

GUI测试技术调查与分析

饶建农

(韶关学院韶州师范分院计算机系,广东 韶关 512026)

摘要: GUI(图形用户界面)软件系统的多样性决定了测试方法的多样性。针对GUI软件测试中如何选择测试技术的问题,通过设定的8个技术参数,在对测试技术进行分析后,提出了根据故障模型对GUI测试技术进行分类的方法。分析结果清晰地显示了每种测试技术的特点,能为测试员选择合适的测试技术完成测试活动提供新的思路,提高测试效率。

关键词: 图形用户界面测试;故障模型;技术参数;测试用例生成技术;测试工具

中图分类号: TP311.52 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-1891(2019)02-0094-05

Research and Analysis on GUI Testing Technologies

RAO Jiannong

(Department of Computer Science, Shaozhou Normal School Branch, Shaoguan University, Shaoguan, Guangdong 512026, China)

Abstract: The diversity of GUI software systems determines the diversity of testing technologies. Regarding the choice of a testing technology for GUI software test, The author analyze a testing technology by determining eight technical parameters, and developed a method of classifying GUI testing technologies according to fault models. The analysis results clearly reveal the characteristics of each testing technology, thus can offer new ways of thinking for testers to choose appropriate testing technologies to complete testing tasks and improve the test efficiency.

Keywords: GUI testing; fault model; technical parameters; test case generation technology; testing tools

0 引言

在软件工程领域,GUI(图形用户界面)变得越来越重要。GUI应用程序已经越来越多地被应用于软件系统,由于它的易用,现在GUI程序几乎成了软件开发的事实准则,“GUI几乎占据了一个应用程序60%的代码量”,很多对安全性有高要求的程序也采用GUI方式,使得GUI界面本身的安全性、正确性和鲁棒性成了影响整个应用程序性能的一个重要因素。因此GUI的测试显得尤为重要^[1]。GUI测试质量和效率是整个产品质量提升和成本降低的关键。

GUI是用户和程序之间的交互点。先进复杂的系统往往具有先进复杂的GUI,为了确保GUI的正确性,有必要进行GUI测试。GUI测试并不是单一的方法测试,而是一组活动,总体来说,这些活动使测试员确定GUI测试是否已成功完成。换言之,GUI测试是一项活动,测试员从不同的角度测试GUI,包括测试覆盖、测试用例生成、测试预言和回

归测试。其中,测试用例生成是重点。因此,为确保按照这种无差错的方式进行GUI测试,测试员应该选择能够捕捉到存在的错误的测试用例。目前,许多文献都提到了测试用例生成技术。然而,每种技术都有其局限性。

不同研究者所提出的测试技术都保持了GUI存在的差异和特征。每一种测试技术的最终目标是生成GUI测试用例,且能够检测到最多故障。Harris将不同的故障归类到故障模型中^[2]。故障模型是将测试人员的经验和直觉尽量归化和固化,使得可以重复使用。故障模型是软件测试的基础,也是一个判断测试方法是否成熟的重要标志。本文根据故障模型将可用的GUI测试用例生成技术进行了分类,这在GUI测试领域是一种新的尝试。

1 技术参数

由于每种GUI测试用例生成技术都有自己的优点和缺点,因此有必要对这些技术的参数进行评估,这些参数不仅突出了技术的弱点和长处,也能

让用户了解运用这些技术进行测试的效果。所有的技术调查均以这些参数为基础进行评估。

1.1 受测GUI输入表示

该参数描述了如何将受测GUI表示为一个输入。当给出一个GUI进行测试时,每一种技术均要求提供一些必要的信息。该参数描述了第1个步骤中测试技术所需要的信息类型。

1.2 中间表示

从受测GUI获取的信息可转化为清晰的中间表示,易于生成测试用例。此参数精确地解释了生成GUI测试用例所必需的属性。该参数有助于确定某项技术的测试用例生成机制。

1.3 覆盖标准

该参数描述了某项技术所采用的覆盖标准的类型。在GUI测试中,测试员必须评估事件、状态以及它们之间的关系,每一个动作均与某些事件相关,并且每一个事件产生一个新的状态。在该参数中,详细说明了覆盖标准。

1.4 自动化

该参数描述了所述技术是否可自动化。自动化是任何GUI测试用例生成技术的一个关键因素。如果整个测试用例生成过程中没有人员参与,那么该技术是完全可自动化的。半自动意思是测试用例生成需要人员的参与。参数值“否”表示该技术不可自动化。

1.5 工具支持

此参数描述了所述技术是否有工具支持。也有可能某种技术是自动化的,没有工具支持。参数值为“有”和“无”。

1.6 案例分析

此参数描述了所述技术是否已经过实例检测。可能的参数值为“有”和“无”。

1.7 故障模型

故障模型是故障类型的抽象概念。该参数描述了某种技术的故障类型。以下故障模型已用于GUI测试中:状态机故障模型(SMFM),控制流故障模型(CDFM),文本故障模型(TFM)和接口故障模型(IFM)^[2]。

1.8 故障注入

该参数描述了某种技术中的故障是否使用了注入/植入机制。参数值为“有”和“无”。

2 GUI测试技术研究与分析

通过调查,探讨并分析了现有的测试用例生成技术,并对各种GUI测试技术进行了解释。

2.1 使用变量有限状态机实现用户界面测试自动化

Shehday等人提出了GUI测试有限部分自动化技术^[3]。在此技术中,首先将给定的GUI在可变有限状态机模型(VFSM)中进行转换。使用可变有限状态机的目的是为了减少GUI建模的复杂性。然后将该模型转换成等价的有限状态机,生成测试用例。有限状态机对系统状态及其迁移的描述能力很强,而GUI系统的特点就是系统的状态丰富,状态之间的迁移复杂,故FSM是GUI系统测试建模的首选^[4]。实验表明该技术是可行的,因为它所揭示的错误不是通过常规的调试工艺发现的。在当前情况下,该技术可以考虑作为测试的早期工作。

分析:该技术提供了全路径和全转换覆盖,是可自动化的,但没有提供工具支持。案例分析表明未使用故障注入。该技术归类于SMFM和CDFM故障模型。

2.2 使用目标驱动法来生成GUI测试用例

Memon等人提出了一种基于计划生成的技术^[5]。该技术的基本目标是实现特定GUI的预定目标。这些目标作为该技术的输入,然后作为输出产生动作序列,动作序列满足目标要求。这些动作序列被称为GUI测试用例。该技术被认为是以设计师为导向的测试,而不是面向用户的。作者认为,与测试人员(用户)相比,测试设计师对GUI的目标和事件更加了解,而后者只是遵循一系列事件,从而获得所需的目标。

分析:根据所提出的技术,给定受测GUI的源文件作为输入,转化为层次模型,即中间表示;然后给定初始状态、目标状态、运算符和对象作为输入,规划者返回一组步骤实现目标状态。在此基础上,提出测试用例生成系统,名为GUI系统规划辅助测试员(PATHS)。该技术为半自动化,因为在第2阶段,测试设计者必须给定一定的输入值。PATHS创建了分层模型,详见案例分析。鉴于其所提供的转换范围,该技术不能处理大量状态,不能满足所有事件。作者并未使用任何故障注入,该技术归于SMFM故障模型。

2.3 基于模型的测试

Dalal等人提出的技术用于根据需要生成测试用例^[6]。生成的测试用例集合包括输入、预期输出和自动执行测试的必要的基础设施。基本上,该方法使用数据模型生成测试用例。模型是对输入的规范,所以在早期阶段可以根据要求进行开发。该技术主要依赖于3个关键因素:数据模型所使用的符号、测试生成算法、生成测试辅助基础设施的工

具(包括预期输出)。前2个可移植。

分析:该技术首先根据给定的GUI的要求和约束使用ATEGSpec符号生成一个数据模型作为中间表示;然后根据数据模型,生成测试用例。该技术提供成对交互覆盖、事件交互覆盖。它是半自动化,因为测试人员必须手动验证数据模型。经过验证之后,ATEG软件生成测试用例。该方法最困难的地方是,不能根据需要预测约束。当数据模型足以捕获系统行为时,该技术最适用于该系统。GUI小型案例分析未使用故障注入。该技术揭示了传统测试未能检测到的故障,归于CDFM和IFM故障模型。

2.4 使用完全交互序列生成GUI测试用例

White等人提出了该技术,首先将给定的GUI转换成不同的任务及其完全交互序列(CIS)^[7]。然后据此为每一个CIS建立一个简化有限状态机(FSM)模型。最后通过简化FSM模型生成测试用例。

分析:该技术主要依赖于测试员,因为它需要测试员做大量工作。案例分析表明该技术已检测到故障,但没有使用故障注入。为了尽量减少测试用例数,作者建议减少CIS组件。该方法提供了全路径和事件交互覆盖,没有提供工具支持,归于SMFM和CDFM故障模型。

2.5 GUI有限状态测试和分析

Belli^[8]延续了White等人的工作,取得了一定的改进,如生成测试用例的有效性、引入测试覆盖标准、建议覆盖所有可能的节点和边缘组合实现节点和边缘完全覆盖。

分析:该技术分别为CIS和FCIS全交互配对、全故障交互配对提供了全路径和事件交互覆盖。案例分析表明该技术改进后检测到多个故障,但仍不能被视为具有成本效益,因为该技术仍然需要工具支持。该技术没有使用故障注入,归于SMFM和CDFM故障模型。

2.6 GUI测试用例定义

Cai等人提出了将GUI测试用例定义为原始GUI行动序列并将GUI测试集合定义为正式语言的方法^[9]。在该技术中,测试用例生成和执行过程是连续的,即一个接一个进行,并把GUI测试用例看作是原始GUI行动序列,把GUI测试集合看作是分层语言。为了研究如何定义GUI测试用例,这里使用了米利机。

分析:该技术涵盖了全路径、全转换和事件交互覆盖标准。该技术提供了GUI测试用例生成系

统化方法。它是一种半自动技术,由WinRunner工具支持。案例分析表明,该技术能更有效地检测故障作为随机比较,也使用了故障注入,归于SMFM、CDFM和IFM故障模型。

2.7 使用模型驱动法实现GUI测试自动化

Vieira等人提出了生成UML模型类似于范畴分割法的方法^[10]。该方法是以活动图控制流为基础生成测试用例的唯一途径。该技术的主要目的是提高测试的有效性。该作者提出,有效性直接关系到所提供的信息和测试员经验的完整性、一致性和准确性。

分析:该技术首先将给定的GUI转化为一个UML模型(用例,类别和活动图),这是一个中间表示。该技术提供了图表覆盖,包括往返标准、适当路径标准、全路径标准和全活动标准以及数据覆盖,其中包括取样、组覆盖、表达、选择覆盖和全覆盖。它是一种半自动化的技术。在该技术中,作者提供了他们自己的工具,使用UML(TDE/UML)的测试开发环境,没有使用故障注入,归于CDFM故障模型。

2.8 开发GUI测试用的基于模型的高成本效益技术

Xie提出了该技术,其主要目标是提供故障检测的有效性和成本的最佳组合^[11]。作者提出了一个框架,由GUI模型以及使用该模型来执行各种GUI测试任务的模块组成。使用GUI分析仪,获得GUI模型。该分析仪自动反向设计GUI并提取所有控件、属性及其数值。若将GUI模型作为输入,测试用例生成器自动生成有针对性的测试用例。生成的测试用例提供给测试预言发生器,该发生器源自GUI每个测试用例的预期输出。

分析:根据作者的观点,内部工作已证明该技术是可行的、可扩展的且具有成本效益,但作者既未提供案例分析也未提供任何工具支持。作者还声称,该技术如果自动化,能够检测到大量的故障。该技术提供了事件交互覆盖和全状态覆盖。也可以使用故障注入,归于SMFM和IFM故障模型。

2.9 基于GUI测试应用的事件流模型

Memon提出了整合不同模型到一个可扩展的事件流模型的技术,并根据实验概述了半自动反向设计模型的算法^[12]。该技术通过定义事件空间探索策略(ESSES),形成模型,解决了测试用例可重用性的问题,解决了GUI故障检测测试用例的有效性问题,以测试用例集合减少的形式解决了测试用例的可扩展性问题。

分析:该技术通过 GUIRipper 将给定的 GUI 转化为事件流模型, GUIRipper 是 GUITAR 工具的组件。该技术是一种半自动技术, Memon 提供了一种工具, 即 GUITAR。案例分析表明, 该技术检测到故障。事件流模型可以编辑, 以尽量减少测试用例的生成。该技术提供了全转换和事件交互覆盖。该技术中使用了故障注入。该技术归于 TFM、SMFM 和 CDFM 故障模型。

2.10 使用 HPrTNs 的基于模型的 GUI 测试

Reza 等人提出了一种基于测试模型的方法测试高等皮特里网指定的 GUI 结构, 皮特里网又称为分层谓词转换网(HPrTNs)^[13]。使用 HPrTNs 来测试 GUI 的主要原因是 HPrTNs 平等识别和处理事件

(可取和不可取行为)和状态(可取和不可取条件)。作者还提出了 GUI 测试新的覆盖标准, 但他们既没有证明该方法的可行性也未做任何实践。

分析:该技术提供了全状态, 全转换, 全线程覆盖。作者没有提供任何工具, 也未说明该技术是否可自动化, 如果是的话, 可自动化到何种程度。该技术未提供案例分析, 未使用故障注入, 归于 SMFM 和 CDFM 故障模型。

2.11 以 GUI 模型为基础生成测试用例

Alsmadi 等人提出了该技术, 首先将 GUI 从 XML 树模型进行转化, 然后根据 XML 模型生成测试用例, XML 模型使得更容易实现自动化生成测试用例并执行^[14]。该技术有 4 种算法, 不需要任何用

表 1 GUI 测试用例生成技术比较

作者	被测 GUI 输入表示	中间表示	技术参数					
			覆盖标准	自动化	工具支持	案例分析	故障模型	故障注入
Shehady 等	输入, 输出, 变量, 状态	可变有限状态机模型, 有限状态机模型	全路径、全转换	可自动	无	有	SMFM CDFM	无
Memon 等	GUI 源文件	层次模型(初始状态、目标状态和操作对象)	全转换	半自动	PATHS	有	SMFM	无
Dalal 等	GUI 规范和序列	数据模型(AETGSpec 输入规范)	成对交互、事件交互	半自动	ATEG	有	CDFM IFM	无
L.White 和 H. Almezen	CIS 识别	简化有限状态机模型(跟踪所有不同路径)	全路径、事件交互	否	无	有	SMFM CDFM	无
Belli	CIS & FCIS 识别	有限状态机模型(跟踪所有有效和无效路径)	全路径、事件交互、全交互配对、全故障交互配对	否	无	有	SMFM CDFM	无
Cai 等	单一行为和输出识别	米利机/FSM 模型(转换成 5 个 1 组的形式): 1. 状态; 2. 动作; 3. 输出; 4. 状态转移函数; 5. 输出函数	全路径、全转换、事件交互	半自动	Win Runner	有	SMFM CDFM IFM	有
Vieira 等	GUI 转化为 UML 模型(类别分区方法)	UML 模型(用例, 类别和活动物)	图表覆盖、数据覆盖	半自动	TDE/UML	有	CDFM	无
Qing Xie	GUI 模型自动提取	GUI 模型(提取所有控件、属性及其数值)	全转换、事件交互	全自动	无	无	SMFM IFM	有
Memon	GUI 源文件	事件流模型(提取所有控件、属性及其数值)	全转换、事件交互、清单、分支	半自动	GUITAR	有	TFM CDFM SMFM	有
Reza 等	转换 GUI 为六层 HPrTNs	使用 HPrTNs 的 GUI 模型(创建路径集和转换执行序列)	全转换、全线程、全状态	—	无	无	SMFM CDFM	无
Alsmadi 和 K.Magel	GUI 源文件	XML 树模型(XML 文件包含所有 GUI 控件和选择的参数)	全路径、全转换、分支	全自动	GUIAuto	有	SMFM CDFM	无
Yuan 和 Memon	EIG 模型自动提取	EIG 模型	全转换、事件交互	全自动	无	有	SMFM IFM	无

户的参与即可生成不同类型的测试用例,这是其他技术所欠缺的。尽管使用该方法对前几个测试用例进行自动化成本较高,但生成大的测试用例则成本较低。GUI的状态简化是该研究的重要贡献。这是由于 Alsmadi 等人开发的工具具备组件 GUI 建模,其目的是将 GUI 转化成模型,更易于使用自动化工具进行测试。

分析:该技术是完全自动化的技术,并提供全路径、全转换和分支覆盖。Alsmadi 等人提供了案例分析,并声称他们的技术具有成本效益,可扩展并且故障检测有效。他们已经开发了自己的工具,即 GUIAuto,可独立生成测试用例并且允许用户在后定义前置和后置条件,用于验证过程。该技术未使用故障注入,归于 SMFM 和 CDFM 故障模型。

2.12 使用 GUI 运行时状态作为反馈生成测试用例

Yuan 等人在该技术中引进了一种根据受测程序(AUT)反馈生成测试用例的机制^[15]。该技术用于自动化 GUI 测试。在该技术中首先将给定的 GUI 自动转换成一个事件交互图表(EIG)模型,然后根据该 EIG 模型生成更长更有效的测试用例,其目的是覆盖尽可能多的事件交互之间的语义^[16]。此技术还可用于测试 GUI 事件多向交互。

分析:这是一个完全自动化的技术,但作者并没有具体提及工具的名称。该技术提供了全状态和事件交互覆盖。案例分析表明,反馈技术在检测不同类型故障时很有帮助。该技术需要进行审核,使其符合成本效益并实现更有效的故障检测。未使用故障注入。该技术归于 SMFM 和 IFM 故障模型。

参考文献:

- [1] 高建华,顾艳萍.基于模型的图形用户界面软件测试方法[J].计算机应用与软件,2009,26(2):35-38.
- [2] HARRIS I G.Fault models and test generation for hardware-software covalidation[J].IEEE Design and Test,2003,20(4):40-47.
- [3] SHEHADY R,SIEWIOREK D.A method to automate user interface testing using variable finite state machines[C]//Proceeding of the 27th International Symposium on Fault Tolerant Computing (FTCS-27), Seattl,WA,USA:IEEE,1997.
- [4] 庄学伟.基于模型的 GUI 测试生成方法研究[D].江苏:南京大学,2012:29-30.
- [5] MEMON A M, POLLACK M E, SOFFA M L.Plan generation for GUI testing[C]//Proceedings of the 5th International Conference on Artificial Intelligence Planning Systems(AIPS'00),Breckenridge,CO, USA:The AAAI Press,2000.
- [6] DALAL S R, JAIN A, KARUANITH N,et al.Model-based testing in practice[C]//Proceeding of the 21st Int. Conf. on Software Engineering(ICSE'99),Los Angeles,USA:ACM New York,1999.
- [7] WHITE L, ALMEZEN H.Generating test cases for GUI responsibilities using complete interaction sequences[C]//Proceeding of the 21st IEEE Int. Conf. on Software Maintenance (ICSM'05),Budapest,Hungary:IEEE Computer Society,2005.
- [8] BELLI F.Finite state testing and analysis of graphical user interfaces[C]//Proceeding of the 12th Int. Symposium on Soft. Reliability Eng.(ISSRE'01),Hong Kong:IEEE Computer Society,2001.

3 结果分析

本文通过设定的 8 个技术参数对第 2 节中所述的所有测试技术进行分析,研究每种技术如何生成 GUI 测试用例,提供何种覆盖类型,测试技术是手动还是自动的,如果是自动的作者提供何种工具支持,是否进行了实际评估,属于何种故障模型以及是否使用了故障注入等,如表 1 所示。从表 1 中可以清晰地看到每种测试技术所具有的优点和缺点。根据故障模型对 GUI 测试技术进行分类是一个新的、重要的尝试,有助于确定一个技术适合捕捉哪种类型的故障,为 GUI 软件的测试提供了一种新的思路,也为测试员使用哪种测试技术完成测试过程提供了较恰当的选择。

4 结语

随着软件业的发展,人们对软件质量要求的不断提高,无论从工程上还是实验系统阶段,软件测试都会受到越来越多的关注和推广。由于目前绝大部分应用软件都是基于 GUI 进行设计开发,因此在产品的测试活动中,尤其是功能测试活动中,GUI 测试占到非常大的比率,GUI 测试质量和效率是整个产品质量提升和成本降低的关键。但是不管是哪种 GUI 测试技术,在测试性能方面都存在一定的缺陷。本文通过对现有的测试技术进行分析,提出了根据故障模型对测试技术进行分类的方法,为测试员完成测试活动提供了一种新的选择测试技术的思路。未来 GUI 测试研究的焦点仍然会集中在测试性能的提升上。

创新创业能力(0.232 6)、B1 顶层设计(0.190 0)、B7 创新创业意愿(0.146 5)、B4 创新创业教学能力(0.134 3);三级指标排序权重较大的是C63学习能力(0.145 4)、C71 创新创业动力(0.109 9)、C13 基础设施建设(0.102 6)、C42 教学方法(0.072 5)等指标,可见,应用型高校大学生创新创业教育绩效评价的关键指标仍然是围绕学生这一主体展开,重在提高学生的创新创业意识、创新创业能力以及持续的学习能力。同时,应用型高校对于创新创业教育的理念认识、经费的投入以及创新创业教育的基础设施建设也是评价体系的关键指标。

参考文献:

- [1] 戴卫东,肖玉巧,马帅.大学生创业教育质量评价指标体系研究[J].经营与管理,2013(2),138-140.
- [2] 徐英,白华.高校创新创业教育绩效评价研究[J].创新与创业教育,2014,5(2):29-33.
- [3] 程宝华.应用型本科院校大学生创新创业教育研究[D].济南:山东师范大学,2015.
- [4] 王占仁,刘志,刘海滨,等.创新创业教育评价的现状、问题与趋势[J].思想理论教育,2016(8):89-94+103.
- [5] 陈灿煌.基于模糊综合评价法的高校创新创业教育绩效评价研究[J].湖南理工学院学报(自然科学版),2018,31(3):18-23.

(责任编辑:蒋召雪)

(上接第98页)

- [9] CAI K,ZHAO L,HU H, et al.On the test case definition for GUI testing[C]//Proceeding of the 5th Int. Conf. on Quality Soft. (QSIC'05),Melbourne,Australia:ACM New York,2005.
- [10] VIEIRA M. LEDUC J, HASLING B, et al.Automation of GUI testing using a model-driven approach[C]//Proceedings of the 2006 Int. Workshop on Automation of Software Test(AST'06), Shanghai, China:ACM New York,2006.
- [11] XIE Q.Developing cost-effective model-based techniques for gui testing[C]//Proceeding of the 28th Int. Conf. on Software Eng. (ICSE'06),Shanghai,China:ACM New York,2006.
- [12] MEMON A M.An event-flow model for GUI-based applications for testing[J].Software Testing Verification and Reliability, 2007,17(3):137-157.
- [13] REZA H, ENDAPALLY S, GRANT E.A model-based approach for testing GUI using hierarchical predicate transition nets [C]//Proceeding of the 4th Int. Conf. on Inf. Tech. New Generations (ITNG'07),Las Vegas,USA:IEEE Computer Society, 2007.
- [14] ALSMADI I, MAGEL K.An object oriented framework for user interface test automation[C]//Proceedings of Midwest Instruction and Computing Symposium (MICS'07),Alerus Center,Grand Forks,North Dakota, USA: Curran Associates, Inc. 2007.
- [15] YUAN X, MEMON A M.Using GUI run-time state as feedback to generate test cases[C]//Proceedings of the 29th International Conference on Software Engineering (ICSE'07),Minneapolis,MN,USA:IEEE Computer Society,2007.
- [16] 陈军成,薛云志,赵琛.一种基于事件处理函数的GUI测试方法[J].软件学报,2013,24(12):2830-2842.

(责任编辑:蒋召雪)