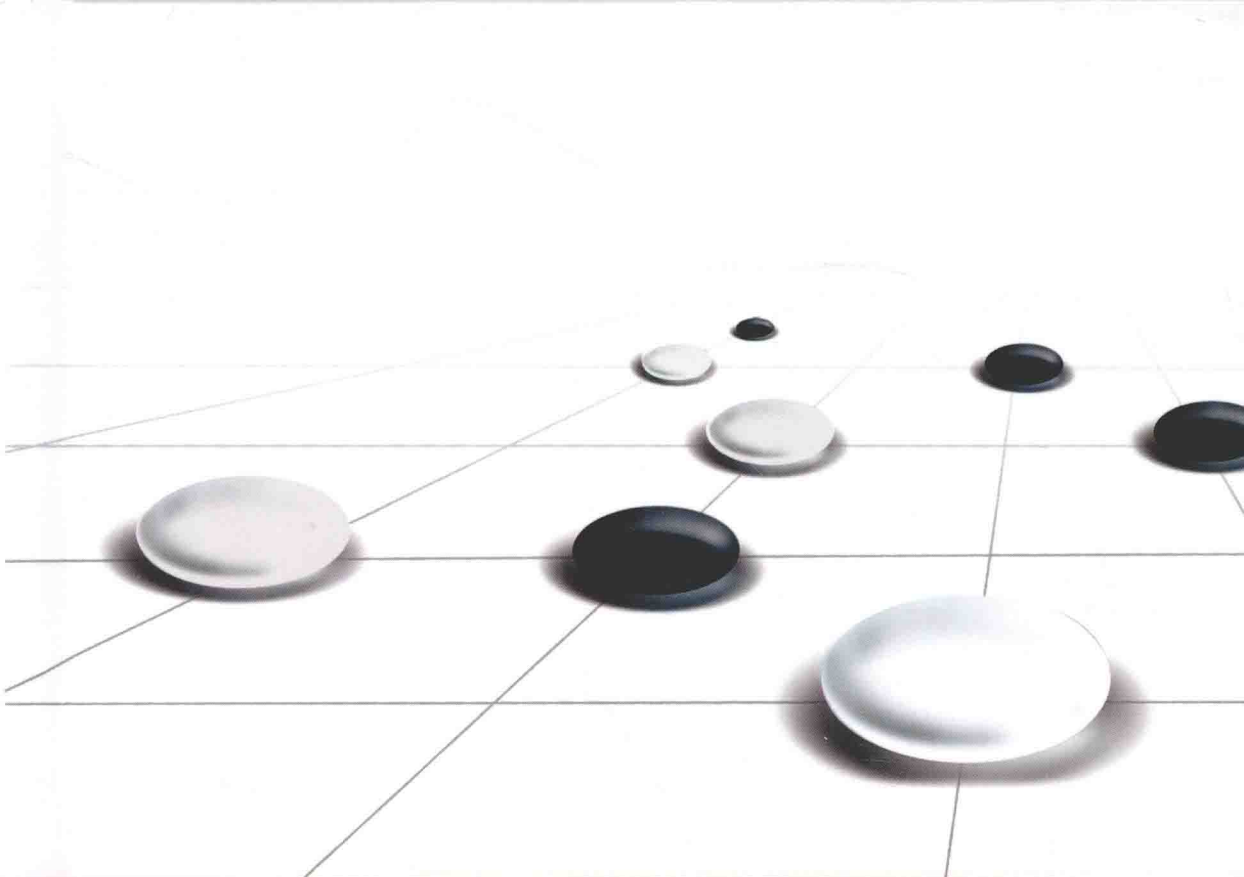




Parrondo 博弈

——输的组合会赢

谢能刚 王璐 叶晔 著



科学出版社

Parrondo 博弈 ——输的组合会赢

谢能刚 王璐 叶晔 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

Parrondo 博弈能够产生“输+输=赢”的反直觉现象,本书从模型、方法和应用三个维度对 Parrondo 博弈及其悖论效应进行了研究。全书共分 7 章,主要包括 Parrondo 博弈的“搅动机制”和“棘轮效应”、群体 Parrondo 博弈及投票悖论、网络 Parrondo 博弈及网络演化的适应性、Parrondo 博弈中具有吸收壁的随机游走问题、量子 Parrondo 博弈及初值效应等内容。

本书可供从事博弈论及社会计算、概率论与数理统计等领域相关的科研人员、研究生与高年级本科生等阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

Parrondo 博弈:输的组合会赢/谢能刚,王璐,叶晔著. —北京:科学出版社, 2016.9

ISBN 978-7-03-049960-8

I. ①P… II. ①谢… ②王… ③叶… III. ①博弈论 IV. ①O225

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016) 第 225693 号

责任编辑:钱 俊/责任校对:张凤琴
责任印制:张 伟/封面设计:铭轩堂设计

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京京华虎彩印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016 年 9 月第 一 版 开本:720×1000 1/16

2016 年 9 月第一次印刷 印张:14 3/4 插页:6

字数:300 000

定价:88.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

2007 年，一个偶然的机会接触到 Parrondo 博弈，其“输的组合会赢”的反直觉现象让我们惊奇，随着对该领域经典论文的反复阅读和方法机理的仔细揣摩，深深地被其简单优美的数学形式和丰富深刻的哲学思想所吸引。八年来，我们在其中浸润和徜徉，努力过，彷徨过，挣扎过，放弃过，然后一切都归入了这本书。

全书共 7 章，核心内容为群体 Parrondo 博弈、网络 Parrondo 博弈和量子 Parrondo 博弈，分析了投票悖论、网络演化的适应性、随机游走和初值效应等 Parrondo 博弈中新的有趣现象，首次基于 Parrondo 博弈模型分析竞合行为的适应性，阐述了生物进化过程中的“搅动机制”和“棘轮效应”。

作者的众多研究生也参与了此项工作：陈云硕士、汪超硕士和李银凤硕士参与了第 2 章的研究和撰写工作；郭佳肄硕士参与了第 3 章的研究和撰写工作；王林刚硕士和许刚硕士参与了第 4 章的研究和撰写工作；杨柳硕士参与了第 5 章的研究和撰写工作；朱勇飞硕士参与了第 6 章的研究和撰写工作。在此一并表示感谢！

阅读本书需要一点博弈论、概率论和数理统计、量子理论及复杂网络方面的背景知识。鉴于作者水平所限，书中难免有疏漏之处，希望方家斧正。同时，本书的内容体系是开放的以及可延拓的，祝愿各位读者能从其中发现属于自己的圆石头和漂亮贝壳。

感谢国家自然科学基金 (项目编号: 61375068)、教育部人文社科基金 (项目编号: 13YJAZH106、15YJCZH210) 和安徽省高校省学术技术带头人培养项目对本书相关研究的资助。

作 者

2016 年 3 月

彩图

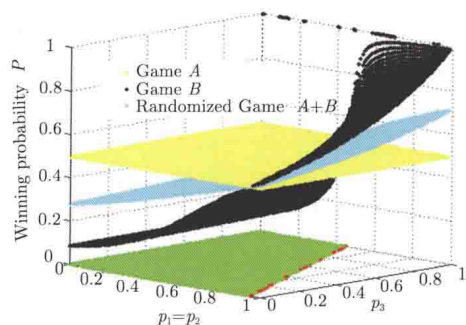
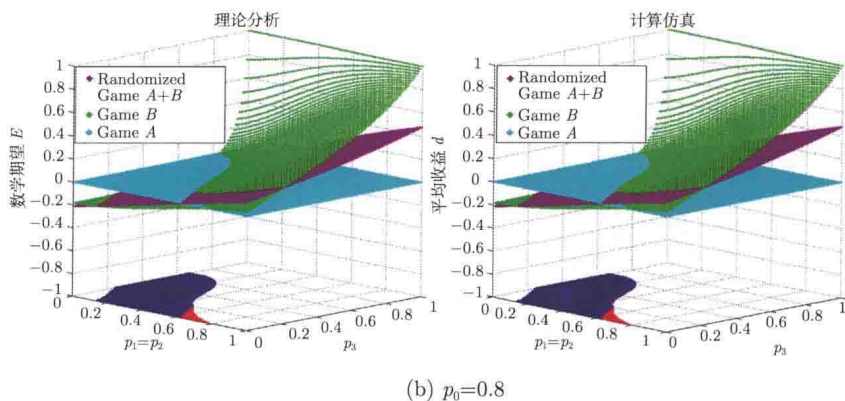
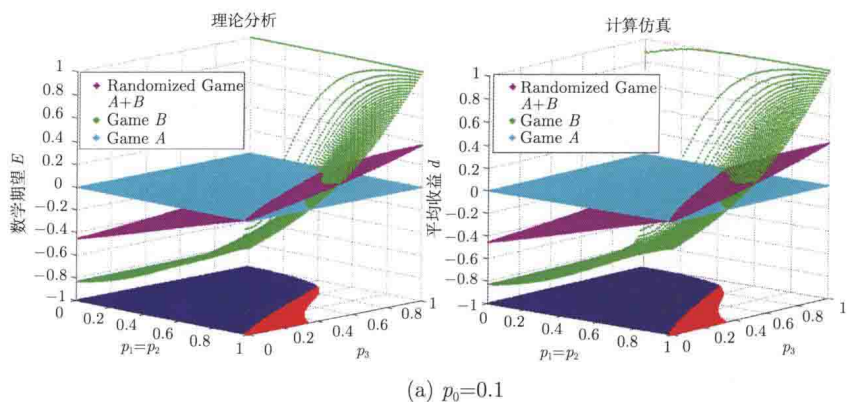


图 2.2 基于平均场方法的理论结果 ($p_0 = 0.1$, 图中绿色区域为弱 Parrondo 悖论成立空间, 红色区域为强 Parrondo 悖论成立空间)



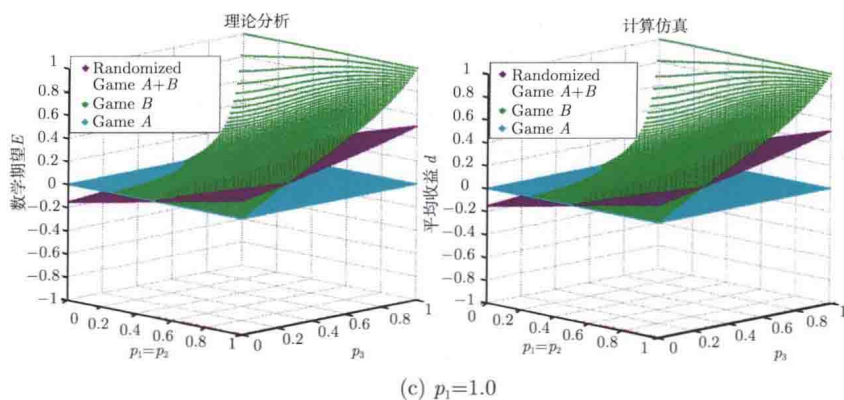


图 2.3 游戏结果的对比 (其中随机 $A+B$ 博弈中玩 A 博弈的概率 γ 为 0.5。坐标平面中蓝色区域表示弱Parrondo悖论成立的参数空间, 红色区域表示强Parrondo悖论成立的参数空间)

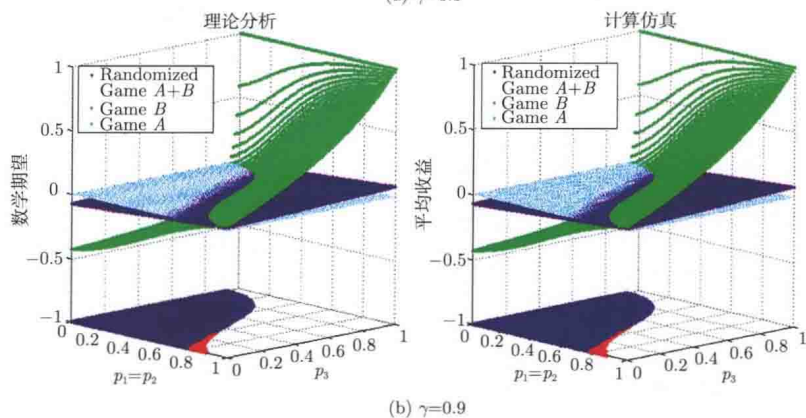
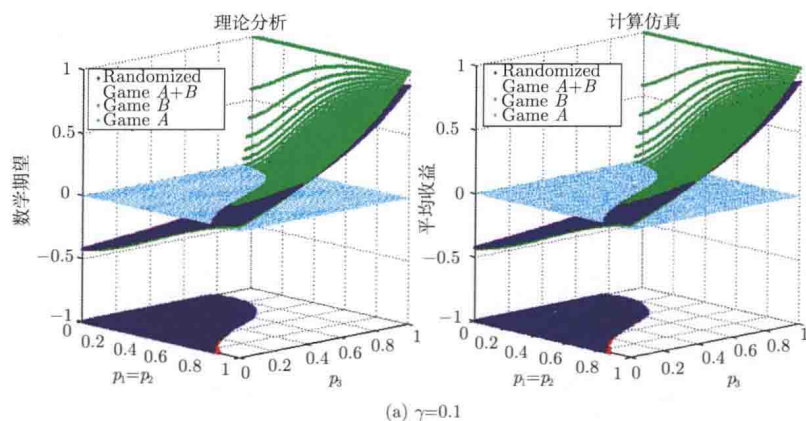


图 2.4 $p_0=0.5$ 时的游戏结果 (坐标平面中蓝色区域表示弱 Parrondo 悖论成立的参数空间, 红色区域表示强 Parrondo 悖论成立的参数空间)

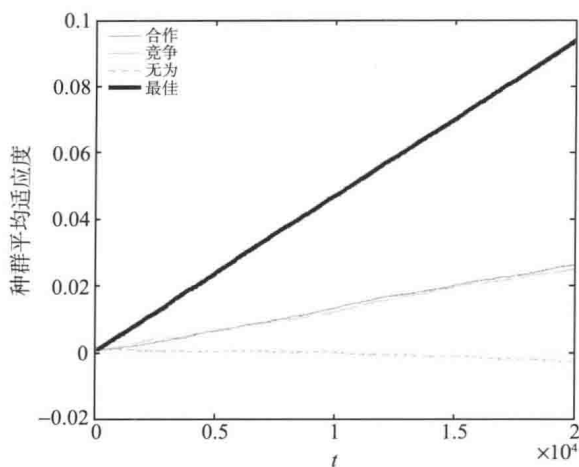


图 3.2 种群平均适应度 $\bar{d}(t)$ 的变化情况 (随机玩 $A+B$ 博弈)

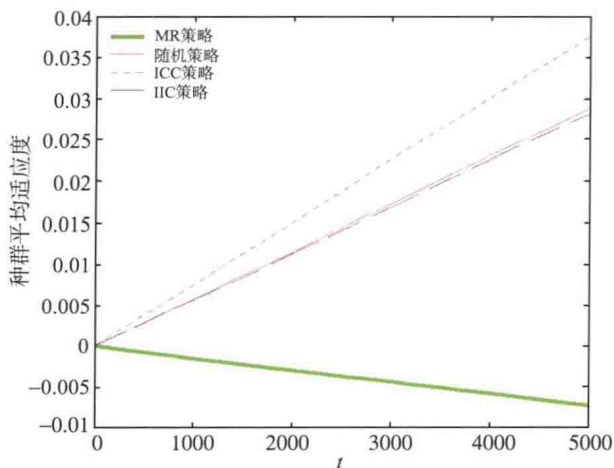


图 3.4 不同行为策略的种群适应度 $\bar{d}(t)$ 的变化图 (博弈时间 $T=5000$, 种群规模 $N=100$, 随机选择玩 A 博弈的概率 $\gamma=0.5$ 。 B 博弈的参数 $p_1 = 0.9 - \varepsilon$, $p_2 = 0.75 - \varepsilon$, $\varepsilon = 0.005$ 。游戏样本数为 100)

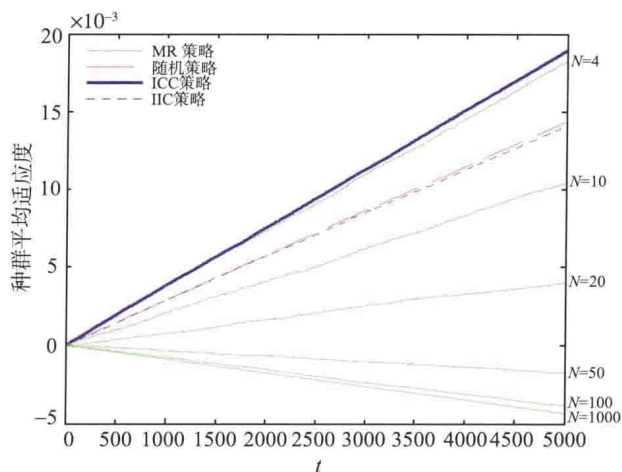


图 3.7 种群平均适应度 $\bar{d}(t)$ 计算结果 (针对 MR 策略, 群体规模 $N=4, 10, 20, 50, 100$ 和 1000。对于随机和周期策略来说, 结果不依赖于种群规模)

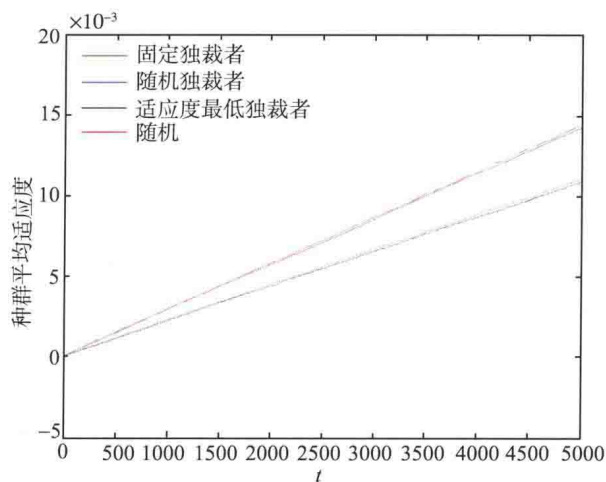
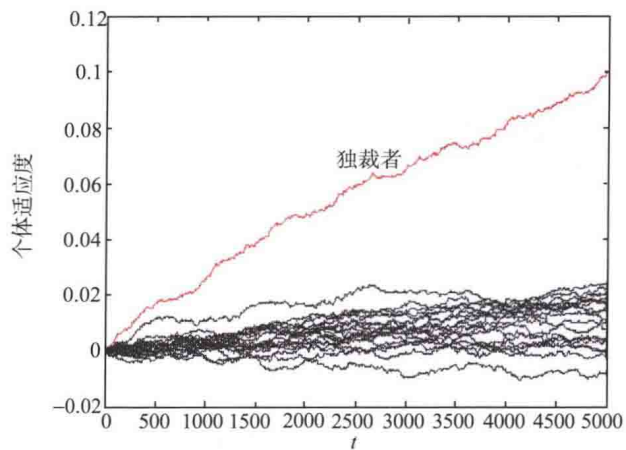
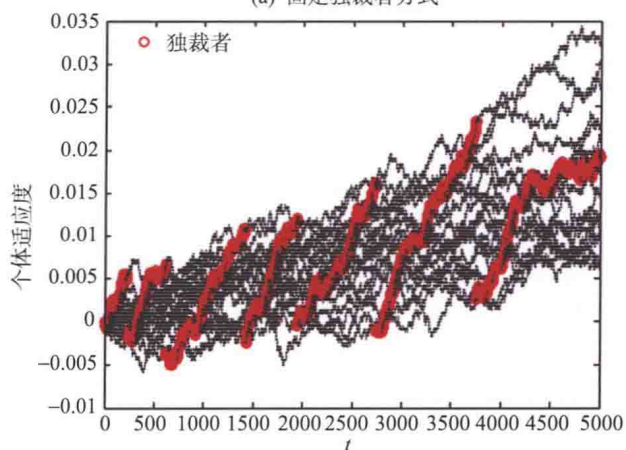


图 3.11 独裁者方式的种群平均适应度 $\bar{d}(t)$ 的变化图 (群体规模 $N=100$ 。为了对比, 图中还显示了图 3.4 中随机策略的计算结果)



(a) 固定独裁者方式



(b) 扶弱方式选择独裁者 (独裁者不固定, 由适应度最低的个体作为独裁者, 直至他成为适应度最高者后再重新挑选另外一个适应度最低的个体取代上个独裁者)

图 3.12 独裁者和“公民”的适应度变化图 (20 个参与者, 19 个公民和一个独裁者)

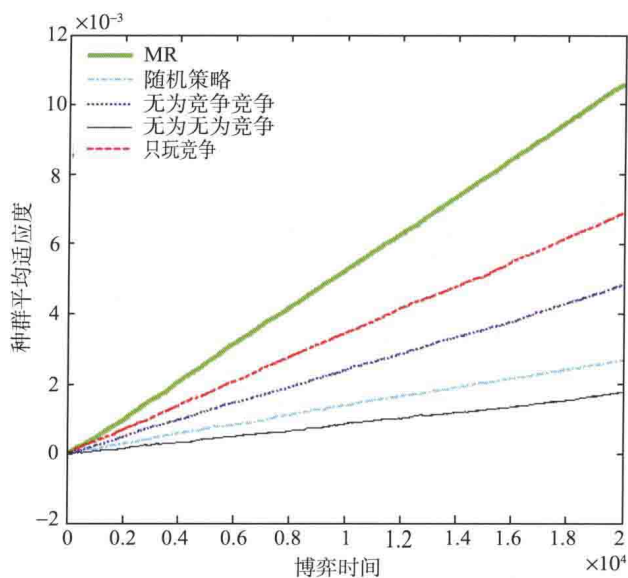


图 3.15 同步游戏的种群适应度 $\bar{d}(t)$ 的变化图 (随机玩 $A+B$ 游戏, 其中选择玩 A 游戏的概率 $\gamma=0.5$)

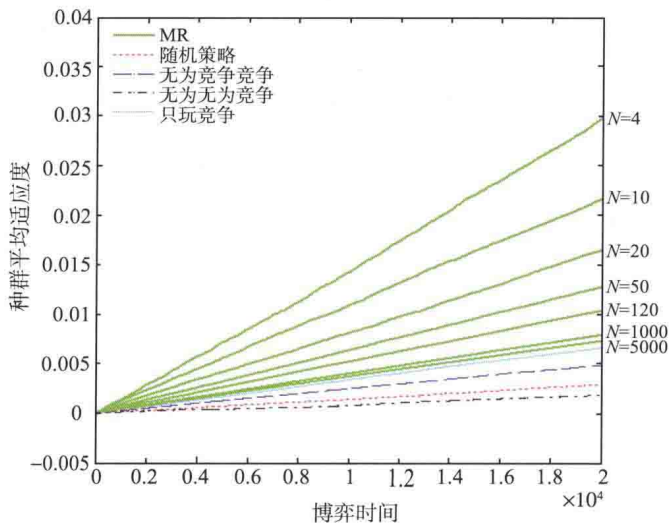


图 3.17 $N=4, 10, 20, 50, 120, 1000$ 和 5000 时的种群平均适应度 $\bar{d}(t)$ 仿真图 (随机玩 $A+B$ 博弈, 其中选择玩 A 博弈的概率 $\gamma=0.5$ 。对于随机和周期策略来说, 结果不依赖于种群规模)

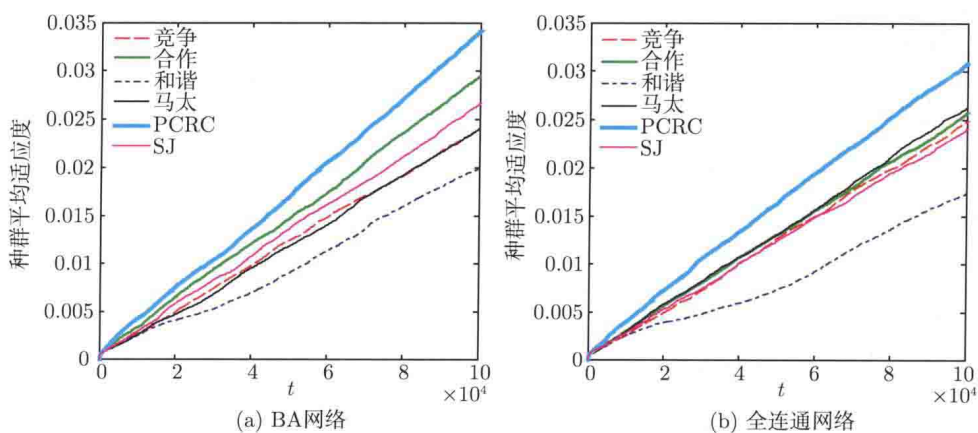
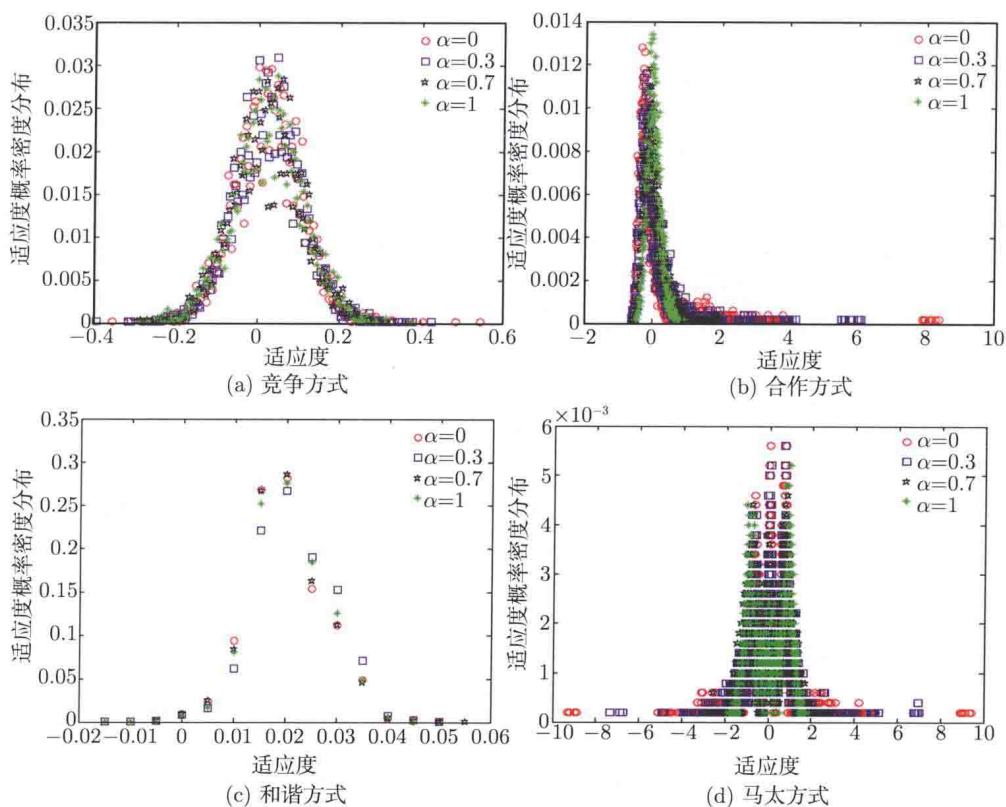


图 4.4 游戏过程中种群平均适应度 $\bar{d}(t)$ 变化情况



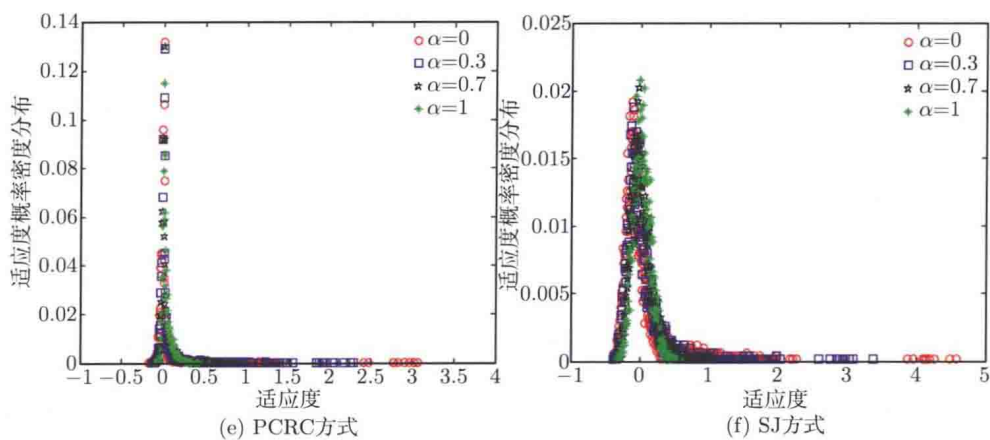


图 4.11 网络异质性 α 对个体适应度分布情况的影响

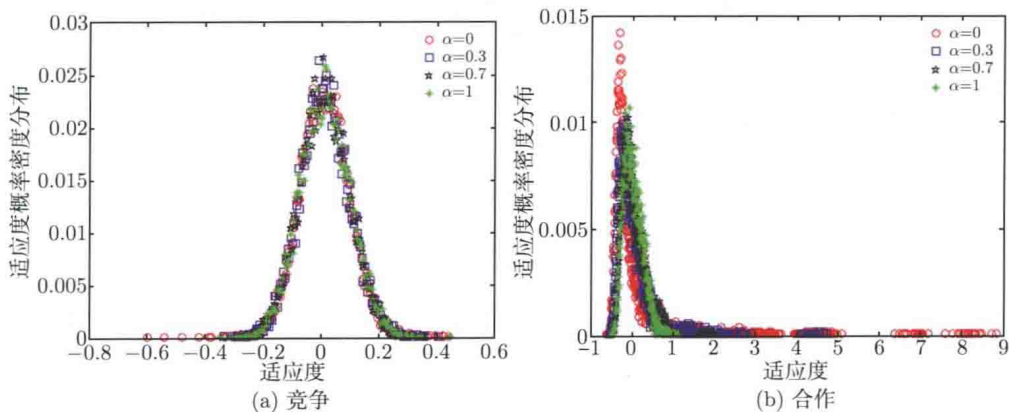


图 4.16 网络异质性 α 对种群中个体适应度分布情况的影响

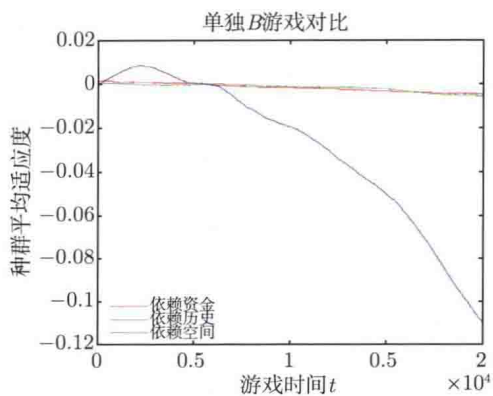


图 4.18 单玩 B 博弈时种群平均适应度 $\bar{d}(t)$ 变化情况

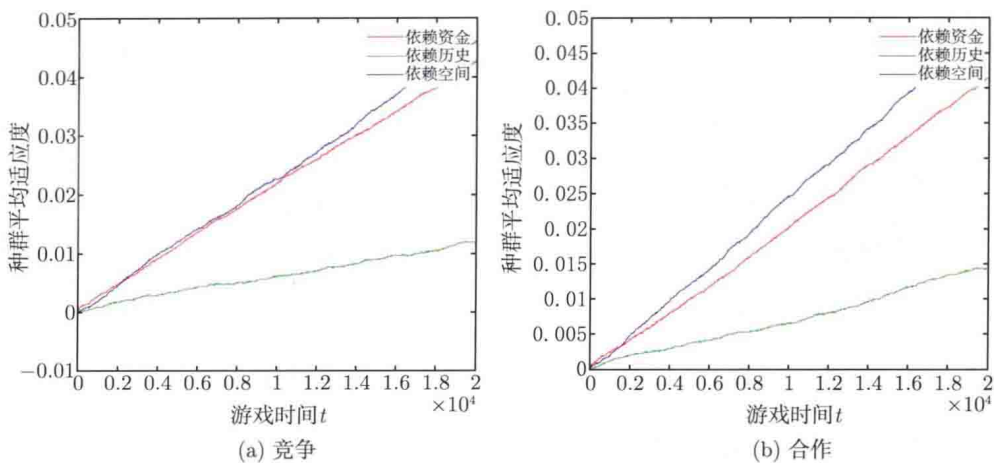


图 4.19 基于群体 Parrondo 博弈模型的种群平均适应度变化情况
(随机 $A+B$ 博弈)

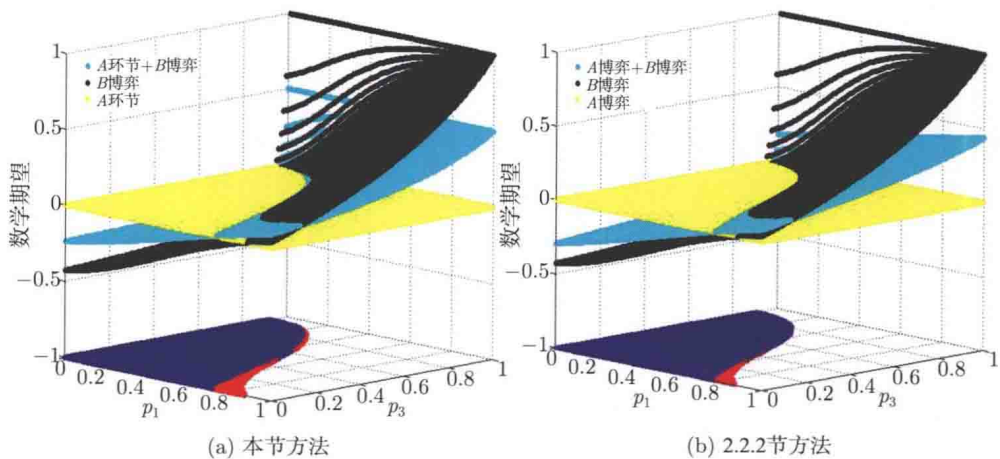


图 4.25 理论分析结果对比 (图 (a), 随机玩 A 环节的概率 γ 为 0.5。图 (b), 随机玩 A 博弈的概率 γ 为 0.5。 B 博弈的参数 $p_0=0.5$ 。图中蓝色为弱 Parrondo 悖论成立的参数空间, 红色为强 Parrondo 悖论成立的参数空间)

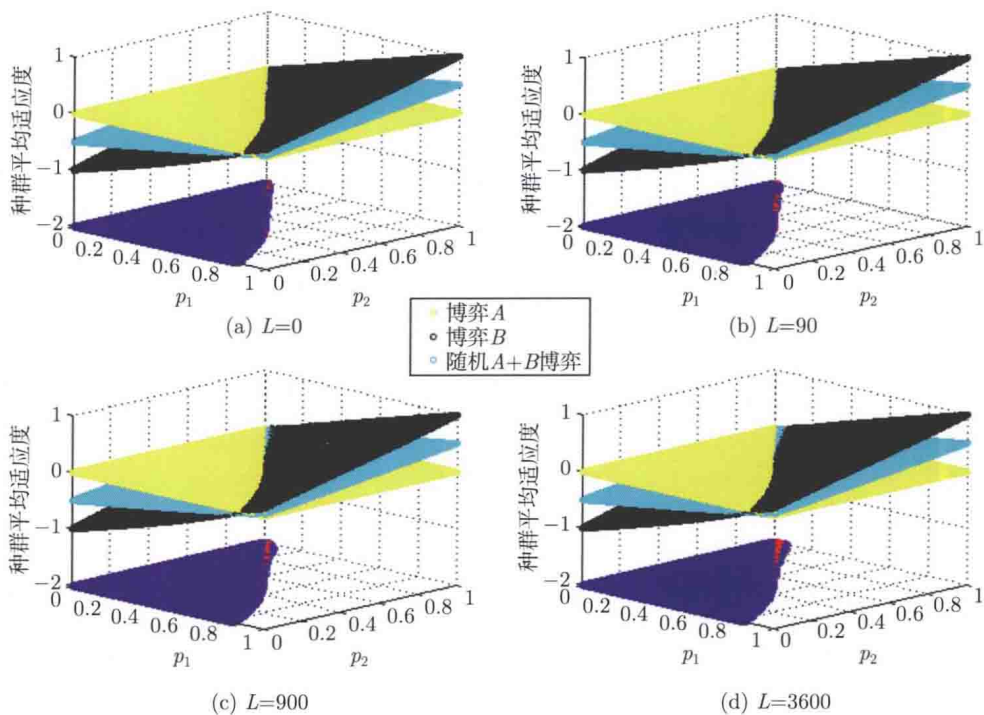


图 4.30 从二维格子网络到随机网络的计算仿真结果 (种群规模 N 取 900, 网络平均度为 4, 个体平均游戏次数 n 取 100, 玩游戏 A 的概率 $\gamma=0.5$ 。采用不同随机数重复玩 30 次游戏, 以 30 次游戏结果的平均值作图。蓝色区域为弱 Parrondo 悖论成立的参数空间, 红色区域为强 Parrondo 悖论成立的参数空间。图 (a)、(b)、(c) 和 (d) 分别对应断边重连次数 $L=0, 90, 900$ 和 3600 的网络)

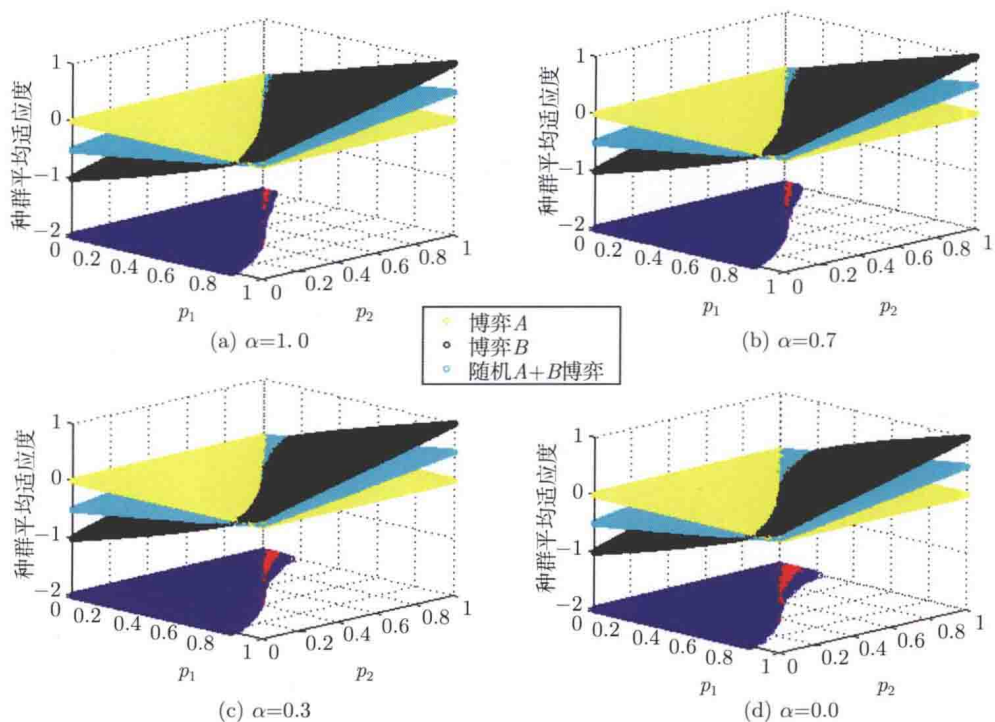


图 4.31 从随机网络到无标度网络的计算仿真结果 (种群规模 N 取 900, 网络平均度为 4, 个体平均游戏次数 n 取 100, 玩游戏 A 的概率 $\gamma=0.5$ 。采用不同随机数重复玩 30 次游戏, 以 30 次游戏结果的平均值作图。蓝色区域为弱 Parrondo 悖论成立的参数空间, 红色区域为强 Parrondo 悖论成立的参数空间。图 (a)、(b)、(c) 和 (d) 分别对应参数 $\alpha=1.0, 0.7, 0.3$ 和 0.0 的网络)

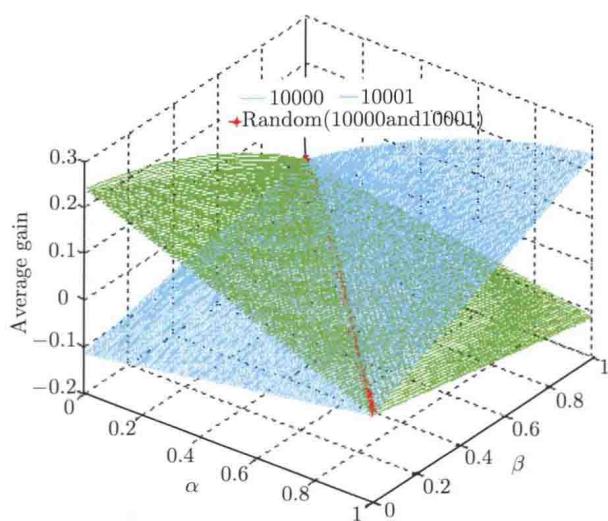


图 6.3 游戏的次序性与游戏结果确定性的关系
 $(M = 4, p = 1/2 - e, p_1 = 1/28 - e, p_2 = 3/4 - e, e = 0.005)$

目 录

第 1 章 Parrondo 博弈的结构形式及悖论效应	1
1.1 引言	1
1.2 Parrondo 博弈的最初结构版本及悖论效应	1
1.2.1 Parrondo 博弈模型的最初版本	1
1.2.2 计算机仿真模拟	2
1.2.3 基于脉冲式布朗棘轮的映射比较	3
1.2.4 基于离散马尔可夫链的理论分析	4
1.2.5 悖论成立的参数空间	8
1.3 与历史相关的 Parrondo 博弈结构及悖论效应	8
1.3.1 与历史相关的 B 博弈结构	8
1.3.2 基于离散马尔可夫链的理论分析	9
1.3.3 两个与历史相关的博弈结构与悖论效应	11
1.4 三个博弈构成的 Parrondo 博弈版本与悖论效应	11
1.4.1 三个博弈构成的 Parrondo 博弈版本	11
1.4.2 C 博弈的理论分析	12
1.4.3 交替玩博弈 ABC 的理论分析	13
1.4.4 交替玩博弈 ABC 的悖论空间	16
1.4.5 交替玩博弈 ABC 的仿真计算	17
1.5 本章小结	17
本章参考文献	18
第 2 章 群体 Parrondo 博弈及悖论效应	20
2.1 引言	20
2.2 基于一维环状空间的群体 Parrondo 博弈模型	21
2.2.1 基于平均场方法的理论分析	22
2.2.2 基于离散马尔可夫链的理论分析	23
2.2.3 计算结果与分析	29
2.3 基于系统降维的离散马氏链理论分析方法	31
2.3.1 $N = 4$ 时的博弈分析	32
2.3.2 $N = 5$ 时的博弈分析	35
2.3.3 $N = 6$ 时的博弈分析	37