自然科学奖推荐号：120-233

项目名称	离散事件系统故障诊断方法研究
提名单位	河北省教育厅
项目简介	本项目属于信息科学与系统科学一级学科下的控制理论二级学科的前沿性基础研究。 离散事件系统（DES）是由异步、突发事件驱动状态演化的一类动态系统，现实中的大部分人造系统，如自动制造系统、交通运输系统、信息物理系统等在逻辑层面上通常可以纳入 DES 进行研究。随着系统规模和复杂程度的提升，故障发生的可能性也随之增加，严重威胁着系统安全稳定运行。在过去的几十年里，DES 故障诊断问题得到了学术界和工程界的共同关注。然而，现有 DES 故障诊断方法由于无法避免遍历状态空间导致计算复杂度过高，难以满足大规模复杂系统的实际需求。因此，提出具有低计算复杂度的新型 DES 故障诊断方法具有十分重要的理论和现实意义。 本项目紧密围绕“如何降低 DES 故障诊断方法的计算复杂度”这个关键科学问题，创造性地提出了可用于 DES 故障诊断的状态空间压缩方法，并在此基础上提出了具有较低计算复杂度的新型故障诊断方法，有效解决了传统 DES 故障诊断方法计算复杂度过高问题，为促进理论成果走向实际应用奠定了理论基础。 本项目重要科学发现及创新点： 1、提出适用于 DES 故障诊断问题的状态空间压缩方法。首次利用模型结构特征与状态方程结合的思路，将模型中各非循环子网络中的可达状态融合后得到基状态集合，实现初始状态空间的大幅压缩。从理论上证明压缩后的状态空间保留了与故障诊断有关的全部信息，从而为提出具有低计算复杂度的新型故障诊断方法奠定理论基础。 2、提出具有较低计算复杂度的故障诊断器设计方法。以所提出的形式化模型和压缩状态空间为基础，首次提出了无需遍历状态空间的 DES 故障诊断器设计方法。同时，进一步阐明了信息非完备性等复杂因素对故障诊断结果的影响，有效提高了故障诊断结果的可靠性。 3、提出故障可诊断性验证及优化方法。提出判断系统是否具有可诊断性的充要条件，从理论上揭示了 DES 不具有故障可诊断性的原因，进而有针对性地利用系统配置优化、监控器综合等手段得到可诊断性优化方法，并考虑到优化方法的成本因素，得到优化效果和成本之间的平衡点。 4、提出 DES 故障诊断问题的全要素形式化建模方法。基于 Petri 网和自动机等建模方法对系统完整逻辑结构进行刻画，利用模型中事件的可控可观性等元素描述系统配置情况，同时考虑了隐性事件故障和运行状态故障等几类常见的逻辑故障，从而为本项目研究提供模型框架基础。 依托本项目，共发表 SCI 收录论文 80 余篇。提供的代表论文发表在 IEEE TAC、IEEE/CAA JAS 等权威期刊上，得到了包括 A. Giua 教授、M. Zhou 教授、李少远教授、李志武教授等国内外知名学者的正面引用，总他引次数 110 余次。依托本项目成果，第一完成人入选河北省高等学校青年拔尖人才，先后获得国家自然科学基金、河北省自然科学基金、河北省引进留学回国人员资助等项目支持。

代表性论文专著目录

1. Codiagnosability analysis of bounded Petri nets. IEEE Transactions on Automatic Control, 2018, 63(4): 1192-1199.
2. Enforcement of diagnosability in labeled Petri nets via optimal sensor selection. IEEE Transactions on Automatic Control, 2019, 64(7): 2997-3004.
3. An improved approach to test diagnosability of bounded Petri nets, IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica, 2017, 4(2): 297-303.
4. Fault diagnosis for discrete event systems modeled by bounded Petri nets. Asian Journal of Control, 2017, 19(4): 1532-1541.
5. Supervisor synthesis for enforcing linear constraints on a class of Petri nets with unobservable transitions. IMA Journal of Mathematical Control and Information, 2017, 34(2): 565-577.

主要完成人情况表（排名、姓名、技术职称、工作单位、对本项目技术创造性贡献、曾获奖励情况）

排名	姓名	技术职称	工作单位	完成单位	贡献	曾获奖情况
1	冉宁	副教授	河北大学	河北大学	项目负责人，也是支撑本项目开展科学研究的计划项目负责人，提出了项目学术思想，全面负责本项目的组织和实施，对四个重要科学发现点均做出了创造性贡献，是 5 篇代表性论文的第一作者。	保定市科技进步三等奖，排名第一
2	王寿光	教授	浙江工商大学	浙江工商大学	提出离散事件系统常见故障的描述方法和诊断器设计方法，对重要科学发现点 2 和 4 做出贡献。协助完成了相关研究的验证工作，参与了部分算法验证以及研究结果的讨论，是代表性论文 4 和 5 的通讯作者，也是代表性论文 3 的共同作者。	无
3	苏宏业	教授	浙江大学	浙江大学	提出模型分解方法和可诊断性验证方法，对科学发现点 1 和 3 做出贡献，是代表性论文 1 的通讯作者，也是代表性论文 3、4、5 的共同作者。	中国标准创新贡献奖（标准项目奖）一等奖，排名第一； 教育部自然科学奖一等奖，排名第一； 国家科学技术进步奖二等奖，排名第三。

完成人合作关系说明

第一完成人冉宁是本项目负责人。王寿光与冉宁长期合作从事离散事件系统故障诊断方面的科学研究，与冉宁共同发表了包括代表性论著 3、4、5 在内的多篇论文。苏宏业是冉宁的博士导师，与冉宁共同发表了包括代表性论著 1、3、4、5 在内的多篇论文。

完成人合作关系情况汇总表					
序号	合作方式	合作者/项目排名	合作时间	合作成果	备注
1	论文合著	冉宁/第一完成人 苏宏业/第三完成人	2013-2023	**论文** Codiagnosability analysis of bounded Petri nets. IEEE Transactions on Automatic Control, 2018, 63(4): 1192-1199.	代表性论著1
2	论文合著	冉宁/第一完成人 王寿光/第二完成人 苏宏业/第三完成人	2013-2023	**论文** An improved approach to test diagnosability of bounded Petri nets, IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica, 2017, 4(2): 297-303. **论文** Fault diagnosis for discrete event systems modeled by bounded Petri nets. Asian Journal of Control, 2017, 19(4): 1532–1541. **论文** Supervisor synthesis for enforcing linear constraints on a class of Petri nets with unobservable transitions. IMA Journal of Mathematical Control and Information, 2017, 34(2): 565-577.	代表性论著3、4、5

注：所填报内容必须与推荐书中提交的完全一致，否则责任自负，可自行调整行间距。