

学校编码: 10384  
学号: 23220131153334

分类号\_\_密级\_\_  
UDC \_\_\_\_\_

廈門大學

碩 士 學 位 論 文

双向推荐及其在在线求职招聘系统的应用

Reciprocal Recommender and its Application in Online

Recruiting System

陈毅伟

指导教师姓名: 洪文兴 副教授

专 业 名 称: 模式识别与智能系统

论文提交日期:

论文答辩时间:

学位授予日期:

答辩委员会主席: \_\_\_\_\_

评阅人: \_\_\_\_\_

年 月

---

厦门大学博硕士学位论文摘要库

## 厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下，独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果，均在文中以适当方式明确标明，并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范（试行）》。

另外，该学位论文为（ ）课题（组）的研究成果，获得（ ）课题（组）经费或实验室的资助，在（ ）实验室完成。（请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称，未有此项声明内容的，可以不作特别声明。）

声明人（签名）：

年 月 日

---

厦门大学博硕士学位论文摘要库

## 厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，  
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

---

厦门大学博硕士学位论文摘要库

## 摘要

推荐系统作为信息过载的有效解决方案,正在越来越多的领域得到了应用,其在电子商务领域取得的巨大成功引起了产业界和学术界的关注。传统的推荐系统仅考虑单方面的意向偏好,其用户建模方法和推荐算法无法适用于目前应用越来越广泛的基于双向意向偏好的推荐系统中。求职招聘推荐是双向推荐的典型应用场景,求职者和企业人力资源经理双方都是具有主观意向偏好的主体,单方面地考虑一方面的意向偏好将导致推荐的失败。

本文以双向推荐系统和面向求职招聘领域的双向推荐系统应用为研究对象,主要工作包括以下几个方面:

(1) 双向推荐系统的定义与特性分析。定义双向推荐系统,从用户场景、算法适用性两个方面对比分析传统推荐系统和双向推荐系统,在此基础上提出双向推荐系统的问题定义以及通用的用户建模方法。

(2) 双向推荐的通用算法设计。将双向推荐视为左推荐和右推荐两个子推荐系统,借鉴混合推荐系统中的混合方法融合左推荐和右推荐。本文介绍了三种不同的混合方法:并行式、流水线、整体式,并逐一讨论其对双向推荐的适用性,从而得到双向推荐系统的通用推荐策略。

(3) 面向求职招聘领域的双向推荐算法设计。从用户建模方法的角度出发,对求职招聘推荐系统的多维特征空间进行分析,特别地,本文提出了一种基于用户行为统计的动态偏好模型。在用户模型的基础上,分别对左推荐和右推荐采用协同过滤算法和基于内容的推荐算法,结合上述基于混合方法的双向推荐算法产生推荐结果,并进行线下实验与评测。

(4) 求职招聘双向推荐系统的设计与实现。设计并实现了一个实际的求职招聘双向推荐系统,上线运行,并进行线上评测,获取反馈以改进模型与算法。

关键词: 推荐系统; 双向推荐; 在线求职招聘系统; 混合推荐

厦门大学博硕士论文摘要库



## Abstract

Recommender system has been seen as one of the most effective solutions to the problem of information overload, and it has been applied to more and more area. The great success of recommender system in the area of E-commerce has attracted a lot attention from people from both the industry and academia. Most traditional recommender systems try to recommend items only considering the preference of one party. People-to-people recommenders differ from the traditional recommenders as they have to satisfy both parties to achieve a win-win situation; and we call this type of recommender as reciprocal recommender. As a result, the method of user modeling and recommender algorithms employing in the traditional recommenders are no more suitable for reciprocal recommenders. Online recruiting systems are the typical application scenario of reciprocal recommenders as the job seeker and recruiter both have their subjective wills and ignoring either of their preference will lead to a failing recommendation.

This paper studies on the reciprocal recommender and its application in online recruiting system. The main contribution of this paper appears as follow:

- (1) The definition of reciprocal recommender and feature analysis about it. We defined the specific type of recommender, reciprocal recommender, from user scenarios' point of view. And we distinguished the reciprocal recommenders from the traditional recommenders in two aspects: user modeling method, the suitability of recommender algorithms. Base on the observations, we also presented a general problem domain of reciprocal recommenders and discussed some methods of user modeling in reciprocal recommender systems.
- (2) The design of reciprocal recommender algorithms. Reciprocal recommenders can be seen as two independent parts: the left one and the right one. And we drew lessons from combination methods in hybrid recommender systems to achieve a fusion of the left recommender and the right recommender. We

introduced three classes of hybridization methods ,and discussed their use in the design of reciprocal algorithms.

- (3) The design of reciprocal recommender in online recruiting systems. This paper analyzed the multi-dimensional feature space of both job seekers and recruiters which is derived from different information channels, and we proposed a method to model the dynamic preference of users by tracking the historical statistics of interaction between users. Based on the personalized user profile constructed for every job seeker and recruiter, we designed a collaborative filtering recommender algorithm for the left recommender in which we recommender jobs to job seekers and a content-based recommender algorithm for the right recommender in which we recommender candidate job seekers to recruiters. Then a weighted hybridization method was used to get a synthetic sum, and a top-N recommender list could be get by sorting all the candidates by the synthetic sum. Additionally, an offline experiment and evaluation was conducted.
- (4) The design and implementation of the online recruiting recommender system. This paper designed, implemented and deployed a real online recruiting recommender system, in which some online evaluations were conducted to improve the algorithms.

Keywords: recommender system, reciprocal recommender, online recruiting system, hybridization recomender

## 目录

第一章 绪论	1
1.1 研究的背景和意义	1
1.1.1 研究的背景	1
1.1.2 研究的意义	3
1.2 国内外研究现状	3
1.3 论文的结构安排	8
第二章 双向推荐系统的定义与特性分析	9
2.1 定义与用户场景分析	9
2.2 与传统单向推荐系统的对比	10
2.2.1 用户场景对比	10
2.2.2 算法适用性对比	12
2.3 问题定义	13
2.4 用户建模方法	14
2.4.1 用户的显式资料	14
2.4.2 用户的显式偏好	15
2.4.3 用户的隐式偏好	17
2.5 本章小结	18
第三章 基于混合方法的双向推荐算法设计	19
3.1 混合推荐算法与混合方法简介	19
3.1.1 各类推荐算法对比与分析	19
3.1.2 效用函数	20
3.1.3 混合方法的基本思路	21
3.2 基于混合方法的双向推荐算法讨论	22
3.2.1 并行式混合方法	22
3.2.2 流水线混合方法	23
3.2.3 整体式混合方法	24
3.3 本章小结	24
第四章 双向推荐在求职招聘领域的应用	25
4.1 求职招聘推荐系统的用户建模	25
4.1.1 多维度特征空间	25
4.1.2 基于行为统计的动态用户偏好模型	28
4.2 面向求职招聘领域的双向推荐算法	29
4.2.1 协同过滤的左推荐算法	29
4.2.2 基于内容的右推荐算法	31
4.2.3 基于加权式混合方法的双向推荐	33
4.3 线下实验与评测	34
4.3.1 数据说明与实验设计	34
4.3.2 评价指标	38
4.3.3 结果分析	39
4.4 本章小结	44
第五章 系统实现	45
5.1 软硬件环境配置	45

5.2 需求设计 .....	46
5.3 系统设计 .....	47
5.5 系统模块划分与部分界面展示 .....	50
第六章 总结与展望 .....	53
6.1 本文工作总结 .....	53
6.2 未来工作展望 .....	54
参考文献 .....	57

厦门大学博硕士论文摘要库

## Contents

Chapter 1 Introduction .....	1
1.1 Background and Motivation.....	1
1.1.1 Research Background .....	1
1.1.2 Motivation.....	3
1.2 Related Work.....	3
1.3 Main Contributions .....	7
Chapter 2 The Definition and the Characteristic Analysis of Reciprocal Recommender .....	9
2.1 The Definition of Reciprocal Recommender and Its Application Scenarios .....	9
2.2 The Comparison between Traditional Recommender and Reciprocal Recommender .....	10
2.2.1 The Comparison on User Scenario .....	10
2.2.2 The Comparison on Recommender Algorithms.....	12
2.3 The Problem Statement of the Area of Reciprocal Recommender .....	13
2.4 The User Modeling in Reciprocal Recommender.....	14
2.4.1 Modeling on User Explicit Information.....	14
2.4.2 Modeling on User Explicit Preference.....	16
2.4.3 Modeling on User Implicit Preference.....	18
2.5 Summary .....	19
Chapter 3 Reciprocal Recommender Algorithm Based on Hybridization Methods .....	21
3.1 Introduction to Hybrid Recommender Algorithms and Hybridization Methods.....	21
3.1.1 The Comparison between Recommender Algorithms .....	21
3.1.2 The Utility Function.....	23
3.1.3 Introduction to Hybridization Methods.....	23
3.2 Reciprocal Recommender Algorithms Based on Hybridization Methods .....	24
3.2.1 Discussion on Parallel Hybridization Methods.....	24
3.2.2 Discussion on Pipelined Hybridization Methods .....	25
3.2.3 Discussion on Integrated Hybridization Methods .....	26
3.3 Summary .....	26
Chapter 4 The Application of Reciprocal Recommender to the Area of Online Recruiting .....	27
4.1 The User Modeling in Online Recruiting Recommender System.....	27
4.1.1 The Multi-Dimensional Feature Space .....	27
4.1.2 A Dynamic User Preference Modeling Method Based on Statistics of User Behavior.....	30
4.2 Reciprocal Recommender in Online Recruiting System .....	31
4.2.1 Left-Recommender Based on Collaborative Filtering .....	31
4.2.2 Right-Recommender Based on Content-Based Algorithm .....	33
4.2.3 A Reciprocal Recommender Based on Weighted Hybridization Method .....	36
4.3 Offline Experiment and Evaluation .....	36
4.3.1 Data Description and The Design of Offline Experiment.....	36
4.3.2 Discuss on Evaluation Metrics .....	40
4.3.3 The Analysis of Experiment Result .....	42
4.4 Summary .....	46
Chapter 5 The Implement of System .....	47

5.1 The Software and Hardware Configuration .....	47
5.2 The Analysis of System Requirement .....	48
5.3 The Design of System Architecture .....	49
5.4 The Introduction to System Modules and Some Screen Views .....	52
Chapter 6 Conclusion and Future Work .....	55
6.1 Conclusion .....	55
6.2 Future Work .....	56
References .....	59

厦门大学博硕士论文摘要库

## 第一章 绪论

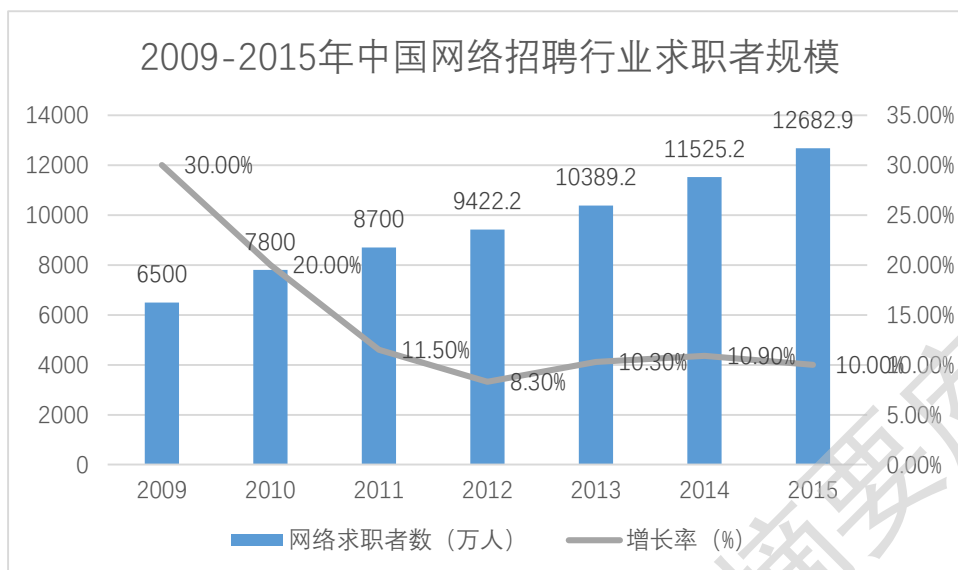
双向推荐作为推荐系统中重要的一类，具有广泛的应用场景，但一直以来都没有得到学术界足够的关注度和研究投入。本文将研究范围限定在双向推荐系统以及其在求职推荐领域的应用。本章主要阐述研究的背景及意义，并对双向推荐以及求职招聘领域的推荐系统应用的国内外研究状况进行对比分析，最后说明了本文的写作结构。

### 1.1 研究的背景和意义

#### 1.1.1 研究的背景

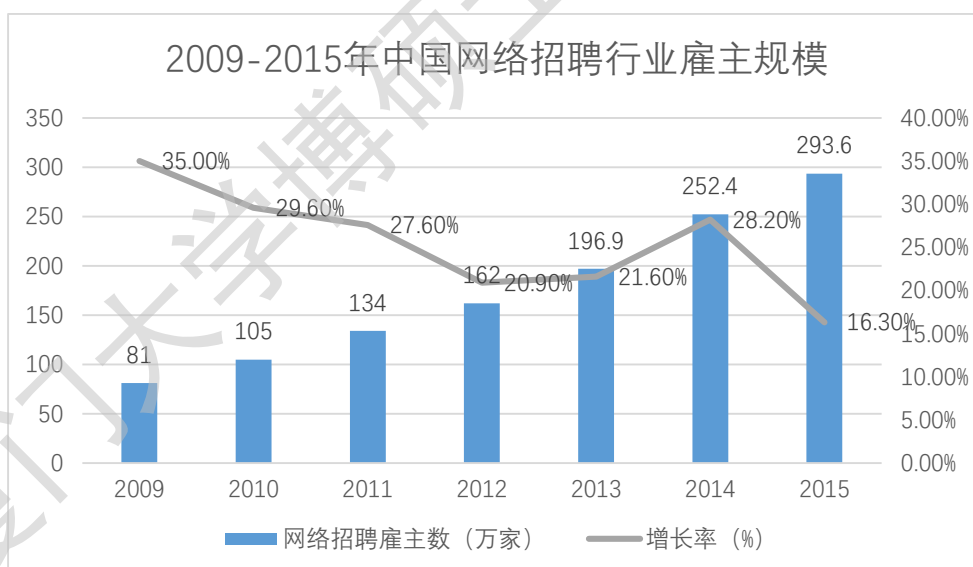
Web 信息的迅猛增长在丰富人们可获取信息来源的同时，也使信息过滤成为一个重要课题。搜索引擎作为一种通用的信息检索工具，在一定程度上满足了人们的需求，但由于其需要用户掌握一定的搜索技巧，已经无法满足当今互联网用户对精准化、智能化的需求。个性化服务通过收集和分析用户资料来跟踪学习用户的行为和兴趣，从而实现主动推荐的目的。推荐系统作为解决信息过载的有效手段，已经成为现代互联网个性化服务的重要组成部分。

互联网自从诞生以来，极大地改变了人们工作、生活的方式。如今，互联网已经成为越来越多的求职者找工作、企业招聘人才的首选途径。图 1 和图 2 分别是艾瑞网对 2009 年至 2015 年间中国网络招聘行业求职者规模以及雇主规模的统计图。如此庞大的用户基数和迅猛的增长速度，使得求职招聘网站充斥着大量的招聘职位信息和简历信息。此外，大量的用户操作和评论等产生的数据更加繁多而复杂。因此，求职招聘领域中也存在信息过载问题。在大数据时代的背景下，将个性化推荐技术应用于网络招聘领域，可以有效地解决求职者找工作难、企业招聘难的“两头难”问题。



数据来源：艾瑞网（www.iresearch.com.cn），综合上市公司财报、企业及专家访谈，根据艾瑞统计模型核算及预估数据

图 1 2009-2015 年中国网络招聘行业求职者规模



数据来源：艾瑞网（www.iresearch.com.cn），综合上市公司财报、企业及专家访谈，根据艾瑞统计模型核算及预估数据

图 2 2009-2015 年中国网络招聘行业雇主规模

求职招聘领域的推荐应用是基于人与人之间匹配的推荐的典型场景。基于人与人之间匹配的推荐是一类特殊并且重要的推荐系统。与传统基于物与人之间匹



Degree papers are in the “[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)”.

Fulltexts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to [etd@xmu.edu.cn](mailto:etd@xmu.edu.cn) for delivery details.