

项目情况简介（省科技进步奖）

1、项目名称：复杂可信软件多目标智能测试关键技术及应用

2、主要完成人：孙家泽，王小银，王曙燕，谢继刚、韩建国，王春梅，董富强

3、提名单位

陕西省教育厅

4、提名意见

软件产业作为国家基础性和战略性产业，西安邮电大学可信软件研究组与联通西部创新研究院有限公司和西安鹏迪信息科技有限公司联合攻关，开展复杂可信软件多目标智能测试技术创新和产业推广应用，为提升我国复杂软件的可信性做出贡献，是产学研合作驱动创新的成功范例，在软件测试届引起较好反响和广泛认同。

该项目成果材料齐全、规范，无知识产权纠纷，人员排序无争议。

提名该项目为陕西省科学技术进步奖 三等奖。

5、项目简介

为解决复杂可信软件测试面临的程序软件退化、并发交织覆盖难、数据竞争检测难和回归测试优化等瓶颈问题，考虑负责软件测试的多样化需求，基于多目标群体优化算法，本项目首先基于度量特征和神经网络算法对代码坏味进行检测去除，同时基于群体智能算法进行多目标模块聚类，得到代码优良结构清晰的测试对象；然后采用共享变量访问次数为概率的噪声注入策略，同时采用基于佳点集方法的多目标群体智能算法生成最优噪声注入方案，提高并发缺陷测试效率；接着从指令级和代码级两个粒度，采用集成学习的随机森林和 Adaboost 算法进行数据竞争故障的检测，同时进行程序谱错误定位，实现故障定位的精确化；最后在回归测试中，软件演化部分采用群体智能的天牛须搜索算法扩增测试用例集，软件遗产部分采用基于图的测试用例优先排序和基于上位的粒子群优化的多目标智能测试用例优先排序，提高复杂可信软件测试的效率。成果为复杂可信软件提供了一个高校的多目智能测试方法，在多家公司进行应用推广，取得良好的经济效益和社会效益。

6、客观评价

2022 年 4 月 18 日，陕西省科技厅组织有关专家，对西安邮电大学承担的陕西省科技计划项目“多线程程序并发故障智能测试关键技术研究（项目编号：2020GY-010）”进行了验收。验收委员会审阅了项目组提交的有关资料，通过课题验收。2020 年 6 月 18 日，陕西省科技厅组织有关专家，对西安邮电大学承担的陕西省科技计划项目“基于云理论和灰色模型的可信软件可靠性评估关键技术研究（项目编号：2017GY-092）”进行了验收。2022 年 4 月 13 日，西安市科学技术局组织专家对西安邮电大学承担的西安市科技计划一高校人才服务企业项目“基于群体智能的多目标软件测试优化关键技术研究”（项目编号：GXYP17.10）

进行了验收，结论为优秀。2025 年 8 月，经西安交通大学教育部科技查新工作站（Z08）对项目的创新点进行查新，《科技查新报告》中综合分析了检索到的项目密切相关文献，并与项目的查新点进行比对分析，认为在公开发表的文献中，未见到与查新点相同的报道。

7、应用情况

本成果 2021-2024 年在西安鹏迪信息科技有限公司、联通西部创新研究院有限公司、西安君光传讯智能技术有限责任公司、西安优智乐网络科技有限公司、西安松图信息科技有限公司、陕西锦图信息技术有限公司、陕西聚智软件技术有限公司、西安新量标科技有限公司等单位进行产业化应用，在联通云、联通格物平台、智能交通、智能监控、教学质量大数据分析平台、电源微波系列软件、等研发中进行应用，解决复杂软件演化过程中的退化、并发故障检测和回归测试等问题，提升软件测试效率，提高软件产品质量，增加产品市场竞争力。

序号	单位名称	应用的技术	应用对象及规模	应用起止时间	单位联系人/电话
1	联通西部创新研究院有限公司	代码坏味检测技术、并发程序数据竞争、测试用例排序技术	应用于数科重点产品联通云、格物平台和墨攻中，提升了产品质量，提高了研发效率 15%，降低了测试成本 20%，为政企客户项目研发与交付提出卓有成效的方法。	2022 年 1 月-2025 年 7 月	邵晓婧
2	西安鹏迪信息科技有限公司	噪声注入技术、数据竞争检测技术、模块聚类技术	应用于教学质量监控及大数据分析平台系列产品研发过程，产品在全国 130 多家高校教学管理使用。	2021 年 1 月-2025 年 7 月	李艳
3	西安君光传讯智能技术有限责任公司	软件模块聚类技术、噪声注入技术、测试用例扩增和排序技术	在公司的工业机器人和物联网设备系列软件产品研发过程中应用，提升了产品的稳定性和市场竞争力，赢得客户的认可。	2021 年 1 月-2025 年 7 月	张扬
4	西安博图信息科技有限公司	代码坏味检测和模块聚类技术、并发程序数据竞争检测技术	为本公司的电子商务平台技术研发和通信工程系列软件产品研发过程提供了有力支持。	2021 年 1 月-2025 年 7 月	麻欢
5	陕西聚智软件技术有限公司	代码坏味检测技术、并发程序数据竞争检测技术	智能交通和智能监控系列软件产品研发过程中应用。	2021 年 1 月-2025 年 7 月	聂维
6	西安优智乐网络科	软件模块聚类技术、噪声注	在监控系统和汽车维修系列软件产品研发过程中应用。	2021 年 1 月-2025 年 7	张宜军

	技有限公司	入技术		月	
7	陕西锦图信息技术有限公司	噪声注入技术、并发程序数据竞争检测技术、程序谱错误定位技术	在电源及微波系列软件产品研发过程中应用，减少测试周期，提升产品质量。	2021年1月-2025年7月	马华磊
8	安泊智汇半导体设备（上海）有限公司	并发程序数据竞争检测技术、程序谱错误定位技术	在半导体成膜设备控制软件系列产品研发过程中应用，提升国产化设备系统软件可靠性。	2021年1月-2025年7月	宋涛
9	陕西凯艾迪系统控制有限公司	测试用例优先级排序技术、并发程序数据竞争检测技术	在KIIO工业物联网设备管理系列软件研发中，提升服务器软件可靠性。	2021年1月-2023年12月	姚馨媛
10	西安数图网络科技有限公司	测试用例优先级排序技术、并发程序数据竞争检测技术	在名校精品课资源服务平台系列软件研发中，提升服务器软件可信性。	2021年1月-2025年7月	朱光东

8、主要知识产权和标准规范等目录

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家(地区)	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	国家发明专利	多目标群体进化软件模块聚类方法	中国	ZL202011159155.1	2022-11-1	5551904	西安邮电大学	孙家泽, 张凡, 唐彦梅, 候东海, 王小银
2	国家发明专利	一种基于BP神经网络的代码坏味检测方法	中国	ZL201910812005	2023.04.07	5858634	西安邮电大学	王曙燕; 张一权; 孙家泽
3	国家发明专利	多目标并发程序噪声注入群体优化方法	中国	ZL202011155668.5	2022-11-1	5547333	西安邮电大学	孙家泽, 杨彦漫, 单力佳, 王曙燕, 舒新峰
4	国家发明专利	基于Adaboost模型的并发程序数据竞争语句级检测方法	中国	ZL202010390967.0	2022-9-30	5547467	西安邮电大学	孙家泽, 易刚, 王曙燕
5	国家发明	一种基于程序变异的程序谱错误定位	中国	ZL20201039	2022.1	5533649	西安邮电大学	王曙燕; 林敬; 孙

	专利	方法		0881	0.2 5			家泽
6	国家发明专利	基于天牛须搜索的软件测试数据集扩增方法	中国	ZL202010631557	2022.09.27	5481094	西安邮电大学	王曙燕; 胡乾花; 孙家泽
7	国家发明专利	一种基于图的回归测试用例优先排序方法	中国	ZL201910806722.9	2022年10月25日	5532861	西安邮电大学	王曙燕; 张振豪; 孙家泽
8	国家发明专利	一种上位多目标测试用例优先级排序方法	中国	ZL201811092217.4	2021-9-24	4702135	西安邮电大学	孙家泽, 王刚, 王曙燕
9	论文	多线程程序数据竞争随机森林指令级检测模型	中国	2020年第60卷第10期	2019年11月26日	清华大学学报	西安邮电大学	孙家泽, 阳伽伟, 杨子江
10	论文	DeepMC: DNN test sample optimization method jointly guided by misclassification and coverage	中国	https://doi.org/10.1007/s10489-022-04323-4	2022年11月28日	Applied Intelligence	西安邮电大学	Jiaze Sun, Juan Li, Sulei Wen

9、主要完成人情况

序	完成人	行政职务	技术职称	工作单位	完成单位	对本项目的贡献
1	孙家泽	副院长	教授	西安邮电大学	西安邮电大学	作为课题陕西省科技厅重点研发计划项目《多线程程序并发故障智能测试关键技术研究》和西安市科技计划项目《基于群体智能的多目标软件测试优化关键技术研究》负责人主持整个项目的研究; 第一发明人授权发明国家专利 6 项, 合作发明人授权国家

						发明专利 4 项。
2	王小银	支部书记	教授	西安邮电大学	西安邮电大学	作为课题陕西省科技厅计划项目《基于云理论和灰色模型的可信软件可靠性评估关键技术研究》负责人，作为主要研究人员参与完成了陕西省科技厅项目《多线程程序并发故障智能测试关键技术研究》和联通西部研究院项目《自动化测试平台优化集成研究》。合作发明人授权国家发明专利 2 项。
3	王曙燕	无	教授	西安邮电大学	西安邮电大学	作为课题主要完成人员参与完成了西安市科技计划项目《基于群体智能的多目标软件测试优化关键技术研究》、陕西省科技厅项目《基于云理论和灰色模型的可信软件可靠性评估关键技术研究》和联通西部研究院项目《自动化测试平台优化集成研究》。第一发明人授权发明国家专利 4 项
4	谢继刚	常务院长	工程师	联通西部创新研究院有限公司	联通西部创新研究院有限公司	作为课题《自动化测试平台优化集成研究》的负责人，设计了自动化测试平台的架构优化方案，组织实施了专利技术在联通西部研究院自动化测试平台的优化集成。完成项目的专利技术在联通西部研究院的应用和推广。
5	韩建国	测试中心主任	工程师	联通西部创新研究院有限公司	联通西部创新研究院有限公司	作为课题《自动化测试平台优化集成研究》的项目实施经理，完成了自动化测试平台的架构优化方案，具体实施专利技术在联通西部研究院自动化测试平台的优化集成。2、具体完成项目的专利技术在联通西部研究院的应用和推广。
6	王春梅	无	副教授	西安邮电大学	西安邮电大学	作为课题主要完成人员参与完成了西安市科技计划项目《基于群体智能的多目标软件测试优化关键技术研究》进行软件测试工具的研发工作。
	董富强	总经	高级	西安鹏迪	西安鹏迪	参与项目作为课题主要完成人员参

7		理	工程师	信息科技有限公司	信息科技有限公司	与完成了西安市科技计划项目《基于群体智能的多目标软件测试优化关键技术研究》。实施专利技术向公司的转化工作，完成国家发明专利的向公司转移工作，并在公司推广应用。
---	--	---	-----	----------	----------	---

10、主要完成单位及创新推广贡献

排序	完成单位	对本项目的贡献
1	西安邮电大学	<p>西安邮电大学是由陕西省人民政府与工业和信息化部共建院校，是一所以工为主，以信息科学技术为特色的普通高等学校，陕西高水平大学建设高校，是西安市“三项改革”试点高校。团队所在陕西省网络数据分析与智能处理重点实验室提供了研发良好的软硬件环境。西安邮电大学承担完成了陕西省科技厅重点研发计划项目《多线程程序并发故障智能测试关键技术研究》、《基于云理论和灰色模型的可信软件可靠性评估关键技术研究》和西安市科技局科技项目《基于群体智能的多目标软测试优化关键技术研究》，并支持该成果的技术转移和应用推广工作。本项目授权西安邮电大学为专利权利人的国家发明专利 20 项，登记软件著作权 5 项，出版学术著作 4 部，登记科技成果 3 项，发表重要学术会议或期刊论文 16 篇，在国际和国内会议学术报告 9 次。技术应用于 12 家单位，提升其研发的效率，保证了软件的质量，提升单位产品的竞争力，销售额快速提升，明显增加单位利润，同时自主知识产权保障了工具的自主可控, 规避了产品的知识产权风险提升在国际市场的竞争力。</p>
2	联通西部创新研究院有限公司	<p>联通西部创新研究院是联通数字科技有限公司全资子公司，是中国联通打造“产学研用”深度融合技术创新体系的主要载体，聚焦大数据与人工智能、物联网、网络与信息安全等领域，通过“产学研用”共享平台各主体联合创新，实现将基础技术和应用研发成果转化为满足客户需求的创新产品。联通西部创新研究院有限公司和西安邮电大学可信软件研究团队合作完成项目《复杂可信软件多目标智能测试关键技术及应用》，研究院提供了丰富的计算资源和良好的测试验证环境，完成利用代码坏味智能检测、软件模块聚类、测试用例集优先级排序等专利成果对研究院平台自动化测试平台能力的优化提升，优化后测试平台工具运用于数科重点产品建设中，包含联通云、格物平台、墨攻项目等，对技术成果的验证和落地以及示范推广起到了很大的推动作用，为政企客户项目研发与交付提供了</p>

		卓有成效的方法。
3	西安鹏迪信息科技有限公司	西安鹏迪信息科技有限公司是 2011 年 10 月成立于西安高新技术产业开发区内具有软件自主研发能力的科技型企业，是一家专业的信息化解决方案提供商，致力于提供专业的智慧教育、智慧政务、大数据技术和系统集成的高新技术企业。公司协作西安邮电大学完成 2020 年西安市科技局科技项目《基于群体智能的多目标软件测试优化关键技术研究》给项目的完成提供良好的计算资源和测试对象资源，协助完成项目原型系统的搭建，并完成项目组开发的测试工具的验证和测试工作，并负责该项目产生的专利成果的技术转移和应用推广工作。协作完成项目在西安市科技局的结题中被评为优秀等级。

11、完成人合作关系说明

孙家泽，王曙燕，董富强，王春梅合作完成西安市科技局科技项目《基于群体智能的多目标软件测试优化关键技术研究》。孙家泽，王小银合作完成陕西省科技厅重点研发计划项目《多线程程序并发故障智能测试关键技术研究》。孙家泽，王小银，王曙燕，王春梅合作完成陕西省科技厅重点研发计划项目《基于云理论和灰色模型的可信软件可靠性评估关键技术研究》。孙家泽，王曙燕合作申请发明专利《多目标并发程序噪声注入群体优化方法》。谢继刚、韩建国，王曙燕，孙家泽，王小银合作完成专业能力研发项目《自动化测试平台优化集成研究》。