规则。组合推荐是为了克服上述各种推荐技术的弱点,对3种推荐方法的组合应用,其中基于内容的推荐与协同过滤推荐组合是目前应用比较广泛的一种。

为了解决冷启动问题,学者们提出了社会化(social recommendation)推荐方法^[2,3]。这种方法主要根据用户之间的社会关系信息,构建用户之间的社会化关系网络,对于一个新用户,只要网络中存在一个用户与此用户有直接或者间接的社会关系,就可以根据这种社会关系和已知用户的兴趣模型,对新用户产生适宜推荐。这种推荐策略是合理的、科学的,一方面源于社会网络分析(social network analysis, SNA)的重要研究成果^[4]:网络社区中,相互联系的群体,受社会因素的相互影响,往往表现出相似的兴趣爱好及行为规范;另一方面,伴随着具有Web 2.0特征的社会化网络的广泛应用,特别是在线社交网络的盛行,网络用户之间的活动行为表现得越来越社区化和网络化。此外,在线社会化网络的数据分析结果也证明了社会化网络推荐模型的正确性,而且用户的社会属性信息确实能够提高推荐系统的性能。这使社会化推荐系统逐渐发展成为一个独立的研究方向,并引起国内外学者的研究热情。

目前,社会化推荐系统逐渐成为推荐系统领域的重要研究热点方向之一。有许多大学和研究机构对社会化推荐系统的理论、方法及应用展开了深入的研究^[5-14]。同时ACM推荐系统年会(ACM Conference on Recommender Systems, RecSys)自2009年开始涉及社会化推荐系统的专题讨论会(Workshop on Recommender Systems & the Social Web^[15]),在2011年的专题研讨会上指出了社会化推荐系统领域的几个发展和研究主题^[16],讨论了该领域的研究热点和难点:①案例研究及新的社会化推荐应用;②以社区为基础的系统体制(economy of community-based systems):利用推荐系统鼓励