

智能软件系统的数据驱动式测试方法与技术

(一) 立项依据与研究内容 (5000-10000 字):

1. 项目的立项依据 (研究意义、国内外研究现状及发展动态分析, 需结合科学研究发展趋势来论述科学意义; 或结合国民经济和社会发展中迫切需要解决的关键科技问题来论述其应用前景。附主要参考文献目录);

我们正处在一个智能化时代 (互联网+及工业 4.0 时代), 大数据、云计算和人工智能已经成为这个时代进步的三驾马车, 它们分别为智能化时代提供**数据**、**算力**和**算法**层面的支持, 从而成为各行各业技术革新和社会发展的重要引擎。



图 1 拉动智能化时代的三架马车

世界各国都高度重视智能化发展进程, 特别是英、美、日和欧盟等发达国家, 都制定了相应的发展战略和行动计划。李克强总理在 2015 年两会的政府工作报告中, 提出要“制定互联网+行动计划”的要求, 推动移动互联网、云计算、大数据、物联网等与现代制造业结合, 促进电子商务、工业互联网和互联网金融健康发展, 引导互联网企业拓展国际市场。习近平总书记在十九大报告中指出, 要“推动互联网、大数据和人工智能与实体经济的深度融合”。从 2015 年发布《促进大数据发展行动纲要》, 2016 年发布《互联网+人工智能三年行动计划》, 2017 年发布《新一代人工智能发展规划》, 我国政府密集出台了一系列发展战略、行动计划和支持政策。

《新一代人工智能发展规划》国发〔2017〕35 号, 2017 年 7 月 8 日

《促进大数据发展行动纲要》国发〔2015〕50 号, 国务院 2015 年 8 月 31 日

为营造工业互联网的发展环境，我国政府密集出台了一系列支持工业互联网的政策。2017 年 11 月，国务院印发的《关于深化“互联网+先进制造业”发展工业互联网的指导意见》，工信部先后出台《工业互联网发展行动计划（2018—2020 年）》《工业互联网专项工作组 2018 年工作计划》《工业互联网 APP 培育工程实施方案（2018—2020 年）》等文件，支持工业互联网发展的政策体系、平台建设和应用路线图基本形成。

由软件定义与实现的云计算、大数据和人工智能正在悄然第改变着这个世界，同时也深刻地改变着软件工程领域，下面我们简单回顾一下这些改变。

云计算与软件工程

社会需求推动了云计算的日益发展，云计算平台以及云计算环境下的软件可靠性和安全性越来越成为人们关注的焦点，并已经成为云计算发展和应用的瓶颈，这给传统的软件工程提出了一系列挑战，例如：（1）云计算环境的特殊性研究，研究云计算环境下资源的服务化、易接入性、可扩展性和可度量性等，研究这些特性给云计算环境下软件可靠性、安全性及软件测试带来的特殊性问题。（2）云计算环境下的软件可靠性理论与方法研究，研究开放的运行环境下软件运行剖面的变化规律及建模方法，云计算环境下软件可靠性建模理论等。（3）云计算环境下的软件安全性理论与方法研究，研究云计算环境下私密性、完整性、可追踪性和可用性等。

另一方面，云计算平台提供的几乎无限强大和灵活的计算能力，极大地推动了软件工程的理论和实践：例如，继基于组件的软件工程之后，面向服务的软件工程，人们提出在云平台上软件即服务（SAAS），一切皆服务（XAAS）的观念。并开始研究如何利用云平台基础设施所提供的资源来进行在线需求获取、软件构造、软件测试等的一般方法，并且研究如何将传统的过程、方法以及他们的基础设施向云端迁移。开源社区、众包空间和软件生态系统异常活跃。

大数据与软件工程

软件生命周期中会产生大量的、各种类型的数据，例如开发过程中的源代码、需求文档、缺陷报告、测试用例；系统运行中的运行日志、性能度量、事件记录；用户交互中使用行为序列、调查问卷、社交媒体反馈等等。随着互联网软件服务的普及，数据的种类更加丰富，规模也越来越大。基于这些数据，软件从业者可以提取出关于软件质量和开发动态的重要信息。因此，数据对于现代软件开发的

作用日益明显，并且至关重要。

软件解析学(software analytics)[1,2] 运用机器学习、数据挖掘、信息可视化以及大规模数据处理等技术，旨在帮助软件从业者以数据驱动的方式进行软件的开发、运行和维护，有效处理、浏览和分析软件生命周期中生成的数据，从中提取有用的信息，做出正确决策。软件解析学关注大数据分析技术在软件行业中的具体应用，是对现代软件工程方法的有效拓展，同时也与软件开发实践密切相关

人工智能与软件工程

一方面，人工智能，特别是机器学习与深度学习的发展，要求强大的系统软件支撑。当前的机器学习方法需要依靠强大的计算能力来处理大量的数据，还需要设计良好的机器学习系统将机器学习成果高效投入应用。研究人员不仅需要提高单台计算机计算能力，还需要利用分布式计算来完成大规模的机器学习任务。研究人员需要从软件层面优化机器学习系统，还需要将不断涌现的新硬件与机器学习系统融合。深度学习模型和很多人工智能系统还存在很多问题，研究人员需要考虑机器学习应用的安全性与可靠性，还需要使得系统有效地保护数据与隐私信息。此外，机器学习技术的普及对云计算、虚拟化与物联网等领域亦产生许多影响。

另一方面，无论系统软件还是软件工程本身，都能利用人工智能获得更好的表现。系统软件中使用大量的人工制定的规则与启发式算法以保证在短时间内系统能够做出较优的决策。如资源调度与分配任务，在时间序列中如何分配有限的资源来保证资源的利用率与对资源需求方的公平性；如故障判断任务，在有限的信息下如何判断系统组件是发生故障无法工作还是暂时性无相应；如恶意攻击防御任务，在来自各方请求里如何判断是否存在恶意攻击以及如何处理攻击。随着处理能力与处理速度的提高，研究人员试图利用机器学习方法，从性能、安全性与稳定性等方面提高系统软件的表现。机器学习方法正展现出在系统软件中巨大的研究前景与应用潜力。

人们通过利用人工智能方法对代码、各种评审记录和日志等资料进行分析，可以有效预防和发现各种软件故障，特别是利用强化学习方法生成高质量的测试用例，使软件工程的能力得到大幅度的提升。

云计算环境下的基于人工智能和大数据的软件工程

互联网和云计算的发展，软件已无处不在，计算机软件正在重新定义和实现

着整个世界，同时，智能化时代的到来，软件系统的智能化日益成为人们关注的焦点，所以，不久的将来，人工智能系统将替代各种软件进入人们生活的每个角落。人工智能和软件工程将空前的紧密融合在一起，一方面，软件工程通过人工智能的应用变得更加加强有力，另一方面，软件工程为无处不在的各种人工智能系统开发和应用保驾护航，推动智能化时代的健康有序发展。

2. 项目的研究内容、研究目标，以及拟解决的关键科学问题（此部分为重点阐述内容）；

软件测试方法与技术

智能软件系统及其测试

大数据时代的数据驱动式测试

云计算平台下的测试技术革新

测试方法与技术的智能化

3. 拟采取的研究方案及可行性分析（包括研究方法、技术路线、实验手段、关键技术等说明）；

4. 本项目的特色与创新之处；

5. 年度研究计划及预期研究结果（包括拟组织的重要学术交流活动、国际合作与交流计划等）。

（二）研究基础与工作条件

1. 研究基础（与本项目相关的研究工作积累和已取得的研究工作成绩）；

2. 工作条件（包括已具备的实验条件，尚缺少的实验条件和拟解决的途径，包括利用国家实验室、国家重点实验室和部门重点实验室等研究基地的计划与落实情况）；

3. 正在承担的与本项目相关的科研项目情况（申请人和项目组主要参与者正在承担的与本项目相关的科研项目情况，包括国家自然科学基金的项目和国家其他科技计划项目，要注明项目的名称和编号、

经费来源、起止年月、与本项目的关系及负责的内容等);

4. 完成国家自然科学基金项目情况 (对申请人负责的前一个已结题科学基金项目 (项目名称及批准号) 完成情况、后续研究进展及与本申请项目的关系加以详细说明。另附该已结题项目研究工作总结摘要 (限 500 字) 和相关成果的详细目录)。

(三) 其他需要说明的问题

1. 申请人同年申请不同类型的国家自然科学基金项目情况 (列明同年申请的其他项目的项目类型、项目名称信息, 并说明与本项目之间的区别与联系)。

2. 具有高级专业技术职务 (职称) 的申请人或者主要参与者是否存在同年申请或者参与申请国家自然科学基金项目的单位不一致的情况; 如存在上述情况, 列明所涉及人员的姓名, 申请或参与申请的其他项目的项目类型、项目名称、单位名称、上述人员在该项目中是申请人还是参与者, 并说明单位不一致原因。

3. 具有高级专业技术职务 (职称) 的申请人或者主要参与者是否存在与正在承担的国家自然科学基金项目的单位不一致的情况; 如存在上述情况, 列明所涉及人员的姓名, 正在承担项目的批准号、项目类型、项目名称、单位名称、起止年月, 并说明单位不一致原因。

4. 其他。

三、个人简历:

1. 申请人简历 (由系统根据申请人在线填写的个人简介信息、承担项目情况和个人研究成果自动生成)

2. 主要参与者简历（在读研究生除外）（请下载参与者简历模板填写后上传；**除非特殊说明，请勿删除或改动简历模板中蓝色字体的标题及相应说明文字**）

四、附件

（一）附件目录

在附件目录中列出所有上传的电子附件材料清单。

（二）附件材料（逐项上传）

上传的电子附件材料应为项目申请人和主要参与者取得的代表性成果或者科技奖励。

1. 提供 5 篇近 5 年申请人本人发表的与申请项目相关的代表性论文电子版文件（对于此项附件，部分科学部还有提交纸质首页复印件的要求，具体参见本年度《国家自然科学基金项目指南》正文“重点项目”部分相关科学部要求）；

2. 如上传专著，可以只提供著作封面、摘要、目录、版权页等；

3. 如上传所获科技奖励，应提供国家级科技奖励（国家自然科学奖、国家发明奖、国家科学技术进步奖）、省部级奖励（二等以上）奖励证书的电子版扫描文件；

4. 如上传专利或其他公认突出的创造性成果或成绩，应提供证明材料的电子版扫描文件；

5. 在国际学术会议上作大会报告、特邀报告，应提供邀请信或通知的电子版扫描文件；

6. 根据项目申请的需要，附件材料还可能包含以下电子版扫描文件：依托单位非全职聘用的境内外人员的聘任合同复印件和相关说明材料、伦理委员会证明、加盖依托单位公章的国家社会科学基金结项证书复印件、依托单位生物安全保障承诺等。具体要求参见本年度《国家自然科学基金项目指南》“申请须知”部分和正文“重点项目”部分相关科学部要求。

特别提示：上述附件第 6 项还需提供纸质原件，随纸质《申请书》一同报送。

