



随机系统分析与控制专题简介

张维海^{1*}, 解学军²

1. 山东科技大学, 青岛 266590

2. 曲阜师范大学, 曲阜 273165

* 通信作者. E-mail: w_hzhang@163.com

随机控制理论在处理控制系统噪声、优化系统性能和增强鲁棒性等方面发挥关键作用, 是现代控制理论中的重要研究领域之一. 近年来, 随机控制理论和应用虽有显著进步, 但依然面临众多新的、具有挑战性的问题. 这些问题包括高阶和低阶非线性特性、输出约束的随机系统的稳定化问题、平均场随机系统最优策略的部分无模型或完全无模型的智能算法设计问题, 以及针对道路交通拥堵的随机网络控制策略问题等. 为了展示这些问题的最新研究进展, *SCIENCE CHINA Information Sciences* 在 2024 年 67 卷第 4 期组织并出版了“随机系统分析与控制专题” (Special Topic: Analysis and Control of Stochastic Systems), 深入地探讨了随机系统基础理论与应用领域的研究现状及其创新成果.

经过仔细评审, 本专题录用 4 篇文章, 其中包含 2 篇论文与 2 篇科技短文. 我们将这些新的研究成果呈现给读者, 期望通过此举推动该领域的研究进入新的阶段.

Xie 等的文章 “Fixed-time stabilization of output-constrained stochastic high-order nonlinear systems” 研究了针对具有高阶和低阶非线性特性、输出约束的随机高阶非线性系统的固定时间状态反馈控制器设计问题. 为了解决这一问题, 该研究采用了一种创新的坐标变换方法, 将输出约束的随机高阶非线性系统有效地转化为等效的无约束系统. 然后, 通过充分挖掘系统的非线性特性, 并应用随机固定时间稳定性定理, 成功地构建了一个状态反馈镇定器. 这一镇定器不仅确保了闭环系统的状态稳定, 而且在满足预设的输出约束条件下, 具有随机固定时间稳定性. 这一研究为处理具有高阶和低阶非线性特性、输出约束的随机系统提供了一种创新的控制器设计方法, 具有重要的理论和应用价值.

Jiang 等的文章 “Online Pareto optimal control of mean-field stochastic multi-player systems using policy iteration” 针对具有多个玩家和多个目标的平均场随机系统 (MFSSs), 提出了一种新颖的在线策略迭代 (PI) 算法, 用于解决合作 Pareto 最优控制策略的智能算法设计问题. 研究结果显示, 即使在不了解完整系统矩阵信息的情况下, 也能有效地解决耦合的广义代数 Riccati 方程

(GAREs), 并对算法进行了深入的收敛性分析. 此外, 所设计的强化学习 PI 算法实现部分, 将对称矩阵值方程转换为矢量值方程之后, 运用 H 表示技术有效消除了方程中的冗余元素. 为了验证算法的有效性, 作者进一步在多接入边缘计算网络 (MECNs) 中, 对一个改进的最优计算卸载控制问题进行了仿真验证, 结果证实了 PI 方法的有效性. 最后, 文章总结并指出了进一步的研究方向, 可以深入探索适用于不同类型系统 (如离散时间随机系统和随机切换系统等) 的更为通用的无模型方法.

Wang 等的文章 “An online value iteration method for linear-quadratic mean field social control with unknown dynamics” 研究针对具有随机遍历成本函数的平均场线性二次社会控制问题, 开发了一个在线值迭代 (VI) 算法. 研究首先通过采用完全平方技术, 得到了依赖于两个代数 Riccati 方程 (AREs) 的社会最优控制律. 研究分为两个主要步骤: 首先引入一个需要系统所有参数的离线 VI 算法, 然后设计了一种在线无模型学习 VI 算法, 这些算法只需要已知系统轨迹信息. 通过使用鲁棒的 VI 学习算法迭代所需的向量序列, 研究得到了两个 AREs 的解, 从而获得最优控制律. 此外, 通过应用逆 Lyapunov 定理, 证明了在线算法的收敛性.

Zhong 等的文章 “Hybrid stochastic control strategy by two-layer networks for dissipating urban traffic congestion” 致力于解决交通拥堵问题, 特别关注拥堵条件与信息传播之间的耦合关系, 并构建了一个随机异质交通拥堵控制模型. 为了管理拥堵, 研究引入了混合控制策略, 将社交网络作为主要的控制策略, 并引入了 3 个控制参数来传播拥堵信息. 此研究从内部指导和外部干预的角度为道路交通拥堵提出了随机网络控制策略. 通过 3 个步骤: 建立受控模型、理论分析控制效果和进行模拟实验, 从理论和模拟的角度验证了信息指导和随机指导的有效性, 为解决交通拥堵问题提供了新的途径.

我们对所有审稿人及时和专业的评审工作表示谢意. 同时, 我们对编辑部各位老师们在征稿通知发布、论文评审、修改、定稿及出版的过程中所付出的辛勤工作表示谢意.

引用格式: 张维海, 解学军. 随机系统分析与控制专题简介. 中国科学: 信息科学, 2024, 54: 988, doi: 10.1360/SSI-2024-0104