

ERGM

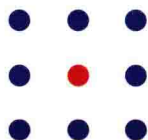
CAMBRIDGE

EXPONENTIAL RANDOM GRAPH MODELS
FOR SOCIAL NETWORKS

Theory, Methods and Applications

社会网络指数 随机图模型

理论、方法与应用



[澳] 迪安·鲁谢尔 (Dean Lusher)

[英] 约翰·科斯基宁 (Johan Koskinen) 编

[澳] 加里·罗宾斯 (Garry Robins)

杜海峰 任义科 杜 巍 张 楠 译



社会科学文献出版社
SOCIAL SCIENCES ACADEMIC PRESS (CHINA)

社会网络指数 随机图模型

理论、方法与应用



[澳] 迪安·鲁谢尔 (Dean Lusher)

[英] 约翰·科斯基宁 (Johan Koskinen) 编

[澳] 加里·罗宾斯 (Garry Robins)

杜海峰 任义科 杜 巍 张 楠 译



社会科学文献出版社
SOCIAL SCIENCES ACADEMIC PRESS (CHINA)

图书在版编目(CIP)数据

社会网络指数随机图模型：理论、方法与应用 / (澳) 鲁谢尔, (英) 科斯基宁, (澳) 罗宾斯编; 杜海峰等译.

—北京：社会科学文献出版社，2016. 1

ISBN 978 - 7 - 5097 - 8333 - 7

I. ①社… II. ①鲁… ②科… ③罗… ④杜… III. ①社会
关系 - 指数模型 - 研究 IV. ①C912.3 ②F224.0

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 268961 号

社会网络指数随机图模型：理论、方法与应用

编 者 / [澳] 迪安·鲁谢尔 [英] 约翰·科斯基宁
[澳] 加里·罗宾斯

译 者 / 杜海峰 任义科 杜 巍 张 楠

出 版 人 / 谢寿光

项目统筹 / 周 丽

责任编辑 / 蔡莎莎

出 版 / 社会科学文献出版社·经济与管理出版社 (010) 59367226

地址：北京市北三环中路甲 29 号院华龙大厦 邮编：100029

网址：www.ssap.com.cn

发 行 / 市场营销中心 (010) 59367081 59367090

读者服务中心 (010) 59367028

印 装 / 三河市尚艺印装有限公司

规 格 / 开 本：787mm × 1092mm 1/16

印 张：25.25 字 数：363 千字

版 次 / 2016 年 1 月第 1 版 2016 年 1 月第 1 次印刷

书 号 / ISBN 978 - 7 - 5097 - 8333 - 7

著作权合同 / 图字 01 - 2015 - 6683 号

登 记 号

定 价 / 79.00 元

本书如有破损、缺页、装订错误，请与本社读者服务中心联系更换

 版权所有 翻印必究

英文版《社会科学中的结构分析》丛书简介

主编 马克·格兰诺维特

《社会科学中的结构分析》系列丛书提供了依据具体社会实体（如个人、组织和国家）之间的关系分析社会行为和制度的研究。无论是基于技术、物质条件、经济冲突、适应性演化还是功能必要性，关系分析与还原论方法的个人主义、宏观决定论形成了对照。在这种更智能灵活的结构中间地带，分析者在各种情境中来定位行动者以及他们之间的关系。自从1987年这个系列丛书开始出版以来，作者们各自集中于不同的领域：小群体、历史、文化、政治、亲属关系、美学、经济学和复杂组织，创造性地将这些学科领域如何形成关系，进而如何由关系来形成这些领域进行了理论化。他们的风格和方法范围广泛，从紧张长期的民族志观察到高度抽象的数学模型。他们的学科背景包括历史学、人类学、社会学、政治学、商学、经济学、数学和计算机科学。有些学者已经明确采用了社会网络分析，产生了一些前沿和规范的成果，而另一些学者在上述背景且把“网络”作为富有成效的隐喻的前提下进行正式的分析。所有这些分析共同采用了能有力地阐明这个复杂社会世界的发人深省的方法。

致 谢

为

乔，马西莫和百基拉

皮尔科

简和奥利维亚

我们感谢每章的作者在写作这本书的过程中所贡献的知识、奉献和耐心。也感谢我们在 MelNet 社交网络群体中与我们合作的其他地方的同事，他们对我们关于指数随机图模型的研究提供了建议。此外，我们非常感激 MelNet SNA 课程的学员，他们所提的问题和强烈的求知欲指引了这本书的内容。我们感谢澳大利亚国防科学与技术组织（DSTO）和英国纳菲尔德学院（Nuffield College）及米切尔中心（Mitchell Center）在本书内容的选定上提出宝贵意见的同人。最后，感谢莎拉·克雷格（Sarah Craig）和克洛迪娅·莫莉多（Claudia Mollidor）为本书的出版所做出的努力。



目 录

Contents

第一章 导言	001
第一节 本书的目的	002
第二节 软件和数据	002
第三节 本书的结构	003
第四节 如何阅读这本书	005
第五节 假定的社会网络分析知识	006

第一篇 基本原理

第二章 什么是指数随机图模型	009
第一节 指数随机图模型：一个简短的定义	009
第二节 ERGM模型理论	010
第三节 ERGM模型的简单历史	013
第四节 适用于ERGM模型的网络数据	015
第三章 社会网络结构的形成	017
第一节 关系形成：结构的涌现	017
第二节 关系形成的解释框架	025
第四章 指数随机图模型作为统计模型的简单说明	031
第一节 随机图	032
第二节 图的分布	034
第三节 关于统计建模的一些基本思想	036
第四节 同质性	038
第五章 指数随机图模型例析	040
第一节 指数随机图模型应用实例：“企业”中的交流	040
第二节 ERGM模型与解释	045



第二篇 方法

第六章 指数随机图模型的基本原理	053
第一节 本章概要	053
第二节 网络关系变量	053
第三节 独立性概念	055
第四节 从广义线性模型角度理解ERGM模型	057
第五节 可能的依赖形式	061
第六节 不同类型的模型设定	063
第七节 其他模型设定	081
第八节 结论	082
第七章 依赖图和充分统计量	083
第一节 本章概要	083
第二节 依赖图	084
第三节 涉及属性的依赖图	096
第四节 结论	096
第八章 社会选择、二元关系协变量和地理空间效应	098
第一节 个体、二元关系和其他属性	098
第二节 ERGM社会选择模型	101
第三节 二元关系协变量	106
第四节 地理空间效应	107
第五节 结论	109

第九章 Autologistic行动者属性模型	110
第一节 社会影响模型	110
第二节 ERGM模型扩展到行动者属性分布	112
第三节 可能的依赖形式	114
第四节 不同模型设定及其解释	117
第五节 结论	122
第十章 指数随机图模型的扩展：多元网络与二部图网络模型	123
第一节 多元网络	123
第二节 二部图网络	129
第十一章 纵向模型	139
第一节 网络动态化	139
第二节 数据结构	139
第三节 模型	140
第四节 其他关系模型	147
第五节 结论	149
第十二章 仿真、估计和拟合优度	150
第一节 在实践中探索并使模型与数据相关	150
第二节 仿真：获得给定ERGM模型的图分布	152
第三节 估计	156
第四节 解似然方程	158
第五节 检验效应	168

目 录

Contents



第六节 退化和接近退化.....	172
第七节 缺失数据或部分观测数据.....	174
第八节 雪球样本的条件估计.....	175
第九节 拟合优度.....	177
第十三章 阐述：仿真、估计和拟合优度.....	180
第一节 仿真.....	180
第二节 估计和模型设定.....	187
第三节 拟合优度.....	193

第三篇 应用

第十四章 个人态度、感知态度与社会结构：社会 选择模型.....	203
第一节 对他人的感知与社会行为.....	203
第二节 数据与测量.....	205
第三节 模型设定.....	208
第四节 结果.....	209
第五节 讨论.....	215
第十五章 如何闭合一个洞：探索组织间网络替代 闭合机制.....	217
第一节 网络闭合机制.....	217
第二节 数据和测量.....	220
第三节 模型设定.....	222

第四节 结果 223

第五节 讨论 226

第十六章 工作关系间的相互依赖：建议和满意度的

多变量指数随机图模型 228

第一节 组织中的多元关系网络 228

第二节 数据、测量与分析 230

第三节 描述性结果 231

第四节 多变量ERGM模型结果 234

第五节 讨论 239

第十七章 大脑、肌肉还是乐观主义？新兴军事领袖

结构与相关性 242

第一节 军事背景下涌现的领袖 242

第二节 模型设定 247

第三节 结果 248

第四节 讨论 251

第十八章 失业的Autologistic行动者属性模型分析：

认识谁和居住地的双重重要性 254

第一节 失业：位置和联系 254

第二节 数据、分析与估计 256

第三节 结果 262

第四节 讨论 264

目 录

Contents



第十九章 面对面与文本信息为中介朋友网络的纵向变化	266
第一节 朋友网络的演变、沟通媒介与心理倾向	266
第二节 数据与测量	268
第三节 模型设定	270
第四节 结果	270
第五节 讨论	274
第二十章 董事社会资本和金融资本对企业连锁形成的不同影响	278
第一节 二部图社会：个人与群体	278
第二节 数据与测量	280
第三节 模型设定	284
第四节 结果	286
第五节 讨论	289
第二十一章 比较网络：行为网络与回忆网络的结构一致性	292
第一节 行为和回忆之间的关系	292
第二节 数据与测量	293
第三节 结果	296
第四节 初步统计分析	296
第五节 单变量模型	298
第六节 行为网络作为协变量的回忆网络模型	299
第七节 多变量模型	300
第八节 讨论	303

第四篇 未来展望

第二十二章 对社会网络建模：未来的工作	307
第一节 ERGM模型的特点.....	307
第二节 模型设定.....	309
第三节 ERGM模型的一般问题.....	320
参考文献	322
关键词索引	364
人名索引	374
译后记	389

第一章 导言*

指数随机图模型^① (Exponential Random Graph Models, ERGM 模型) 是一类社会网络统计模型, 可以用于解释网络关系的出现和不出现, 因此为分析网络结构提供了一个模型。一个 ERGM 模型对既定网络建模是依据小的局部关系结构, 如互惠关系或三角关系。社会网络可以被看作是基于这些局部关系模式——“网络构局” (Network Configurations) 来构建的, 这些网络构局对应于模型中的参数。而且, 这些构局可以被认为源于局部社会过程, 在这个过程中, 网络中的行动者形成对应于他们社会环境中的相应关系的各种联系。ERGM 模型是对社会网络建模的一个原则性的统计方法。这些模型是理论驱动的, 因为模型的使用要求研究者考虑复杂的、相互交叉的, 以及事实上为什么社会关系在被观察的网络中出现的潜在的竞争性理论。例如, 一个给定的网络结构出现是由于趋同性过程、互惠性过程、传递性过程, 还是这些过程的组合? 通过把这些参数一并引入一个模型中, 研究人员可以检验这些效应而放弃其他效应, 从而可以推断构建这个网络的社会过程。例如, 作为统计模型, ERGM 模型允许推断, 在我们感兴趣的网络中, 与我们期望相比, 是否有更多显著的 (或更少的) 互惠关系或三角关系。

ERGM 模型正在迅速成为公认的社会网络分析的核心方法之一。在这个简短的介绍性章节中, 我们描述了本书的目的, 结构安

* 作者: 迪安·鲁谢尔、约翰·科斯基宁、加里·罗宾斯。

① 在本书中, 我们采用这个新建的方便术语, 而不是更准确 (但累赘的) 的“指数族随机图模型”。

排，如何阅读，如何获得可用的软件资源，以及我们期望读者在开始正文之前应具备的知识。

第一节 本书的目的

在本书中，我们介绍 ERGM 模型的目的，在某种意义上，是带领读者从相关模型的基本理论假设出发，通过技术设定和统计细节，再到应用实例，来说明各种实质性的研究问题如何进行考查和实证检验。本书有双重目标：一是描述 ERGM 模型；二是展示最近方法论发展如何让我们用新的和强有力的方法来解决社会网络研究问题。本书特定的目标学习者是越来越多的对社会网络统计方法和基于网络的社会过程感兴趣的社会学者。我们的目标是为那些可能不熟悉 ERGM 模型的读者提供对这类模型的一个直观的了解。我们也专注于为那些具备社会网络方法背景且有兴趣更深入地了解建模和估计方法的研究者提供充分的技术细节。我们希望揭示并回答与社会互动过程中的核心问题相关的统计建模方法的价值。

第二节 软件和数据

本书包含数据和软件的文献，这些数据和软件可以下载，读者可以以“动手”的方式重现一些应用。本书的某些章节清晰地使用了 ERGM 模型的 PNET 程序（Wang, Robins 和 Pattison, 2009），我们倾向于对参数和相似的指标采用 PNET 程序术语，但这些术语描述绝不取决于所使用的软件（自然地，只要软件可以处理 ERGM 模型即可）。用于 PNET 和 R 软件包 statnet 的估计算法（Handcock 等, 2003; Handcock 等, 2008），以及 Bergm 的原理（Caimo 和 Friel, 2011）都在第十二章中进行了描述。SIENA 3 可用于 ERGM 模型拟合横截面数据（事实上，PNET 软件的主要部分大量地借鉴了 SIENA 软件），纵向模型可用 RSIENA（或 SIENA 4）来分析。

多元网络、纵向网络和二部图网络模型都可以分别用来自 PNET 软件的配套程序软件 XPNet、LPNet、BPNet 来估计。Autologistic 行动者属性模型需要采用 iPNet 软件。PNet 软件和实用的案例数据可以从网站 (<http://www.sna.unimelb.edu.au>) 上获得。statnet 软件包是在 R 环境下对 ERGM 模型的估计程序,且可以安装在标准的 R 版的 CRAN 上。《统计软件杂志》有专刊对 statnet 软件包进行了介绍 (Hunter 等, 2008), 古德雷奥等 (2008) 的案例研究尤其有帮助。

第三节 本书的结构

本书共分为四篇,大致覆盖了 ERGM 模型的基本原理、理论、方法和应用,第四篇对未来发展方向进行了讨论。我们认为,理论、方法和实证工作基本上是相互交织且相互依赖的。因此,你会注意到第一篇尽管有讨论概念的味道,但仍然是解决方法论的问题,并提供了实证案例,而理论概念则渗透在方法部分。

一 第一篇:基本原理

本书第一篇通过联系社会网络(和社会科学)理论的各个方面、方法背后的思想以及研究问题的实证检验对 ERGM 模型提供了一个直观的介绍。第二章对 ERGM 模型提供了一个非常一般的初步描述,包括一些宽泛的定义和对 ERGM 模型的一些核心要素的讨论。第三章介绍了一些重要的关于社会关系和社会结构形成的更普遍的网络思想,并解释这些思想如何与 ERGM 模型分析相关联。第四章对不熟悉模型的读者直观地介绍一些 ERGM 模型主要的方法论细节,更技术性细节推迟到第二篇关于方法的部分再做介绍。在本篇最后,第五章提供了一个早期的简单应用 ERGM 模型分析网络数据的例子(我们将在第十三章中更详细地探讨这个例子)。在某种意义上,我们使用 ERGM 模型说明了推断的类型和有关网络结构的解释。在进入第二篇更技术性细节之前,本篇的目标

不仅描述了对 ERGM 模型重要的理论问题，而且也使那些第一次接触这种建模方法的读者建立起直觉。

二 第二篇：方法

本书第二篇提出了 ERGM 模型的基本统计分析框架。本书以一个（二元的、一部图）简单的网络观察案例作为参照标准，第六章就是在这样的案例背景下引入 ERGM 模型的技术细节。第七章通过引入依赖图的概念，寻求对 ERGM 模型的更深入理解，进而提出更具体的指数随机图系列模型，这些模型从第八章包括社会选择、二元关系协变量和地理空间效应的模型开始。

第九章涵盖了 Autologistic 行动者属性模型（ALAAMs），这是一个社会影响力模型的版本，针对的是行动者的属性。接下来的章节描述多元网络模型和二部图网络（第十章），以及纵向网络数据（第十一章）。本篇以描述仿真、估计以及拟合优度程序（第十二章），再加上一些例证（第十三章）来结束。

三 第三篇：应用

本书第三篇展示了指数随机图模型如何被实证应用来回答社会网络研究问题。在本篇中，我们对先前提到的每个不同类型的 ERGM 模型都给出一个应用实例。相关章节所阐释的是，使用 ERGM 模型时研究者所涉及的各种可能性、专题和一般参照框架。这些章节是作为独立的案例研究来呈现的，但这些研究合并在一起就覆盖了一整套网络理论问题和建模框架的特点。

在这些章节中，我们想呈现的是，这些模型在关系框架内，为什么和如何可以被用来回答那些新颖的、理论上重要的问题。问题覆盖的领域显示了 ERGM 模型方法的应用广度。例如，鲁谢尔和罗宾斯（第十四章）注意到，在两种不同的情境下，个体被网络中的他者所感知的态度与网络关系的形成是如何有一个独立的联系。在表述中得知，他们是从社会心理学中提炼出理论的。洛米和帕洛蒂（第十五章）检验了各种路径闭合效应，并最终证明病人

在转院过程中结构等价型模式的重要性。赵和兰科（第十六章）检验一个组织内多种类型关系是如何相互关联的。依据各种领导理论，卡利什和卢里亚（第十七章）诠释领导关系是一种关系现象，并证明领导网络是如何不同于许多其他类型的社会网络。达拉甘诺娃和帕蒂森（第十八章）检验了关于空间因素和社会关系对失业影响的相互竞争性假设。五十岚正一（第十九章）在涉及不同交流方法的纵向网络分析中展示了趋同性的重要性。使用二部图网络模型，哈利根和邦德（第二十章）证明了不同形式的资本如何导致不同类型的联系行为。在应用的最后一章中，奎因坦（第二十一章）探讨了自我报告的关系和观察到的关系行为之间的差异。

四 第四篇：未来展望

方法论在不断发展：这本书所提供的绝不是 ERGM 模型知识的终结，在本书的结尾，帕蒂森和斯奈德斯对指数随机图模型研究和方法的未来发展作了展望。

第四节 如何阅读这本书

我们认为，对所有读者而言，一页接一页阅读未必是学习本书的最好方法。统计知识不足的读者可以从第一篇基本原理开始，这些章节提供了 ERGM 模型的一般基础。然后，ERGM 模型基础方法的介绍（第六章）是重要的，如果需要的话，稍后再来阅读。在进入第三篇应用和第四篇未来展望的相关章节之前，第二篇方法中的社会选择模型（第八章）和解释说明章（第十三章）必须要阅读。

然而，一些读者可能想从统计模型的观点了解 ERGM 模型。因此，他们可能想直接跳转到方法篇，特别是第六章和第七章，然后按照他们的习惯自然进入第十二章，最后返回到第一篇的概念问题。

对于一些兴趣主要在于实证拟合模型的读者而言，关于依赖性