

线性离散时间系统 H_∞ 控制的极小极大 Q -学习设计

李新兴¹, 奚乐乐^{2,3}, 查文中¹, 彭志红²

¹中国电子科技集团公司信息科学研究院, 中国北京市, 100086

²北京理工大学自动化学院, 中国北京市, 100081

³鹏城实验室, 中国深圳市, 518052

摘要: H_∞ 控制是一种消除系统扰动的有效方式, 但是由于需要求解非线性哈密顿—雅克比—伊萨克斯方程, H_∞ 控制器往往很难得到, 即便对于线性系统。本文考虑了线性离散时间系统的 H_∞ 控制器设计问题。为求解涉及的博弈代数黎卡提方程, 在离线策略算法基础上提出一种新型无模型极小极大 Q -学习算法, 并证明离线策略迭代算法是求解博弈代数黎卡提方程的牛顿法。提出的极小极大 Q -学习算法采用离轨策略强化学习技术, 利用行为策略产生的系统状态数据, 可实现对最优控制器和最佳干扰策略的在线学习。不同于当前 Q -学习算法, 本文提出一种基于梯度的策略提高方法。证明在一定持续激励条件下, 对于初始可行的控制策略并结合合适学习率, 提出的极小极大 Q -学习算法可收敛到鞍点策略。此外, 算法收敛所需的持续激励条件可通过选择包含一定噪声激励的合适行为策略实现, 且不会引起任何激励噪声偏差。将提出的极小极大 Q -学习算法用于受负载扰动的电力系统 H_∞ 负载频率控制器设计, 仿真结果表明, 最终得到的 H_∞ 负载频率控制器具有良好抗干扰性能。

关键词: H_∞ 控制; 零和动态博弈; 强化学习; 自适应动态规划; 极小极大 Q -学习; 策略迭代

<https://doi.org/10.1631/FITEE.2000446>