



单位代码 10006

学 号 12211129

分 类 号 TP391

# 北京航空航天大学

B E I H A N G U N I V E R S I T Y

## 毕业设计 (论文)

### 基于移动社交网络中的关系识别的研究 与实现

学 院 名 称 软件学院

专 业 名 称 软件工程专业

学 生 姓 名 冯溢濠

指 导 教 师 吕云翔教授

2016 年 06 月

北京航空航天大学

本科生毕业设计（论文）任务书

I、毕业设计（论文）题目：

基于移动社交网络中的关系识别的研究与实现

II、毕业设计（论文）使用的原始资料（数据）及设计技术要求：

原始资料及设计要求第一行

原始资料及设计要求第二行

原始资料及设计要求第三行

原始资料及设计要求第四行

原始资料及设计要求第五行

III、毕业设计（论文）工作内容：

工作内容第一行

工作内容第二行

工作内容第三行

工作内容第四行

工作内容第五行

工作内容第六行

#### IV、主要参考资料：

参考文献第一行

---

参考文献第二行

---

参考文献第三行

---

参考文献第四行

---

参考文献第五行

---

参考文献第六行

---

参考文献第七行

---

参考文献第八行

---

\_\_\_\_\_ 软件 \_\_\_\_\_ 学院 \_\_\_\_\_ 软件工程 \_\_\_\_\_ 专业类 \_\_\_\_\_ 122115 \_\_\_\_\_ 班

学生 \_\_\_\_\_ 冯溢濠 \_\_\_\_\_

毕业设计(论文)时间： \_\_\_\_\_ 2015 \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 11 \_\_\_\_\_ 月 \_\_\_\_\_ 15 \_\_\_\_\_ 日至 \_\_\_\_\_ 2016 \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 05 \_\_\_\_\_ 月 \_\_\_\_\_ 15 \_\_\_\_\_ 日

答辩时间： \_\_\_\_\_ 2016 \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 06 \_\_\_\_\_ 月 \_\_\_\_\_ 01 \_\_\_\_\_ 日

成 绩： \_\_\_\_\_

指导教师： \_\_\_\_\_

兼职教师或答疑教师（并指出所负责部分）：

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ 系（教研室）主任（签字）： \_\_\_\_\_

注：任务书应该附在已完成的毕业设计（论文）的首页。



## 本人声明

我声明，本论文及其研究工作是由本人在导师指导下独立完成的，在完成论文时所利用的一切资料均已在参考文献中列出。

作者：冯溢濠

签字：

时间：2016 年 06 月



## 基于移动社交网络中的关系识别的研究与实现

学 生： 冯溢濠

指导教师： 吕云翔教授

### 摘 要

这部分当然是待写啦，等着所有的内容写完了再写摘要。

**关键词：**关系识别，社交网络，概率图模型



## Inferring social ties in Mobile Social Networks

Author: Yihao Feng

Tutor: Prof. Yunxiang Lu

### Abstract

Here is the Abstract in English. And this is a test sentence, You maybe enjoy the process of writting a thesis You can just ignore this.

This is another pargraph.

**Key words:** Social Ties, Social Networks, Probabilistic Graphical Models



## 目 录

1 绪论 .....	1
1.1 研究背景 .....	1
1.2 国内外研究现状 .....	4
1.3 本文主要内容 .....	4
1.4 本文组织安排 .....	5
2 相关理论与技术 .....	6
2.1 社交网络的数据及研究特点 .....	6
2.2 概率图模型 .....	7
3 移动社交网络中的关系识别分析 .....	8
3.1 关系识别问题定义 .....	9
3.2 数据介绍 .....	9
3.3 社交关系识别中的特征分析 .....	10
3.3.1 基本社交通话特征行为分析 .....	10
4 L <sup>A</sup> T <sub>E</sub> X 基础知识 .....	13
4.1 L <sup>A</sup> T <sub>E</sub> X 的优势 .....	13
4.1.1 样式格式 .....	13
4.1.2 版本管理 .....	13
4.2 字体 .....	13
4.3 特殊符号 .....	14
4.4 长度单位和命令 .....	14
4.5 空格、换行与分段 .....	14
4.6 标签和引用 .....	14
4.7 章、节、条、款、项 .....	15
4.7.1 章、节、条 .....	15
4.7.2 款、项 .....	15



4.8 图形 .....	15
4.9 表格 .....	16
4.9.1 浮动环境 .....	16
4.9.2 列合并和行合并 .....	16
4.10 数学公式 .....	17
4.11 使用 listings 显示代码 .....	17
4.12 更复杂的操作 .....	18
4.12.1 多图排列 .....	18
4.12.2 图形表格等混排 .....	18
4.12.3 长表格 .....	18
4.12.4 定理定义环境 .....	20
5 使用说明 .....	23
5.1 基本范例 .....	23
5.2 模板选项 .....	24
5.2.1 学位选项 .....	24
5.2.2 其他选项 .....	25
5.3 封面及正文前的一些设置 .....	25
5.3.1 封面 .....	25
5.3.2 中英文摘要 .....	25
5.3.3 目录 .....	25
5.4 正文 .....	26
5.4.1 章节 .....	26
5.4.2 参考文献 .....	26
5.5 正文之后的内容 .....	26
5.5.1 附录 .....	26
5.5.2 攻读硕士/博士期间所取得的研究/学术成果(研究生) .....	26
5.5.3 致谢 .....	26
5.5.4 作者简介(博士研究生) .....	26





---

6 模板代码实现 .....	27
总结 .....	28
致谢 .....	29
参考文献 .....	30
附录 A 常见问题 .....	33
附录 B 联系我们 .....	34



## 1 绪论

### 1.1 研究背景

截至 2016 年 3 月,全球最大社交网络平台 Facebook 活跃用户量已经突破 15.9 亿。中国最大的社交媒体微博用户也早在 2013 年突破了 6 亿用户,国际知名社交平台 Twitter 也在 2016 年突破了 13 亿的注册用户量。随着这些在线社交网络的迅猛发展以及移动智能电话的大规模普及,社交网络分析引起了越来越多的来自计算机、社会学、数学等领域的学者广泛关注。社交网络的原始定义<sup>[1,2]</sup>来自于社会学,表示社会角色以及其交互关系的集合。而社会角色可以定义为独立的个人,也可以定义为家庭、学校或者国家等社会群体。而社会角色之间的联系,则可以是任何无形(如两个人之间的朋友关系)或者有形(如国与国之间的合作)的交互关系,这些关系完全都可以由研究问题的学者自己定义。因此,由多个点(即社会角色)以及表示各个点之间关系(即为交互关系)的边所构成的网络,即为社交网络。在我们所生活的世界中,社交网络无处不在,如 Email 网络、学术网络或手机电话联系网络。虽然互联网的发展,出现了许多的在线社交网络,如 Facebook、Twitter、Weibo 等等。这一系列的社交网络的兴起促进了海内外各个领域的学者对其的研究,而其研究结果又被用到广告营销、社会服务、公共安全等各种不同的领域。如图 1.1 即为一个来自 Friendster 网站的一个社交网络实例。图中可以看到,每个人都是一个点,而每条边表示两个人之间为朋友关系,将它们整体结合起来就构成了一个社交网络。

在以前的研究中,研究人员主要以在线社交网络为主要研究对象。但在移动互联网出现以前,用户只能通过 Web 页面登录到相应的社交网站。因此,以前的大多数研究都将重点放在了社交层次的用户交互上,而脱离于现实世界,从而限制了研究人员的研究思路与研究方法。但这几年,随着移动互联网的迅猛发展,越来越多的用户开始在移动终端使用相应的服务。同时,移动开发者也开发了很多基于地理位置服务(LBS, Location Based Service)的移动应用。这一切使得研究社会网络有了新的方向与思路。移动社交网络(Mobile Social Network)是一种以移动终端为媒介、基于地理位置的社会网络。该网络相对于传统的社交网络更偏重于虚拟社会网络与现实世界之间的交互与联系,从而更加接近现实生活中的网络,从而研究者能研究的内容更加广泛、更加贴切现实生活中的实际情况。图 1.2 则展示了一个典型的移动社交网络。对于该网络中的用户来说,用

图 1.1 来自 Friendster 网站的社交网络实例<sup>[3]</sup>

户之间的虚拟联系 (如两人是否为朋友关系) 以及他们之间的联系属性构成了社交拓扑图。而对于现实生活中的用户来说, 他们在现实世界中具有一定的时间、空间特征, 而他们的位 置轨迹以及关联等则构成了一幅位置移动图。在传统的社交网络研究中, 研究者要么将重点放在社交拓扑图上, 要么则主要研究用户之间的位置移动, 很少有考虑两者之间的内在联系与共性。而移动社交网络研究中, 研究者会同时研究用户的社交与位置轨迹等信息, 将虚拟的社会网络与现实的物理世界有机地结合起来, 从而能有效的研究用户虚拟世界与现实世界之间的内在共同特征与联系, 更加真实的反映用户在现实世界 中的行为与特征, 为广告投放、社会服务等领域提供了更精准的信息与数据支撑。

当前, 因为智能手机的大规模普及, 和社交媒体 (如 Facebook、微博等) 的飞速发展, 很多用户选择在移动端发状态或者消息。许多类似的应用在发状态消息的时, 提供了是否要共享地理位置信息的选项。但很多用户基于隐私安全等考虑, 并不愿意共享他们的地理位置, 因此该数据的位置信息等大多处于缺失状态, 很难构建用户的整个地理位置轨迹分布等信息。另外一点, 虽然有用户在发状态时选择了共享他们的地理位置信息, 但该模式很少和其他用户进行交流、通讯, 因此实际上该交互模式中虚拟社交层次与地理交互层次是隔开的, 研究者很少能够使用该数据来挖掘两者之间的内在联系, 更不能挖掘他们之间的交互特征。因此, 本文研究所采用的是移动手机通话数据。在移动社交

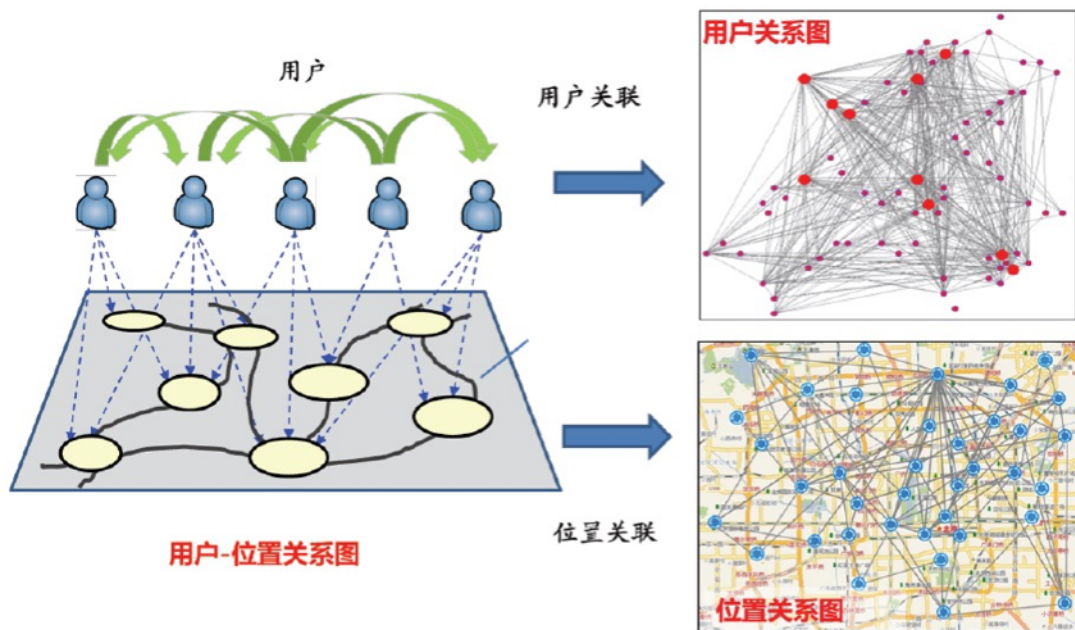


图 1.2 移动社交网络

网络中，移动通话数据具有其它数据不具备的优势，它记录丰富，时空信息完整，采样规律并且频繁，覆盖的人群阶层广泛，能有效的将用户的社交关系与地理轨迹交互联系起来。根据工信部 2014 年通讯运营统计公报，我国截至 2014 年年底移动手机通话用户数量已经达到 12.86 亿户，普及率达到 94.5 部 / 百人<sup>[4]</sup>，并且增长十分迅速。如图 1.3，可以看出这些年来我国居民拥有的移动终端的数目增加迅速，覆盖面越来越广。平均情况下已经接近人手一部的水平。因此使用移动通话数据网络具有非常高的普适性和广泛性(而其它较大线上社交网络，如微博、Facebook、Twitter 等并不具有这些特点)。随着移动通话数据的进一步爆发式增长，基于移动通话数据的移动社交网络研究分析必将更加流行，当然也会带来了更大的机遇和挑战。

目前，移动社交网络的研究主要包括对社交网络中人群的画像识别、行为识别、关系预测以探讨社交网络与真实时空之间的关系。这些相关的研究在个性化推荐、用户轨迹预测、可疑用户监测等领域有着广泛的应用。例如在广告营销方面，确定了用户画像，就可以针对特定的用户人群投放更加精准的广告。另外，在追踪和调查犯罪嫌疑人的时候，我们确定了犯罪嫌疑人以及周围的社交关系，就能进一步的帮助相关执法机构缩小侦查范围，帮助公安机关迅速确定犯罪嫌疑人。

随着手机实名制的普及，越来越多的用户在运营商等急了个人的身份信息。当前很多家庭或者公司办理了家庭套餐、工作套餐等业务。这一套餐为我们精准把握用户之间的关系提供了数据支撑。尽管我国在大力推广手机实名制，但是全国仍然有将近 3 亿的

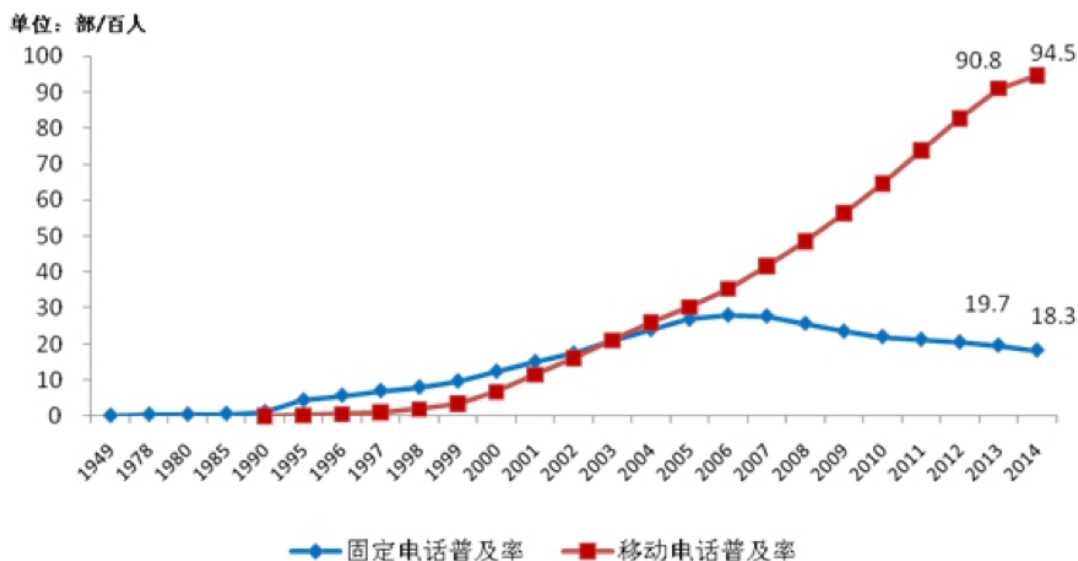


图 1.3 1949-2014 年固定电话、移动电话用户发展情况

用户的信息处于缺失状态。因此, 如何利用这些信息来推断人与人之间的关系, 即是当前社会的迫切需求, 也是本文的挑战之一。

## 1.2 国内外研究现状

社交关系识别可以归结于关系预测等社交网络领域的经典研究问题。

## 1.3 本文主要内容

本文主要利用移动通话数据构建了一个移动社交网络, 并对该网络中用户与用户之间的社交关系进行了探讨。其主要内容如下:

### 1) 问题定义及介绍

本文从当前研究移动社交网络的热点出发, 定义了我们所要研究的问题, 即关系识别在移动社交网络中的研究。除此之外, 详细介绍了我们的移动社交网络的数据以及该网络的特点。

### 2) 移动社交网络特征

本文针对我们所研究的移动社交网络的特点, 结合社会学、空间学等理论, 提出了一系列具有时间、空间、网络结构和用户交互的特征, 并对这些特征在真实数据集上进行验证了其有效性。

### 3) 关系识别模型

本文针对我们所研究的问题, 在基于概率图等模型的基础上, 提出了我们用于关



系识别的模型，并在真实数据集上测试了我们的算法，具有较高的识别准确率。

#### 4) 结果分析及改进

本文针对模型的结果，详细的分析了各类因素对结果的影响，并针对这些结果分析了背后所存在的原因，并给出了一个高效并行的算法实现。

### 1.4 本文组织安排

本文共六章，总体的组织安排如下：

第一章为绪论，阐述了本文的研究背景以及研究意义，并介绍了当前国内外关系识别的研究现状。最后简单介绍了一下本文研究的主要内容。

第二章为基于社交网络的的研究与挑战，介绍了当前常用于该领域的几种模型。

第三章为针对移动社交网络所提出有特色的特征，介绍完了我们综合时间、空间、网络结构等方面所提出的特征。

第四章为我们针对所提出特征而建立的模型，该模型是基于概率图模型并针对我们的特征而构建的。

第五章为结果分析，针对我们模型的结果进行详细分析与并分析了对比实验。

第六章为总结与展望，主要总结了本文的研究工作与创新点，同时也指出了当前研究工作的不足，并提出了未来的研究方向。





## 2 相关理论与技术

移动互联网的迅速发展、社交网络的不断扩大、可研究数据的日益丰富以及机器学习、统计数学、数据挖掘等技术的引入,给社交网络这个领域带来了广泛广泛丰富的研究课题,如信息传播、动态网络演化,网络可视化、Top-K 节点挖掘、社群发现等等。而近些年来关于移动社交网络的研究主要集中在网络的空间性质,物理空间与社交网络的交互以及链接预测。关系识别是对现有网络或者某一个特定时期网络拓扑图中用户之间的关系判别,或者预测等等。从机器学习的角度来看,该问题可以看做是一个分类问题,判断网络中每条边的类型。而分类问题作为机器学习、社交网络中的一个基本问题,一直是该领域研究的热门之一。本文主要介绍移动社交网络的主要特点,并对当前用于该领域的模型及方法进行简要介绍。

### 2.1 社交网络的数据及研究特点

由于当前研究者掌握研究社交网络的数据各种各样,因此他们的研究也全然不同。有些小组里面的数据多对网络中用户属性的描述,如用户的年龄,性别等,则他们的研究主要在于对用户画像的识别等;另外一些小组的数据如有社交网络整体的变化等数据,则这些小组的研究重点主要在网络的演化等研究领域等。而为了充分利用我们所获取的数据,即社交网络中用户与用户之间的关系类别(如家庭、朋友、同事等),我们的研究重点放在了社交网络中的关系识别上。

从数据分析以及机器学习的角度来看,我们的研究可以转换为一个传统的分类问题(分类出网络中不同的关系类别),许多研究者也的确将这个问题看作分类问题<sup>[5,6]</sup>,并且将研究重点放在对移动社交网络的内在特征与特点进行研究上,所以采用的方法大多是基于统计、时间序列的方法,或者传统的机器学习方法,如支持向量机 (Support Vector Machine)、决策树 (Decision Tree)、逻辑回归 (Logistic Regression) 等。这些分类方法大多假设数据分布之间是独立同分布的,即每个样本之间并不存在关系(处理时间序列等方法可能会假设服从马尔科夫分布等等),而对于类别的判断主要基于研究者对每个独立样本所提出的特征。而在实际世界中,特别是在移动社交网络拓扑图中,样本之间往往是具有一定的联系的,如 Web 网页数据、通话数据以及引用数据等等。在通话数据中,每个用户除了拥有自身独特的属性之外,其标签属性还与周围的通话对象有很大的联系。例如,某个用户的联系对象大多为二十岁左右的年轻人,从我们的经验可以基本



判断这个人的年龄也大致在二十岁左右。同样在引用网络里面,如果一篇论文的属性属于数据挖掘类,那么它所引用的文章很有可能属于这一大类。这一类数据中节点的标签不仅仅可以从自身的属性上进行推断,也可以从节点所在的拓扑图结构以及周围的信息来进行推断,因为节点与节点之间的信息关联并不是人为假设的,而是在现实世界中自然而然形成的,表示了拓扑图中每个节点之间的相关性与联系。传统方法如上文提到的支持向量机、决策树等,都集中于数据独立同分布,不会采集节点与节点之间的相关信息,这一信息的却是会对关系识别的准确率造成一定的影响。

由于社交网络中数据节点之间的相互关联性,在使用和研究解决社交网路问题的机器学习模型时也需要充分考虑其特性。网络中节点的关联性,往往体现在两点:不同节点之间存在不同的关系,总体的结构非常复杂,需要模型很好的处理这些依赖关系;节点的标签也往往具有关联性,即当我们推断某个 A 节点时,往往希望能从 A 节点周围的节点的标签分布并获取一定的信息,从而增加预测 A 节点标签的准确度。从这两点我们可以看出,我们的模型要么具有很强的联合推断能力,要么能在某些特定的假设情况下,能够忽略这些复杂的依赖关系,并且不会给模型分类的准确度带来影响。这两种模型思路也代表了两种不同类的模型,在机器学习中,第一类模型常常被称为生成模型 (Generative Model),解决问题思路常常从联合概率推断出发,而第二类模型常常被称为判别模型 (Discriminative Model),解决问题思路从条件概率推断出发。

## 2.2 概率图模型





### 3 移动社交网络中的关系识别分析

关系识别是当前社交网络的重要研究课题之一。在一个社交网络中,人们会因为不同的关系而联系在一起,如家人、朋友、同事关系等等。明确社交网络中用户之间不同的关系类型,有利于其它领域的深入研究与发现。如在线或者移动广告营销中,如果知道用户家人、朋友的兴趣爱好以及其常购买的商品类型,那么就能更加准确的给该用户推荐相关的商品与广告,反之亦然,知道用户的喜好,也可以给其朋友、家人等推荐相应合适的商品。在协助公安侦破并抓捕犯罪嫌疑人时,如果能够掌握犯罪嫌疑人其家庭、朋友,则能更快协助相关部门侦破案件,有效的抓捕犯罪人员。由前面介绍可以得知,随着移动智能手机的大规模普及,移动通话数据的人群覆盖率已经接近 100%,具有相当的普适性。除此之外,移动运营商所提供了家庭套餐、集团套餐等营销套餐,如果研究者能够和移动运营商进行合作,则研究者能够利用从移动运营商中获得的关系数据,作为其训练数据。

从第二章可以得知,从机器学习的角度来看,关系识别实质是一个分类问题。基于目前的研究现状,已经有相当多的学者对此进行了研究。但大多数此类研究都是将关系拆分为简单的“信任与不信任”,“强关系与弱关系”,“友好与敌对”关系,并没有将关系具体到一个明确的网络当中去(如具有家庭、同事、朋友的关系网)。还有部分研究对对关系分类赋予了特定的寓意,但这些研究主要有“指导 - 被指导 (Advisor-Advisee)”<sup>[7]</sup>、“讲授 (Teaching) - 指导 (Advisor) - 助教 (Teaching Assistant)”关系<sup>[8]</sup>,比较适用于有向关系,而并非特别适合我们所研究的家庭、同事和朋友关系集。另外一些研究则是基于特别的数据集,如恐怖分子网络数据集分布<sup>[9]</sup>,和我们所要进行研究的通话网络数据结构和性质相差太大,并且这些性质的研究,大多仅从社交层面上对关系进行阐释,而不能从模型的角度充分挖掘社交与空间地理位置之间的联系,而我们所要做的工作则需要从这两个角度同时进行考虑。

移动社交网络提供了非常丰富的信息,可以用来挖掘人们在真实日常生活中的社交关系。在本章,我们首先对基于通话数据中移动社交网络的关系识别问题进行论述和定义,然后将我们所研究的数据进行详细介绍。最后,我们针对从用户通话角度、地理位置同现两个角度进行出发,研究不同交互特征下同事、家庭、朋友关系之间的显著差异,并对特征进行相应的分析。我们用通话数据展示我们的发现。由于篇幅的限制,我们不展示在短信息中的发现,但两者的特征发现比较相近。



### 3.1 关系识别问题定义

很显然, 社交网络是一个图模型, 因此不同的问题的基本构成都可以用图  $G = (V, E, W)$  来进行表示, 其中网络图中的每个点  $v_i \in V$  表示该网络中的用户, 图中点与点的边  $Edge(v_i, v_j) \in E$  表示用户  $i$  与用户  $j$  之间存在某种联系 (这种联系可以自己定义, 如在我们的问题中即两人存在社交关系), 而  $W$  则表示了这种点与点之间的关系强度 (如在我们的问题中, 则可以定量描述为两用户之间的通话频率与强度等)。

具体到我们的问题当中, 我们让  $G = (V, E, X, Y)$  代表无向移动社交网络, 这里的  $V$  是  $|V| = N$  数量的用户集合, 而  $E \subset V \times V$  是表示用户之间社交联系边的集合, 每一条边  $e_i \in E$  都有一个相应的社交关系  $y_i \in Y$  与之对应, 这里的  $Y \in \{\text{家庭关系, 同事关系, 朋友关系}\}$ 。需要注意的是, 这里的朋友关系定义为联系较为频繁的用户。 $X$  是特征矩阵,  $x_i$  代表了  $|x_i|$  维特征向量, 为每条边  $e_i$  的特征。因此在解决最终问题, 推断移动社交网络前, 我们需要选取合适的特征, 即  $x_i$  的值。

### 3.2 数据介绍

在本论文中所使用的数据集是从 2010 年 10 月 1 日到 2010 年 10 月 25 日采集的中国河南省某县级市的移动手机通话短信数据, 包含了 30 万用户超过六千万 (67,630,000) 条的通话记录, 三千万 (31,560,000) 条的短信记录, 四百万 (4,420,000) 条的手机开关机纪录, 一千二百万条的基站切换纪录。该县级市总共有 354 座基站, 而且每一座基站都有相应的经度和纬度。其中通话、短信的格式如表 3.1, 开机关机、基站切换的纪录格式如表 3.2。

除此之外, 我们还有由移动运营商提供的家庭集团和同事工作集团的数据。为了更加精确、更加合理的预测用户之间的关系类别, 我们移除了那些家庭集团和工作集团大小为 1 的孤立点, 因为这些点不会对我们所分析的问题构成任何贡献 (我们研究的问题本身就是边的关系)。除去这些无用的用户之后, 我们可以发现大多数的集团由两个或者三个构成, 这类型的集团占了所有家庭和同事集团总数的 83%。并且我们从数据分布上可以发现, 同时集团的大小大多小于 10 人。

表 3.1 短信/通话记录格式

主叫号码	被叫号码	通话时长	主叫基站	被叫基站
1597128XXXX	1565295XXXX	2010-10-20 18:12:34	60234	60183

表 3.2 事件纪录格式

事件发生时间	用户手机号码	时间类型	起始基站	终止基站
2011-10-20 10:10:13	135XXXXXXX	1	60284	74856

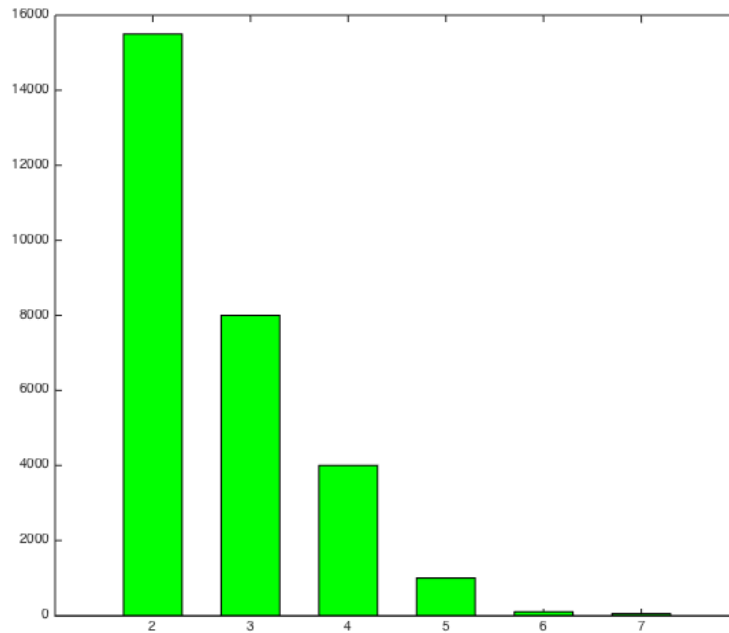


图 3.1 家庭集团大小分布

### 3.3 社交关系识别中的特征分析

本节主要从移动社交网络中的用户交互、时空交互、社交与时机地理空间交互等角度来分析影响社交关系识别的关键特征,充分利用移动社交网络的社交、空间结合等特性。本小节先从通话社交的角度进行分析,主要分析基本的通话特征对关系识别的影响,以及引入通话熵的概念,然后分析不同关系用户之间时间和通话强度的稳定性与差异性。然后从时空交互的角度来分析,分析了用户时空同现性。随后,分析用户出现地理位置的寓意分析,了解用户同现所在实际位置的具体含义。最后,从经典的社交结构论扩充到地理空间的范围内,提出新的结构洞理论。

#### 3.3.1 基本社交通话特征行为分析

从以前的研究中,我们可以知道,通过用户的通话记录,用户之间的关系(朋友、非朋友)能够很好的被识别出来<sup>[10]</sup>。但在那篇文章所用到的数据集都非常的小,并不能代表用户交互之间公共的特点,并不能直接认为围绕通话记录所得到的通话特征行为在我们的数据集上也有同样的效果。因此,我们在我们文章的数据集中重新考虑了用户之间的通话记录对关系识别的影响。

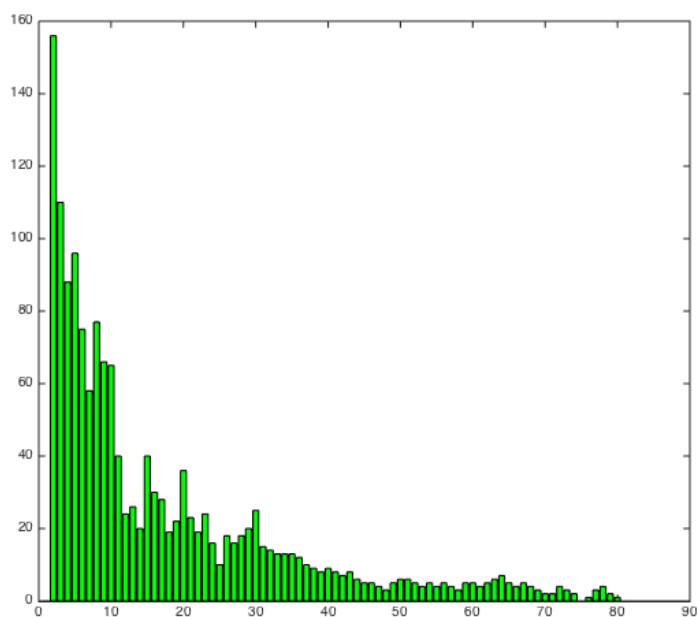


图 3.2 同事集团大小分布

在图 3.3 中，我们分析了不同的社交关系在一天之内，不同小时段的通话概率分布情况。这里我们定义忙时为每天的 10AM 到 12AM，6PM 到 9PM 期间。可以看到，无论哪儿种关系，在通话整体分布上呈现双峰分布，而曲线的最高点即为每天的忙时期间。在图中我们不难发现到，那些具有家庭关系的用户会比具有同事关系的用户拥有更高的交流通话频率。除此之外，我们也可以观察到，家人之间往往会选择在忙时进行通话。而具有同事关系的用户，往往选择的是在工作时间段(每天的 9 点到 12 点，以及下午 14 点到 18 点)内进行通话，而到了下班时间，我们会选择与具有家庭关系的用户进行通话，很有可能要通知家人是否要回去吃晚餐，大概几点会到家等话题。另外，朋友关系并不具有很明显的时间段分布，这反映了朋友关系往往是有事了才会选择通话，而并不具有每日特定时段的规律性，反映了朋友通话的随机性。从中我们可以知道，不同社交关系在不同时段之间的通话关系在一定程度上，反映了我们日常的行为，如从上述分析中我们可以知道人们往往会在下班之后选择和家人进行通话。这也充分反映了通话行为在识别不同社交关系的有效性。

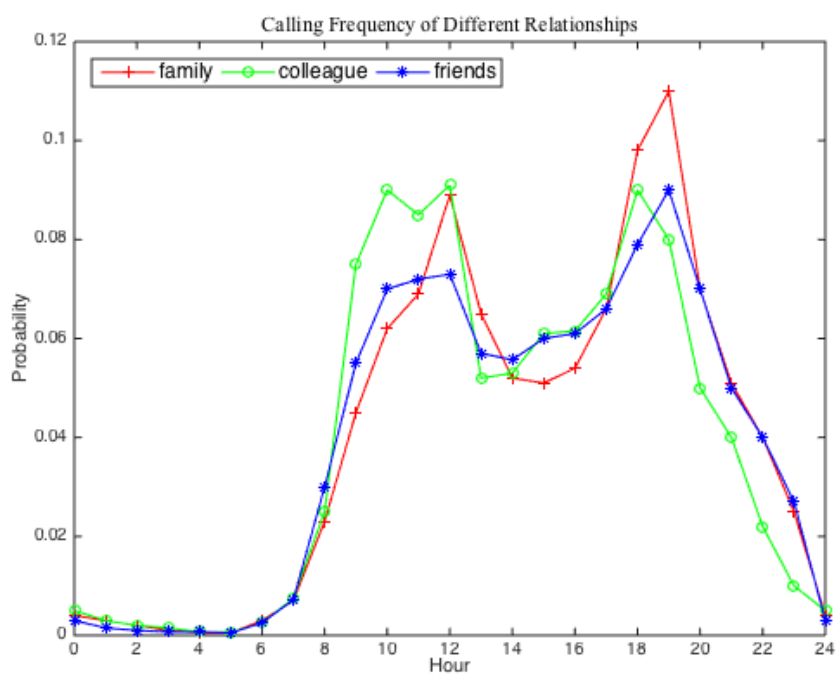


图 3.3 社交关系与不同小时段通话频率之间的联系



## 4 L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X 基础知识

本章主要为常用示例，推荐入门用户参照本文档的相应代码进行编写，编写过程中主要考虑论文写作过程中主要使用到的样式类型，更全面的 L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X 基础语法请常见推荐的入门文档。

### 4.1 L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X 的优势

#### 4.1.1 样式格式

L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X 可以实现内容和格式的分离，使得专注内容和忽略格式成为可能。结合已有的模版，用户可以利用最基本的文本编辑器完成复杂格式文档的书写。

你不需要关心整个论文中任何的标题、目录、正文等所有内容的字体、字号，还有段落的首行缩进、段前段后的间隔，利用本模版即可完成所有的工作。包括目录（包括表格目录等）本身以及所有章节、图表的序号均为自动生成，L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X 都会自动帮你完成其他工作，你需要做的只有一个——专注于你写的内容。

#### 4.1.2 版本管理

用 L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X 编写的文档都是纯文本文件，所以可以使用版本管理，正如你现在所看到的说明文档，是和 L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X 模版一起托管在了 Github 上。至于版本管理及其好处不在此赘述，感兴趣的同学请自行了解。

### 4.2 字体

毕设论文一般不应过多使用字体。模版也已经设置好默认字体：**宋体** 和 **Times New Roman** 字体。如有需要特别强调的地方，可参考以下示例。

- 床前明月光，疑是地上霜。举头望明月，低头思故乡。
- 床前明月光，疑是地上霜。举头望明月，低头思故乡。
- **To be, or not to be, that's a question.**
- To be, or not to be, that's a question.



4.3 特殊符号

由于 L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X 命令需要用到一些符号，因此一些特殊符号的录入需要特殊处理。比较常见的有“% \$ & { } # \_ ^ \”等，其他符号请自行搜索或参考 tex 自带的文档。

4.4 长度单位和命令

- 常规长度单位
  - cm** 厘米
  - in** 英寸
- 文字相关长度，适用于与文字混排
  - em** 当前字体字符“M”的宽度，常用于水平距离
  - ex** 当前字体字符“x”的宽度，常用于竖直距离
- 页面相关长度，适用于图表等浮动元素
  - \textwidth** 页面主体文字部分的宽度
  - \textheight** 页面主体文字部分的高度

4.5 空格、换行与分段

在 L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X 中，换行都会被忽略，连续的空格都会被认为是一个空格。需使用空格时可以选择表 4.1 中适当的命令。换行与分段是不同的概念，换行只是重新开始一行，新的段落需通过一个单独的空行实现。故编写 L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X 源文件时推荐以标点为间隔换行，一行不超过 80 个字符，示例见本文档源文件。

表 4.1 L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X 中的空格

<code>\quad</code>	当前字体下 2 个字母“M”的宽度
<code>\quad</code>	当前字体下 1 个字母“M”的宽度
<code>\quad</code>	当前字体下 1/3 个字母“M”的宽度 ( 斜杠后是一个空格 )
<code>\quad</code>	当前字体下 2/7 个字母“M”的宽度
<code>\quad</code>	当前字体下 1/6 个字母“M”的宽度
<code>\quad</code>	<b>缩进</b> 当前字体下 1/6 个字母“M”的宽度

4.6 标签和引用

标签和引用是用来生成如“见图 6.4”等类似语句中的“6.4”这样的序号，它的好处是当你改变顺序或者删除之前的某一个图表等内容时，所有序号会在下次编译时自动重



排。

设置标签是`\label{}`命令, 参数为该标签的名称, 在引用时使用。引用标签是`\ref{}`命令, 参数为设定好的对应标签名称。引用标签所在页的页码是`\pageref{}`命令, 参数也是设定好的对应标签名称。设置标签也是 L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X 编码时的一个好习惯, 推荐在即使用不到的情况下, 也给所有的章节和图表等内容都设定标签, 示例见本文档源文件。

## 4.7 章、节、条、款、项

### 4.7.1 章、节、条

章 `\chapter{章标题}`

节 `\section{节标题}`

条 `\subsection{条标题}`

### 4.7.2 款、项

条目环境即目录结构中的款和项分为 `itemize`, `enumerate`, `description` 三种。`itemize` 是最简单的, `enumerate` 是带序号的, `description` 是带描述的, 具体示例如下:

1、 `enumerate` 第一条:

- `itemize` 第一点。
- `itemize` 第二点。

2、 `enumerate` 第二条:

观点三 `description` 第三点。

观点四 `description` 第四点。

## 4.8 图形

插入图形时可以使用 `figure` 环境, 示例如图4.1所示。其中 `figure` 环境的参数`[h!]` 表示尽量排版在当前位置, 一般情况下照用即可。`\includegraphics` 的参数`[width=90bp]` 是图片大小的设置, 也可以使用 `height` 或者两个一起使用, 设置其中一个即可实现等比例缩放。





图 4.1 校徽

4.9 表格

4.9.1 浮动环境

table 为表格的浮动环境，主要用于添加标题和标签 tabular 为表格环境，通过参数定义表格列方向的样式，如{l|c|r} 表示表格共三列，第一列左对齐 l，第二列居中对齐 c，第三列右对齐 r。其中前两列用两条竖线分隔，后两列之间只有一条竖线。表格行方向的横线用\hline 表示，横线或竖线均可多条。每一行中的列用“&”作为间隔符，每一行之间使用“\\”换行，示例见表格4.2。如果在表格中需要使用脚注 (footnote) 功能，则需

表 4.2 浮动表格示例

第一列	第二列	第三列
左	居中对齐	右对齐
左对	居中	右对
左对齐	对齐	右

要将浮动表格环境置于一个 minipage 中，否则脚注会被内容所吞掉。比如下表所示。但目前能力有限，无法将此表格居中，也无法添加表格标题和引用。待改进。

aaa <sup>a</sup>	bbb	ccc
------------------	-----	-----

<sup>a</sup>test

4.9.2 列合并和行合并

列合并用\multicolumn{#1}{#2}{#3} 命令，#1 为所合并的列数，#2 为该列的样式，#3 为该列中的内容，示例如表4.3。其中合并了第二行的二三列，合并的列数为 2，样式是“c”。需要注意的是，列分隔符包含两列间可能的竖线（根据表格样式），故只需指定右侧是否有竖线即可。

行合并的命令为\multirow{#1}{#2}{#3}，参数 #1 和 #3 与列合并相同。#2 为行合并单元格的宽度，一般用 \* 来表示默认的计算值，行合并后表格线一般是多段间断的



线，需要使用命令`\cline{X-Y}`，来表示从第 X 列起始到第 Y 列结尾的横线，多段横线依次指定即可，示例如表4.4所示，被合并的单元格只需留空即可。

表 4.3 列合并示例

1.1	1.2	1.3	1.4
2.1	2.2 & 2.3		2.4
3.1	3.2	3.3	3.4

表 4.4 行合并示例

1.1	1.2	1.3
2.1	2.2 & 3.2	2.3
3.1		3.3
4.1	4.2	4.3

4.10 数学公式

数学公式分为内嵌行公式和独立行公式。内嵌行公式是与正文段落混合排布的公式，`$$` 表示内嵌行公式的环境，如  $\sin^2\alpha + \cos^2\alpha = 1$ 。独立行公式是独占一行的公式，独立行公式分为两种，一种是后面不带公式编号，如下方公式所示。

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{pmatrix}$$

另外一种常用的带公式编号的独立行公式，推荐使用 `equation` 环境来自动实现独立行公式的编号，示例见公式4.1。

$$E = mc^2 \tag{4.1}$$

一般的数学公式只需掌握几个简单的命令，复杂的数学公式可能会用到更多的命令，更深入的数学公式相关内容请参见文档。

4.11 使用 listings 显示代码

使用 `listings` 环境可以进行更美观的代码整理和展示。代码4.1即为一个简单示例。

```
1 #include <stdio.h>
2
3 void main()
4 {
5     printf("Hello, world!");
6 }
```

代码 4.1 一段 C 源代码



## 4.12 更复杂的操作

### 4.12.1 多图排列

两个或多个图形并排排列，可以参照图4.2和4.3的示例代码。



图 4.2 并排的左图



图 4.3 并排的右图

图4.4为子图排列，两个子图有各自的图题，分别为图4.4(a)和图4.4(b)，并有一个共同的图题。



(a) 并排小图 a



(b) 并排小图 b

图 4.4 子图并排的示例

若要将四个或多个图形以矩阵形式排列，可以参见图4.5，四个子图分别为图4.5(a)、图4.5(b)、图4.5(c)和图4.5(d)。

复杂的图形排列基本到此为止，一般情况下很少会用到也并不推荐使用，如果对图形的编排的兴趣，可以参考推荐书目。

### 4.12.2 图形表格等混排

图形表格的并排显示可以参照图4.6和表格4.5的实现。大体思路同图形的并排排列，亦可扩展至其他元素类型。

### 4.12.3 长表格

当表格超过一页时可以使用 longtable 环境，如表4.6所示。



图 4.5 矩形的 subfig 排列



图 4.6 左侧的图片

Day	Data	other
Monday	1	1.5
Tuesday	2	2.5
Wednesday	3	3.5
Thursday	4	4.5
Friday	5	5.5

表 4.5 右侧的表格

表 4.6 长表格示例

Time (s)	Triple chosen	Other feasible triples
0	(1, 11, 13725)	(1, 12, 10980), (1, 13, 8235), (2, 2, 0)
2745	(1, 12, 10980)	(1, 13, 8235), (2, 2, 0), (2, 3, 0)
5490	(1, 12, 13725)	(2, 2, 2745), (2, 3, 0), (3, 1, 0)
8235	(1, 12, 16470)	(1, 13, 13725), (2, 2, 2745), (2, 3, 0)
10980	(1, 12, 16470)	(1, 13, 13725), (2, 2, 2745), (2, 3, 0)
13725	(1, 12, 16470)	(1, 13, 13725), (2, 2, 2745), (2, 3, 0)
16470	(1, 13, 16470)	(2, 2, 2745), (2, 3, 0), (3, 1, 0)
19215	(1, 12, 16470)	(1, 13, 13725), (2, 2, 2745), (2, 3, 0)
21960	(1, 12, 16470)	(1, 13, 13725), (2, 2, 2745), (2, 3, 0)
24705	(1, 12, 16470)	(1, 13, 13725), (2, 2, 2745), (2, 3, 0)
27450	(1, 12, 16470)	(1, 13, 13725), (2, 2, 2745), (2, 3, 0)

接下页



表 4.6 –接上页

Time (s)	Triple chosen	Other feasible triples
30195	(2, 2, 2745)	(2, 3, 0), (3, 1, 0)
32940	(1, 13, 16470)	(2, 2, 2745), (2, 3, 0), (3, 1, 0)
35685	(1, 13, 13725)	(2, 2, 2745), (2, 3, 0), (3, 1, 0)
38430	(1, 13, 10980)	(2, 2, 2745), (2, 3, 0), (3, 1, 0)
41175	(1, 12, 13725)	(1, 13, 10980), (2, 2, 2745), (2, 3, 0)
43920	(1, 13, 10980)	(2, 2, 2745), (2, 3, 0), (3, 1, 0)
150975	(1, 13, 16470)	(2, 2, 2745), (2, 3, 0), (3, 1, 0)
153720	(1, 12, 13725)	(2, 2, 2745), (2, 3, 0), (3, 1, 0)
156465	(1, 13, 13725)	(2, 2, 2745), (2, 3, 0), (3, 1, 0)
159210	(1, 13, 13725)	(2, 2, 2745), (2, 3, 0), (3, 1, 0)
161955	(1, 13, 16470)	(2, 2, 2745), (2, 3, 0), (3, 1, 0)
164700	(1, 13, 13725)	(2, 2, 2745), (2, 3, 0), (3, 1, 0)
150975	(1, 13, 16470)	(2, 2, 2745), (2, 3, 0), (3, 1, 0)
153720	(1, 12, 13725)	(2, 2, 2745), (2, 3, 0), (3, 1, 0)
156465	(1, 13, 13725)	(2, 2, 2745), (2, 3, 0), (3, 1, 0)
159210	(1, 13, 13725)	(2, 2, 2745), (2, 3, 0), (3, 1, 0)
161955	(1, 13, 16470)	(2, 2, 2745), (2, 3, 0), (3, 1, 0)
164700	(1, 13, 13725)	(2, 2, 2745), (2, 3, 0), (3, 1, 0)

#### 4.12.4 定理定义环境

本模版支持的定理定义环境及示例：如假设4.1、定义4.1、命题4.1、注释4.1、公理4.1、引理4.1、定理4.1、证明1、推论4.1、例4.1、练习4.1、猜想4.1、问题4.1。

**假设 4.1**：待月西厢下，迎风户半开；隔墙花影动，疑是玉人来。

$$c = a^2 - b^2 \quad (4.2)$$

$$= (a + b)(a - b) \quad (4.3)$$

**定义 4.1**：子曰：「道千乘之国，敬事而信，节用而爱人，使民以时。」



**命题 4.1 :** 曾子曰 :「 吾日三省吾身 — 为人谋而不忠乎 ? 与朋友交而不信乎 ? 传不习乎 ? 」

**注释 4.1 :** 天不言自高, 水不言自流。

$$\begin{aligned}\varphi(x, z) &= z - \gamma_{10}x - \gamma_{mn}x^m z^n \\ &= z - Mr^{-1}x - Mr^{-(m+n)}x^m z^n \\ \zeta^0 &= (\xi^0)^2, \\ \zeta^1 &= \xi^0 \xi^1, \\ \zeta^2 &= (\xi^1)^2,\end{aligned}\tag{4.4}$$

$$\tag{4.5}$$

$$\tag{4.6}$$

**公理 4.1 :** 两点间直线段距离最短。

$$x \equiv y + 1 \pmod{m^2} \tag{4.7}$$

$$x \equiv y + 1 \pmod{m^2} \tag{4.8}$$

$$x \equiv y + 1 \pmod{m^2} \tag{4.9}$$

**引理 4.1 :** 《猫和老鼠》是我最爱看的动画片。

$$\begin{aligned}& \int_a^b \left\{ \int_a^b [f(x)^2 g(y)^2 + f(y)^2 g(x)^2] - 2f(x)g(x)f(y)g(y)dx \right\} dy \\ &= \int_a^b \left\{ g(y)^2 \int_a^b f^2 + f(y)^2 \int_a^b g^2 - 2f(y)g(y) \int_a^b fg \right\} dy\end{aligned}$$

**定理 4.1 :** 犯我强汉者, 虽远必诛 — 陈汤 ( 汉 )

**证明** 燕赵古称多感慨悲歌之士。董生举进士, 连不得志于有司, 怀抱利器, 郁郁适兹土, 吾知其必有合也。董生勉乎哉 ?

夫以子之不遇时, 苟慕义强仁者, 皆爱惜焉, 矧燕、赵之士出乎其性者哉 ! 然吾尝闻风俗与化移易, 吾恶知其今不异于古所云邪 ? 聊以吾子之行卜之也。董生勉乎哉 ?

吾因子有所感矣。为我吊望诸君之墓, 而观于其市, 复有昔时屠狗者乎 ? 为我谢曰 : “明天子在上, 可以出而仕矣 ! ” — 韩愈《送董邵南序》 □



**推论 4.1 :** 四川话配音的《猫和老鼠》是世界上最好看最好听最有趣的动画片。

$$V_i = v_i - q_i v_j, \quad X_i = x_i - q_i x_j, \quad U_i = u_i, \quad \text{for } i \neq j; \quad (4.10)$$

$$V_j = v_j, \quad X_j = x_j, \quad U_j u_j + \sum_{i \neq j} q_i u_i. \quad (4.11)$$

**例 4.1 :** 大家来看这个例子。

$$\begin{cases} \nabla f(\mathbf{x}^*) - \sum_{j=1}^p \lambda_j \nabla g_j(\mathbf{x}^*) = 0 \\ \lambda_j g_j(\mathbf{x}^*) = 0, \quad j = 1, 2, \dots, p \\ \lambda_j \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, p. \end{cases} \quad (4.12)$$

**练习 4.1 :** 清列出 *Andrew S. Tanenbaum* 和 *W. Richard Stevens* 的所有著作。

**猜想 4.1 :** *Poincare Conjecture* *If in a closed three-dimensional space, any closed curves can shrink to a point continuously, this space can be deformed to a sphere.*

**问题 4.1 :** 回答还是不回答, 是个问题。



5 使用说明

5.1 基本范例

本科生论文基本结构	研究生论文基本结构
封面	封面（中、英文）
扉页	题名页、独创性声明和使用授权书
中英文摘要	中英文摘要
目录	目录
正文	图表清单及主要符号表（根据情况可省略）
致谢	主体部分
参考文献	参考文献
附录	附录
	攻读硕士/博士期间取得的研究/学术成果
	致谢
	作者简介（仅博士生）

本科生论文结构推荐按如下的代码形式来组织整个论文。

```
1 % !Mode:: "TeX:UTF-8"
2 % !TEX program = xelatex
3 \documentclass[bachelor,openany,oneside,color]{buaathesis}
4 \begin{document}
5
6 % 用户信息
7 \include{data/com_info}
8 \include{data/bachelor/bachelor_info}
9
10 % 任务书信息
11 \include{data/bachelor/assign}
12
13 % 页眉页脚样式
14 \pagestyle{mainmatter}
15 % 封面、任务书、声明
```





```
16 \maketitle
17 % 摘要
18 \include{data/abstract}
19 % 目录
20 \tableofcontents
21
22 % 正文页码样式
23 \mainmatter
24
25 % 正文
26 \include{data/chapter1-intro}
27 \include{data/chapter2-tec}
28 \include{data/chapter3-feature}
29 \include{data/chapter4-basic}
30 \include{data/chapter5-usage}
31 \include{data/chapter6-implement}
32 \include{data/chapter7-conclusion}
33
34 % 致谢
35 \include{data/bachelor/acknowledgement}
36 % 参考文献性
37 \include{data/reference}
38
39 % 附录
40 \appendix
41 \include{data/appendix1-faq}
42 \include{data/appendix2-contactus}
43 \end{document}
```

代码 5.1 本科生论文结构

## 5.2 模板选项

### 5.2.1 学位选项

- bachelor—学士学位；
- master—学术硕士学位（默认）；



- engineer—专业硕士学位；
- doctor—博士学位。

### 5.2.2 其他选项

- onside/twoside—单面/双面（默认）打印；
- openany/openright—新的章节在任何页面开始/新的章节从奇数页开始（默认）；
- color—将论文中的链接文字用颜色标识。

## 5.3 封面及正文前的一些设置

### 5.3.1 封面

本科生论文封面直接使用`\maketitle`命令，将编译生成论文封面和任务书（任务书中的各项需要自己在`assign.tex`中填写），以及“本人声明”页。只需将`data/bachelor/bachelor_info.tex`中的信息填写完整即可自行编译生成。

研究生（包括博士研究生）的毕设论文封面使用`\maketitle`将生成中英文封面、题名页、和独创性声明与使用授权书。只需将`data/master/master_info.tex`中的信息填写完整即可自行编译生成。

### 5.3.2 中英文摘要

本科生和研究生的论文中英文摘要为`abstract.tex`，请直接按照模板示例进行更改替换即可，关键词以及其他的一些个人论文信息在`data/bachelor/bachelor_info.tex`或`data/master/master_info.tex`中自行定义。

### 5.3.3 目录

生成目录为命令`\tableofcontents`，需要`xelatex`两遍才能正确生成目录。

对于研究生，论文还需要有图表目录以及论文主要符号表。分别使用命令`\listoffigures`和`\listoftables`，而主要符号表则在`data/master/denotation.tex`中，请自行按照模板给出的样式替换即可。



## 5.4 正文

### 5.4.1 章节

正文中的各个章节,推荐将其每一章分为单独的.tex 文件,然后使用`\include{chapter.tex}`将其包含进来即可。

章节中的内容如何编写, 请见第 4 章 **L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X** 基础知识。

### 5.4.2 参考文献

参考文献使用 BiBTeX 工具, 参考文献的数据库为 bibs.bib, 可以使用记事本等文本编辑器进行编辑。具体如何进行编辑也可参照示例模板给出的范例来编写。在 Winedt 软件中有具体的增加参考文献的选项; 在 [book.google.com](http://book.google.com) 中搜索到的书籍, 在页面的最下方也有 BiBTeX 的导出选项。

.bib 参考文献数据库文件中, 每个类别后的第一个为标号, 在示例的 bibs.bib 中第一个书籍的标号为 **kottwitz2011latex**, 在引用此文献时, 使用`\upcite{kottwitz2011latex}`即可得到此文献<sup>[1]</sup>的引用<sup>1</sup>。

## 5.5 正文之后的内容

### 5.5.1 附录

附录和正文中的章节编写方式一样。无特殊之处。

### 5.5.2 攻读硕士/博士期间所取得的研究/学术成果 ( 研究生 )

### 5.5.3 致谢

### 5.5.4 作者简介 ( 博士研究生 )

博士学位论文应该提供作者简介, 主要包括: 姓名、性别、出生年月日、民族、出生地; 简要学历、工作经历 ( 职务 ); 以及攻读学位期间获得的其它奖励 ( 除攻读学位期间取得的研究成果之外 )。

---

<sup>1</sup>左侧“文献”的右上方即得到了此文献的引用。



## 6 模板代码实现



## 总结

本文主要介绍使用  $\text{\LaTeX}$  进行撰写论文的方法, 文中范例丰富, 涵盖基本的论文使用, 在使用本  $\text{\LaTeX}$  模板时可直接复制后进行内容的替换更改即可使用。

在第一章主要介绍了  $\text{\LaTeX}$  的背景、本模板的维护者信息以及开源协议等; 在第二章介绍了各个操作系统平台下  $\text{\LaTeX}$  的配置方法; 在第三章介绍了各  $\text{\LaTeX}$  版本及软件的下载地址; 在第四章介绍了  $\text{\LaTeX}$  的基本常用语法以及代码示例, 高阶使用技巧等;

.....

通过使用本模块来完成论文, 可以基本掌握  $\text{\LaTeX}$  的使用, 也在最小学习成本的基础上满足规范的论文格式, 省去后期调格式之苦, 使作者更专注于论文, 亦可更高效的完成论文。



## 致谢

感谢国家



## 参考文献

- [1] 刘军. 社会网络分析导论: An introduction to social network analysis[M]: 社会科学文献出版社, 2004.
- [2] TREVISAN T S. An Introduction to Social Network Data Analytics[M]: Springer, 2011.
- [3] HEER J, BOYD D. Vizster: Visualizing online social networks[C]. Information Visualization, 2005. INFOVIS 2005. IEEE Symposium on. 2005 : 32 – 39.
- [4] 工业和信息化部. 2014 年通信运营统计公报 [R]. 2015. <http://www.miit.gov.cn/n11293472/n11293832/n11294132/n12858447/16414615.html>.
- [5] CHO E, MYERS S A, LESKOVEC J. Friendship and mobility: user movement in location-based social networks[C]. Proceedings of the 17th ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining. 2011 : 1082 – 1090.
- [6] WANG D, PEDRESCHI D, SONG C, et al. Human mobility, social ties, and link prediction[C]. Proceedings of the 17th ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining. 2011 : 1100 – 1108.
- [7] WANG C, HAN J, JIA Y, et al. Mining advisor-advisee relationships from research publication networks[C]. Proceedings of the 16th ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining. 2010 : 203 – 212.
- [8] TASKAR B, WONG M-F, ABBEEL P, et al. Link prediction in relational data[C]. Advances in neural information processing systems. 2003 : None.
- [9] ZHAO B, SEN P, GETOOR L. Entity and relationship labeling in affiliation networks[C]. ICML Workshop on Statistical Network Analysis. 2006.
- [10] MIN J-K, WIESE J, HONG J I, et al. Mining smartphone data to classify life-facets of social relationships[C]. Proceedings of the 2013 conference on Computer supported cooperative work. 2013 : 285 – 294.
- [11] KOTTWITZ S. LaTeX Beginner's Guide[M]: Packt Publishing, 2011. <http://books.google.com.hk/books?id=rB1Cb62dVnUC>.
- [12] ACHARYA A, SETIA S. Availability and Utility of Idle Memory in Workstation Clusters[J]. ACM SIGMETRICS Performance Evaluation Review, 1999.
- [13] ANDERSON E A, NEEFE J M. An Exploration of Network RAM[R]: UC Berkley, 1994.



- [14] BODEN N, COHEN D, FELDERMAN R, et al. Myrinet: A Gigabit-per-Second Local Area Network[J]. IEEE Micro, 1995, 15(1): 29–36.
- [15] BOVET D P, CESATI M. Understanding the Linux Kernel[M]. 3rd: O'Reilly, 2005.
- [16] CORBET J, RUBINI A, KROAH-HARTMAN G. Linux Device Drivers[M]. 3rd: O'Reilly, 2005.
- [17] FEELEY M J, MORGAN W E, PIGHIN F H, et al. Implementing Global Memory Management in a Workstation Cluster[J]. ACM SIGOPS Operating Systems Review, 1995: 201–212.
- [18] FLOURIS M D, MARKATOS E P. The Network RamDisk: Using Remote Memory on Heterogeneous NOWs[J]. Cluster Computing, 1999, 2(4): 281–293.
- [19] FRANKLING M J, CAREY M J, LIVNY M. Globla memory management in client-server DBMS architectures[C]. Proceeding of the 18th VLDB Conference. 1992.
- [20] HAN J, ZHOU D, HE X, et al. I/O Profiling for Distributed IP Storage Systems[C]. Proceeding of The Second International Conference on Embedded Software and Systems. 2005.
- [21] HE X, YANG Q, ZHANG M. A Caching Strategy to Improve iSCSI Performance[C]. Proceeding of Local Computer Networks. 2002.
- [22] IFTODE L, LI K, PETERSEN K. Memory Servers for Multicomputers[C]. Proceeding of the IEEE Spring COMPCON 93. 1993: 538–547.
- [23] KOUSSIH S, A. ACHARYAM S S. Dodo:A User-level System for Exploiting Idle Memory in Workstation Clusters[C]. Proceeding of the Eighth IEEE International Symposium on High Performance Distributed Computing. 1999.
- [24] LIANG S, NOTONHA R, PANDA D K. Swapping to Remote Memory over InfiniBand: An Approach using a High Performance Network Block Device[J]. IEEE Cluster Computing, 2005.
- [25] LOVE R. Linux Kernel Development[M]. 2nd: Sams Publishing, 2005.
- [26] MARKATOS E P, DRAMITSON G. Implementation of a Reliable Remote Memory Pager[C]. Proceeding of the 1996 Usenix Technical Conference. 1996.
- [27] NEWHALL T, FINNEY S, GANCHEVM K, et al. Nswap:A Network Swapping Module for Linux Clusters[C]. Proceeding of Euro-Par'03 International Conference on Parallel and Distributed Computing. 2003.
- [28] OLESZKIEWICZ J, XIAO L, LIU Y. Parallel Network RAM: Effectively Utilizing





- Global Cluster memory for Large Data-Intensive Parallel Programs[C]. Proceeding of International Conference on Parallel Proceeding. 2004 : 577 – 592.
- [29] PETRINI F, FRACHTENBERG E, HOISIE A, et al. Performance Evaluation of the Quadrics Interconnection Network[J]. Journal of Cluster Computing, 2003, 6(2): 125 – 142.
- [30] SUN H T, CHEN M, FAN J. A Scalable Dynamic Network Memory Service System[C]. Proceeding of High-Performance Computing in Asia-Pacific Region. 2005.
- [31] TREVISAN T S, COSTAL V S, WHATELY L, et al. Distributed Shared Memory in Kernel Mode[C]. Proceeding of Computer Architecture and High Performance Computing. 2002.
- [32] XIAO L, CHEN S, ZHANG X. Adaptive Memory Allocations in Clusters to Handle Unexpectedly Large Data-Intensive Jobs[J]. IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, 2004, 15(6): 577 – 592.



## 附录 A 常见问题

### 1、 本模板如何使用？

- 按照第 2 章的要求，先下载和安装相应的软件，推荐使用 T<sub>E</sub>XLive2012 或更新的版本；
- 下载 cls 文件；
- 使用 tex 的编辑器或其他编辑器，编写论文，注意保存为 UTF-8 编码；
- xelatex 编译。

注意：T<sub>E</sub>XLive2012 的 ISO 镜像在[未来花园 BT 站](#)上有相应的种子可下载，亦可从 TUG 的[官方网站](#)上下载。

### 2、 Windows 下的 msmake.bat 如何使用？

- 使用 Windows 的 CMD 命令行，进入到 msmake.bat 所在目录；
- 键入 msmake 后会显示相应的帮助文件；
- 按照所显示的相关信息再键入相应命令即可。

注意：由于此批处理文件为编者自行编写，学识有限，代码有许多不如人意之处，如对此批处理文件有问题可直接邮件联系我 (mrpeng000@gmail.com) 即可。

### 3、 使用 TexLive 如何更新？TUG 官方推荐 T<sub>E</sub>XLive 通过镜像站进行更新，具体步骤为：

- 在“开始”目录下的 TeXLive2012 文件夹下，找到有 TeX Live Manage 程序；
- 在菜单“tlmgr”下选择“载入其他仓库”，选择最近的仓库即可（如果是北航校内用户并能够访问到[北航开源镜像站](#)的话，可以在仓库地址中输入 <http://mirror.buaa.edu.cn>）；
- 按照目录选择更新。



## 附录 B 联系我们