****

**国家示范性软件学院**

**毕业设计（论文）开题报告**

**题 目：软件可靠性模型性能综合评测系统**

**专 业 软件工程**

**学 生 郭睿**

**学 号 131110206**

**班 号 1311102**

**指导教师 张 策**

**日 期 2016.11.03**

**哈尔滨工业大学软件学院**

**目 录**

[1. 课题背景及研究的目的和意义 1](#_Toc466387622)

[1.1 课题背景 1](#_Toc466387623)

[1.2 研究的目的和意义 1](#_Toc466387624)

[2. 国内外在该方向的研究现状及分析 2](#_Toc466387625)

[2.1 国外现状及分析 2](#_Toc466387626)

[2.2 国内现状及分析 2](#_Toc466387627)

[2.3 存在问题 3](#_Toc466387628)

[3. 研究内容及拟解决的关键问题 3](#_Toc466387629)

[3.1 本系统主要研究内容 3](#_Toc466387630)

[3.2 拟解决的关键问题 4](#_Toc466387631)

[4. 拟采取的研究方法和技术路线、进度安排、预期达到的目标 4](#_Toc466387632)

[4.1 拟采取的研究方法 4](#_Toc466387633)

[4.1.1 需求分析 7](#_Toc466387634)

[4.1.1.1 主要功能描述 7](#_Toc466387635)

[4.1.1.2 用例图 8](#_Toc466387636)

[4.1.1.3 用例规格说明 8](#_Toc466387637)

[4.1.1.4 主要业务流程 20](#_Toc466387638)

[4.1.1.5 系统大致架构 24](#_Toc466387639)

[4.1.2 概要设计 24](#_Toc466387640)

[4.1.2.1 系统模块划分 24](#_Toc466387641)

[4.1.2.2 系统架构设计 26](#_Toc466387642)

[4.1.2.3 数据库概要设计 26](#_Toc466387643)

[4.1.2.4 系统界面设计 26](#_Toc466387644)

[4.2 拟采取的技术路线 27](#_Toc466387645)

[4.2.1 研究SRGMs的技术路线 27](#_Toc466387646)

[4.2.1.1 不同模型验证流程 27](#_Toc466387647)

[4.2.1.2 排序决策算法 27](#_Toc466387648)

[4.2.2 实现评测系统的技术路线 27](#_Toc466387649)

[4.2.2.1 开发语言 27](#_Toc466387650)

[4.2.2.2 开发工具 27](#_Toc466387651)

[4.2.2.3 开发环境 27](#_Toc466387652)

[4.3 进度安排 27](#_Toc466387653)

[4.4 预期达到的目标 27](#_Toc466387654)

[5. 课题已具备和所需的条件 27](#_Toc466387655)

[5.1 已具备的条件 28](#_Toc466387656)

[5.2 需要的条件 28](#_Toc466387657)

[6. 研究过程中可能遇到的困难、问题和解决的措施 28](#_Toc466387658)

[参考文献 29](#_Toc466387659)

# 课题背景及研究的目的和意义

## 课题背景

软件可靠性被定义为在规定的暴露期内不出现软件失效的概率，这种失效是指在特定的环境中由于大于规定的容差，导致与所要求输出的偏离。因此，仅仅对符合设计要求的输入，软件才是正确的。失效可能是由于编译程序、操作系统、微代码甚至硬件的错误引起的。在估计应用程序可靠性时往往忽略这些失效。然而，对整个系统可靠性的估计应包括支援软件的正确性和硬件的可靠性。暴露期与机器执行时间、程序设计环境等外来因素无关。对于许多应用，暴露期的适当单位是对应于从程序的输入域选择一个点进行的一次运行。然而，对于某些程序（如操作系统），难以确定构成一次“运行”的东西。在这些情况下，暴露期的单位可以是日历时间或CPU时间[1]。

随着软件应用的日益广泛及其重要性的不断增加,人们对软件质量的要求也越来越高。软件可靠性作为衡量软件质量的重要特性,其定量评估和预测已成为人们关注和研究的焦点。几十年来,在软件可靠性模型方面衍生出大量模型及其变种,如此众多的模型则让软件工程师们不知所措。一方面,模型的‘泛滥’说明软件可靠性问题的复杂性和不确定性,另一方面也使得如何选择和运用这些模型成了一个棘手的问题。由此可见，能迅速准确地评测出不同模型的优劣，以供模型使用者选用，帮助研究人员分析研究出性能更为优异的模型显得十分关键，这也就催生了开发出一套软件可靠性模型评测系统的需求。

## 研究的目的和意义

软件可靠性提供了对软件运行正确性置信度的一种度量，根据软件错误历史估计软件可靠性所使用的模型称为可靠性增长模型[1]。在软件发布前的测试阶段以及之后的运行阶段，软件可靠性增长模型SRGM（software reliability growth model）是用来定量建模可靠性增长过程的重要数学工具，已获得了广泛应用[2]。SRGM主要应用在软件测试阶段和操作运行阶段，其通过获得的历史数据，借助不同的建模手段，建立用以描述测试与运行阶段故障检测、排除、资源分配等相关的数学表达式，可帮助软件工程师提高可靠性的度量与预测能力的准确性[3]。目前，已有数百个SRGMs被提出，其建模的过程类别存有较大差异，且均在有限个数的失效数据集上表现出良好的性能[2]。

而本文设计和实现的SRGM评测系统旨在直观地展示不同建模方法在不同失效数据集上的拟合、预测等效果，比较不同模型性能上的差异，并能进一步评价出不同模型的优劣，给出相应的排序与决策等;本系统比较不同SRGM在建模描述测试过程的差异，有助于初学者更直观、更具体的了解不同模型的测试过程和差异所在，也为研究工作者提出性能更优的模型和软件工程师在实际工程中选择相应的SRGMs提供了一定的参考和便利。

# 国内外在该方向的研究现状及分析

## 国外现状及分析

## 国内现状及分析

在近几十年中，计算机软件从代码体积和复杂度两个方面呈现出指数型增长。软件指数型增长趋势更放大了低可靠性软件所产生的破坏范围，因此，软件自身的可靠性称为不可忽视的关键问题。软件可靠性模型从建模方法上可以分为软件可靠性解析模型和软件可靠性启发模型两大类。软件可靠性解析模型主要通过对软件失效数据行为进行假设，并在该假设的基础上依靠数学解析方法对软件可靠性建模；软件可靠性启发模型仅依赖软件历史失效数据，首先建立可靠性模型原型，然后让模型原型对软件历史实效数据进行学习，达到自我优化的目的，最终逼近实际的软件可靠性。本系统所涉及的SRGM属于软件可靠性解析模型。

软件可靠性模型主要通过对软件失效数据行为进行假设，并在该假设的基础上依靠数学解析方法对软件可靠性建模。该类模型可分为指数模型、对数模型、Littlcwood-Vcrrall模型、数据域模型、Markov链模型、随机Pctri网模型等[4]。

在软件可靠性评测方面，近年来，中国软件评测中心以电子系统可靠性评测为核心，重点面向物联网、云计算、智能移动终端软件系统、光伏产品及系统、工业控制系统等领域，搭建专业测试环境，研制测评指标体系，研发测评模型和测评工具，开展技术咨询、方案验证、测评服务等业务。目前，受国家发改委、工信部和财政部等部委其正在承建的 “国家云计算公共服务平台”提供 软件测试专业化服务：面向开发企业与个人，提供基于云服务模式的真实运营环境下的远程交互式测试、脚本自动化测试、资源监控测试、逆向分析安全测试以及可靠性测评等服务。

## 存在问题

# 研究内容及拟解决的关键问题

## 本系统主要研究内容

研究准备工作：理解5大类SRGMs（25小类）：【完美模型】（5个）、【ID】（11个）、【TEF】（3个）、【ID+TEF】（3个）、【ID+TEF+CP】（3个）的建模方式（函数）、验证流程（计算方式）以及区别所在，能够模拟演示出SRGMs在相匹配的失效数据集上的验证流程（计算相应的拟合参数值等），并能绘制出相应的历史拟合图和未来预测图、计算出拟合标准值和预测效果值等；此外，还需要理解不同失效数据集的含义和分辨出其所适用的范围，并对其按当前的SRGMs大类进行划分：（1）DS10-DS19（2）DS2、DS10-DS19（3）DS1、DS2、DS8（4）DS1-DS3（5）DS1、DS2、DS8，更进一步的要求是能够根据DS本身的特点来确定其所支持的SRGMs；最后，需要掌握比较不同SRGM优劣的方法，能够使用相应的算法完成对SRGMs性能的排序和决策。

本SRGM评测系统的开发意图：直观地展示不同建模方法在不同失效数据集上的拟合、预测等效果，比较不同模型性能上的差异，并能进一步评价出不同模型的优劣，给出相应的排序与决策等。

本SRGM评测系统的应用目标：在完成研究准备工作的基础上，进行本系统的设计和实现，最终达到通过本系统展示、比较不同SRGM在不同失效数据集上建模描述测试过程的差异，帮助初学者更直观、更具体的了解不同模型的测试过程和差异所在；也为研究人员验证、比较模型性能，从而验证得出性能更优的模型，和软件工程师在实际工程中针对特定的失效数据集选择相应的SRGMs提供一定的参考和便利。

使用本SRGM评测系统用户的特点：

1. SRMS初学者:处在学习软件可靠性增长模型初级阶段的人。他们仅需要通过本系统来熟悉模型的验证过程和了解不同模型的性能差异，对系统的需求相对局限，其只能操作本系统当前提供的模型和数据集来进行实验，为了方便初学者的使用，其无需注册即可使用本系统来完成有关实验。
2. SRGM研究人员:研究现有的SRGM、创建新型的SRGM等的该领域的研究工作者。相对于初学者，研究人员对本系统的要求更高，除了支持展示和比较不同模型在不同数据集下的验证过程和性能，还需要支持导入自己的新模型进行相关的新研究等功能。
3. 软件工程师：需要选择合适的SRGM来用于自身的软件开发工作。因此，其需要导入数据集的功能，以通过本系统评测出符合条件、性能更优的模型供其选用。
4. 系统管理员：管理本评测系统的人员。

上述使用者中，根据对本系统功能需求量排序：初学者<软件工程师<SRGM研究人员<系统管理员。

## 拟解决的关键问题

1. 完成研究的准备工作，明确系统的输入、输出和验证测试操作的具体流程。
2. 解决整个系统所处理和生成的数据、文件（模型、数据集）的输入、输出、存储、打印的问题。
3. 完整、直观、准确地演示验证SRGMs模型的流程和测试效果，达到图文并茂、流程清晰的效果。
4. 在验证过程中，力求实现根据失效数据集特征自动筛选出所支持的SRGM的功能。
5. 能全面、清楚、直观、具体地展现不同模型的区别和性能差异。
6. 解决排序、决策不同模型性能优劣所需要的算法问题。

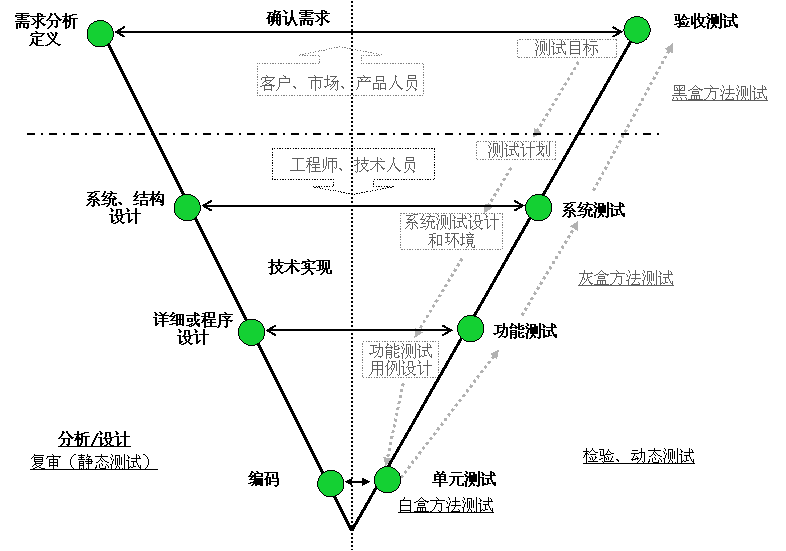
# 拟采取的研究方法和技术路线、进度安排、预期达到的目标

## 拟采取的研究方法

在SRGM性能综合评测系统的设计与实现中，采用理论研究和软件工程两种方法。

对于研究准备工作，采用理论研究的方法;通过阅读软件可靠性增长模型的有关文献，结合数学分析的知识，理解SRGM模型的原理和不同模型之间的区别，理解现有失效数据集的含义及其所适用的范围，并且注意搜集更多的权威性失效数据集；同时熟悉在不同的数据集上验证不同模型的相关流程，并且能够通过Matlab等工具复现相关的流程、绘制出相关的图像、计算出用于评测的数值等。此外，还需要研究相应的排序和决策算法，以用于全面、准确、高效地评测出SRGM性能的优劣。

对于具体软件系统的设计与实现，采用软件工程中的V字软件开发模型。



1. 需求定义阶段（BI）

该阶段的任务是通过调查分析用户的需求，确定软件系统所有的要件并获取用户的认可。对要件的描述是保证开发质量的关键。对各要件的定义和解释必须准确、唯一（不能有含糊不清的定义和解释），并且可以通过测试手段得到验证。

1. 基本设计阶段（BD）

基本设计（basic design），又称为概要设计。该阶段的任务是以需求规格说明书为基础，确定出软件系统的体系结构、提出一个实现目标系统的最佳解决方案。

1. 详细设计阶段（DD）

详细设计（detail design），又称为程序设计。该阶段的任务是根据概要设计说明书所定义的模块功能、数据逻辑结构等内容，进一步设计出详细的程序具体实现的方法。

1. 编程阶段（PG）

编程阶段，又称为编码，制作。该阶段的主要任务是按照详细设计说明书的要求，完成各模块的程序编码和调试。

1. 单元测试阶段（UT）

单元测试（Unit Testing，UT）指的是对构筑软件系统的最小可编译模块的测试，检查并确认其是否符合详细设计要求。在此阶段的测试可以发现和排除模块中 80%以上的 BUG。 实际上，单元测试与编程工作是连接在一起进行的。程序员完成了编码并纠正了所有的错误后，需要依照详细设计说明书和单元测试设计/报告对源程序做如下审查和测试：

编程规约和规范的审查处理逻辑、功能及结构的测试

该阶段的单元测试、测试用例的制作以及测试报告的填写工作主要有编程人员承担。编程人员提交测试报告后再由专职测试人员或者质量管理人员进行复审。

1. 结合测试阶段（SIT/CT/IT）

结合测试(System Integration Test，SIT)，又称集成测试，是与详细设计阶段对应的工程测试。 此阶段的测试是按照基本设计说明书的要求将各模块组装在一起的测试。主要测试各模块之间、各子系统之间的接口（关联关系）是否存在问题；全程数据结构是否存在问题；子系统的组合是否达到主功能预期的要求等。

该阶段的测试工作及测试用例的设计，均由系统设计人员或专职测试人员准照集成测试设计书的要求实施完成。

1. 系统测试阶段（ST）

系统测试（System Testing），也称为综合测试，是与系统设计阶段对应的测试工程。根据系统测试设计书对系统进行综合性能的测试，主要包括：系统的功能测试、操作测试、性能测 试、负荷测试、排他测试、异常处理测试和模拟运行测试等。

该阶段的测试工作及测试用例的设计（系统测试设计书）均由系统设计人员或者专职测试人 员担任。测试人员根据基本设计书所定义的内容，逐一确认系统的功能和性能是否符合用户的要求，并且由用户测试和确认。

1. 应用测试（RT）

应用测试，也称运行测试。与开发工程的需求（要件）定义阶段对应的测试阶段是应用测试阶段。在新系统正式投入使用之前，必须将其在与实际环境相同的条件下运行一段时间，进一步测试该系统的功能和性能是否符合需求定义的规格。此阶段包括如下测试：导入测试：在与实际环境相同的条件下运行系统，测试系统有无意外故障发生。现场测试：在实际工作环境下对系统进行测试，由用户直接操作和测试。

在开题阶段，着重完成需求定义阶段（BI）和基本设计阶段（BD），以下给出根据各个阶段要求的具体分析与设计：

### 需求分析

#### 主要功能描述

根据用户特点以及系统总体设计的内容，对其进行详细分析，得出本评测系统的具体功能需求：

* SRGM初学者功能需求：

1. 选择相应的SRGM模型（选模型）
2. 根据已选模型，选择相匹配的失效数据集（选数据集）
3. 根据模型中估计出的参数初值，拟合出最佳参数值，以表格形式呈现（求拟合参数值）
4. 绘制出拟合图和预测图（绘图）
5. 计算出拟合标准值（用于度量曲线的拟合效果）和预测效果值（用于度量模型的预测能力），以表格形式呈现
6. 在相同失效数据集上进行不同模型的批处理操作时，比较不同模型的优劣（模型横向比较）——通过图像、数值和算法来进行排序和决策等。
7. 不同模型在规定的若干个失效数据集范围内进行多次验证，综合比较模型的优劣（模型综合比较）
8. 打印图表的功能

* 软件工程师功能需求：

除了SRGM初学者的所有功能需求外，还有：

1. 注册、登录功能
2. 导入失效数据集
3. 查看历史导入的数据集
4. 删除导入的数据集
5. 修改导入的数据集

* SRGM研究人员功能需求：

除了软件工程师的所有功能需求外，还有：

1. 导入SRGM模型
2. 查看历史导入的SRGM模型
3. 删除导入的SRGM模型
4. 修改导入的SRGM模型

* 管理员功能需求：

除上述功能外，还有：

1. 管理本系统的用户（查看用户信息，删除用户）
2. 管理本系统中的SRGM模型（查看、修改模型信息，增加、删除模型）
3. 管理本系统中的失效数据集（查看、修改数据集信息，增加、删除数据集）

#### 用例图

根据不同角色对该系统的不同功能需求，画出整个系统的用例图。

* 系统用例图



#### 用例规格说明

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 用例名称 | 注册 | | |
| 用例编号 | 01 | | |
| 简要描述 | 首次使用本系统的用户需要完成注册，登录之后方可使用本系统。 | | |
| 范围 | 整个SRGM评测系统 | | |
| 主执行者 | 软件工程师|SRGM研究人员 | | |
| 前置条件 | 无 | | |
| 后置条件 | 无 | | |
| 成功保证 | 数据库中存在相应的用户信息 | | |
| 基本事件流 | 步骤 | | 活动 |
| 1 | | 用户输入用户名、密码，点击注册 |
| 2 | | 系统检测到用户输入是合法的 |
| 3 | | 提示注册成功 |
| 异常事件流 | 步骤 | 分支动作 | |
| 2a | 系统检测到用户输入的账号已被注册 | |
| 2b | 提示输入正确的账号 | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 用例名称 | 登录 | | |
| 用例编号 | 02 | | |
| 简要描述 | 已注册的用户登录本系统 | | |
| 范围 | 整个SRGM评测系统 | | |
| 主执行者 | 软件工程师|SRGM研究人员|系统管理员 | | |
| 前置条件 | 用户已完成注册 | | |
| 后置条件 | 无 | | |
| 成功保证 | 用户成功进入本系统 | | |
| 基本事件流 | 步骤 | | 活动 |
| 1 | | 用户输入用户名和密码，点击登录 |
| 2 | | 系统检测到存在此用户名 |
| 3 | | 系统检测到此用户名密码正确 |
|  | 4 | | 系统提示登录成功 |
| 异常事件流 | 步骤 | 分支动作 | |
| 2a | 系统检测到不存在此用户名 | |
| 2b | 系统提示用户名不存在 | |
| 3a | 系统检测到此用户名密码不正确 | |
| 3b | 系统提示密码输入错误 | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 用例名称 | 选择模型 | | |
| 用例编号 | 03 | | |
| 简要描述 | 用户从列表中选择1个或1组SRGM模型，若之前已选择数据集，则列表中只有与已选数据集相匹配的模型可选 | | |
| 范围 | 整个SRGM系统 | | |
| 主执行者 | SRGM初学者|软件工程师|SRGM研究人员|系统管理员 | | |
| 前置条件 |  | | |
| 后置条件 | 选择数据集或确认选择，之后要执行求拟合最佳参数值的动作 | | |
| 成功保证 | 点击添加后，界面上列出被选模型集合 | | |
| 基本事件流 | 步骤 | | 活动 |
| 1 | | 用户对若干个模型点击添加 |
| 2 | | 相应的模型被加入到已选列表中 |
| 3 | | 确认选择后，进入验证流程的下一步 |
| 异常事件流 | 步骤 | 分支动作 | |
| 3a | 系统检测到未选择相匹配的数据集 | |
| 3b | 系统提示选择相应的数据集 | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 用例名称 | 选择数据集 | | |
| 用例编号 | 04 | | |
| 简要描述 | 用户从列表中选择1个或1组失效数据集，若之前已选择模型，则列表中只有与已选模型相匹配的数据集可选 | | |
| 范围 | 整个评测系统 | | |
| 主执行者 | SRGM初学者|软件工程师|SRGM研究人员|系统管理员 | | |
| 前置条件 |  | | |
| 后置条件 | 选择模型或确认选择，之后要执行求拟合最佳参数值的动作 | | |
| 成功保证 | 点击添加后，界面上列出被选数据集集合 | | |
| 基本事件流 | 步骤 | | 活动 |
| 1 | | 用户对若干个数据集点击添加 |
| 2 | | 相应的数据集被加入到已选列表中 |
| 3 | | 确认选择后，进入验证流程的下一步 |
| 异常事件流 | 步骤 | 分支动作 | |
| 3a | 系统检测到未选择相匹配的模型 | |
| 3b | 系统提示选择相应的模型 | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 用例名称 | 求拟合参数值 | | |
| 用例编号 | 05 | | |
| 简要描述 | 将用户所选的模型集合逐一映射到数据集集合上，求出参数拟合的结果，并以表格的形式呈现出来 | | |
| 范围 | 整个评测系统 | | |
| 主执行者 | SRGM初学者|软件工程师|SRGM研究人员|系统管理员 | | |
| 前置条件 | 用户已经成功确认所选的模型和数据集 | | |
| 后置条件 | 无 | | |
| 成功保证 | 求解出的拟合参数值正确的显示在表格中 | | |
| 基本事件流 | 步骤 | | 活动 |
| 1 | | 用户点击参数拟合 |
| 2 | | 系统将计算出的参数以表格的形式显示出来 |
| 异常事件流 | 步骤 | 分支动作 | |
| 1 | [引起分支的条件] | |
|  | [活动或子用例名称] | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 用例名称 | 绘制拟合图 | | |
| 用例编号 | 06 | | |
| 简要描述 | 绘制出不同模型在不同数据集上的历史拟合图 | | |
| 范围 | 整个评测系统 | | |
| 主执行者 | SRGM初学者|软件工程师|SRGM研究人员|系统管理员 | | |
| 前置条件 | 已经计算出正确的拟合参数值 | | |
| 后置条件 | 无 | | |
| 成功保证 | 系统绘制出正确的历史拟合图，并在界面予以显示 | | |
| 基本事件流 | 步骤 | | 活动 |
| 1 | | 用户点击绘制历史拟合图 |
| 2 | | 系统显示出相应的拟合图 |
| 异常事件流 | 步骤 | 分支动作 | |
| 1 | [引起分支的条件] | |
|  | [活动或子用例名称] | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 用例名称 | 绘制预测图 | | |
| 用例编号 | 07 | | |
| 简要描述 | 绘制出不同模型在不同数据集上的预测图 | | |
| 范围 | 整个评测系统 | | |
| 主执行者 | SRGM初学者|软件工程师|SRGM研究人员|系统管理员 | | |
| 前置条件 | 已经计算出正确的拟合参数值 | | |
| 后置条件 | 无 | | |
| 成功保证 | 系统绘制出正确的未来预测图，并在界面予以显示 | | |
| 基本事件流 | 步骤 | | 活动 |
| 1 | | 用户点击绘制未来预测图 |
| 2 | | 系统显示出相应的预测图 |
| 异常事件流 | 步骤 | 分支动作 | |
| 1 | [引起分支的条件] | |
|  | [活动或子用例名称] | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 用例名称 | 求拟合标准值 | | |
| 用例编号 | 08 | | |
| 简要描述 | 根据公式求解相应的拟合标准值，表格显示 | | |
| 范围 | 整个评测系统 | | |
| 主执行者 | SRGM初学者|软件工程师|SRGM研究人员|系统管理员 | | |
| 前置条件 |  | | |
| 后置条件 |  | | |
| 成功保证 | 准确计算出相应的拟合标准值 | | |
| 基本事件流 | 步骤 | | 活动 |
| 1 | | 用户点击计算拟合标准值 |
| 2 | | 系统以表格形式显示相应的拟合标准值 |
| 3 | |  |
| 异常事件流 | 步骤 | 分支动作 | |
| 1 | [引起分支的条件] | |
|  | [活动或子用例名称] | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 用例名称 | 求预测效果值 | | |
| 用例编号 | 09 | | |
| 简要描述 | 根据公式求出预测效果值 | | |
| 范围 | 整个评测系统 | | |
| 主执行者 | SRGM初学者|软件工程师|SRGM研究人员|系统管理员 | | |
| 前置条件 |  | | |
| 后置条件 |  | | |
| 成功保证 | 系统以表格形式显示出预测效果值 | | |
| 基本事件流 | 步骤 | | 活动 |
| 1 | | 用户点击求预测效果值 |
| 2 | | 系统显示出相应模型在对应数据集上的预测效果值 |
| 3 | |  |
| 异常事件流 | 步骤 | 分支动作 | |
| 1 | [引起分支的条件] | |
|  | [活动或子用例名称] | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 用例名称 | 模型横向比较 | | |
| 用例编号 | 10 | | |
| 简要描述 | 使用有关算法比较在同一数据集上的不同模型的拟合效果和预测效果，给出模型性能的相应排序和决策 | | |
| 范围 | 整个评测系统 | | |
| 主执行者 | SRGM初学者|软件工程师|SRGM研究人员|系统管理员 | | |
| 前置条件 | [也就是激发该用例，所应该满足的条件。] | | |
| 后置条件 | [也就是该用例完成之后，将执行什么动作。] | | |
| 成功保证 | 系统给出同一数据集上不同模型的性能排序和有关分析 | | |
| 基本事件流 | 步骤 | | 活动 |
| 1 | | 用户点击模型横向比较 |
| 2 | | 系统根据用户所选的数据集，对同一数据集上的不同模型进行相应的对比 |
| 3 | | 系统给出模型性能的排序和相关的分析结果 |
| 异常事件流 | 步骤 | 分支动作 | |
| 2a | 用户所选数据集集合中的每一个数据集上的模型个数均不足两个 | |
| 2b | 系统不进行同一数据集上模型间的比较，并提示用户在同一数据集上选择两个及以上模型 | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 用例名称 | 模型综合比较 | | |
| 用例编号 | 11 | | |
| 简要描述 | 一组模型在一组数据集上进行比较，比较模型在不同数据集上的综合性能差异，给出相应的排序和分析 | | |
| 范围 | 整个评测系统 | | |
| 主执行者 | SRGM初学者|软件工程师|SRGM研究人员|系统管理员 | | |
| 前置条件 | [也就是激发该用例，所应该满足的条件。] | | |
| 后置条件 | [也就是该用例完成之后，将执行什么动作。] | | |
| 成功保证 | 系统给出一组数据集上不同模型的性能排序和有关分析 | | |
| 基本事件流 | 步骤 | | 活动 |
| 1 | | 用户点击模型综合比较 |
| 2 | | 系统根据用户所选的数据集集合，对一组数据集上的不同模型进行相应全面的评测 |
| 3 | | 系统给出模型性能的排序和相关的分析结果 |
| 异常事件流 | 步骤 | 分支动作 | |
| 2a | 用户所选数据集集合中的每一个数据集上的模型个数均不足两个or用户所选的数据集个数少于两个 | |
| 2b | 系统不进行模型综合比较，并提示用户在同一数据集上选择两个及以上模型or提示用户选择两个及以上数据集 | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 用例名称 | 打印图表 | | |
| 用例编号 | 12 | | |
| 简要描述 | 用户可以打印模型验证、对比过程中的图形和表格 | | |
| 范围 | 整个评测系统 | | |
| 主执行者 | SRGM初学者|软件工程师|SRGM研究人员|系统管理员 | | |
| 前置条件 | 系统生成并显示了相应的图表 | | |
| 后置条件 | 无 | | |
| 成功保证 | 打印机打印出相应的图表 | | |
| 基本事件流 | 步骤 | | 活动 |
| 1 | | 用户点击打印 |
| 2 | | 打印机打印相应的图表 |
| 3 | |  |
| 异常事件流 | 步骤 | 分支动作 | |
| 1 | [引起分支的条件] | |
|  | [活动或子用例名称] | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 用例名称 | 导入数据集 | | |
| 用例编号 | 13 | | |
| 简要描述 | 用户将自己的数据集导入到自己的账户中 | | |
| 范围 | 除SRGM初学者之外的其他角色可用的系统范围 | | |
| 主执行者 | 软件工程师|SRGM研究人员|系统管理员 | | |
| 前置条件 | 用户已成功登录系统 | | |
| 后置条件 | 无 | | |
| 成功保证 | 当前账户下增加相应的数据集 | | |
| 基本事件流 | 步骤 | | 活动 |
| 1 | | 已登录用户点击导入数据集 |
| 2 | | 用户选择要导入的数据集并点击确认 |
| 3 | | 用户成功导入数据集到系统中 |
| 异常事件流 | 步骤 | 分支动作 | |
| 2a | 用户未选择相应的数据集，即点击确定 | |
| 2b | 系统提示用户选择相应的数据集，用户确认提醒后 | |
| 2c | 用户再次添加or点击取消，撤销导入数据集操作 | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 用例名称 | 查看导入的数据集 | | |
| 用例编号 | 14 | | |
| 简要描述 | 用户查看自己账户历史导入的数据集 | | |
| 范围 | 除了SRGM初学者外，其他角色可使用的系统范围 | | |
| 主执行者 | 软件工程师|SRGM研究人员|系统管理员 | | |
| 前置条件 | 无 | | |
| 后置条件 | 无 | | |
| 成功保证 | 用户能看到自己实际导入的数据集 | | |
| 基本事件流 | 步骤 | | 活动 |
| 1 | | 用户点击查看已导入的数据集 |
| 2 | | 系统显示当前用户所导入的数据集列表 |
| 3 | |  |
| 异常事件流 | 步骤 | 分支动作 | |
| 1 | [引起分支的条件] | |
|  | [活动或子用例名称] | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 用例名称 | 删除导入的数据集 | | |
| 用例编号 | 15 | | |
| 简要描述 | 用户删除自己之前导入的数据集 | | |
| 范围 | 除了SRGM初学者外，其他角色可使用的系统范围 | | |
| 主执行者 | 软件工程师|SRGM研究人员|系统管理员 | | |
| 前置条件 | 用户存在已导入的数据集 | | |
| 后置条件 | 无 | | |
| 成功保证 | 被删除的数据集从系统中消失 | | |
| 基本事件流 | 步骤 | | 活动 |
| 1 | | 用户选择已导入数据集列表中相应的数据集，点击删除 |
| 2 | | 系统将相应的数据集删除 |
| 3 | |  |
| 异常事件流 | 步骤 | 分支动作 | |
| 1 | [引起分支的条件] | |
|  | [活动或子用例名称] | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 用例名称 | 导入模型 | | |
| 用例编号 | 16 | | |
| 简要描述 | 用户将自己的模型导入到自己的账户中 | | |
| 范围 | SRGM研究人员和系统管理员可用的系统范围 | | |
| 主执行者 | SRGM研究人员|系统管理员 | | |
| 前置条件 | 用户已成功登录系统 | | |
| 后置条件 | 无 | | |
| 成功保证 | 当前账户下增加相应的模型 | | |
| 基本事件流 | 步骤 | | 活动 |
| 1 | | 已登录用户点击导入模型 |
| 2 | | 用户选择要导入的模型并点击确认 |
| 3 | | 用户成功导入模型到系统中 |
| 异常事件流 | 步骤 | 分支动作 | |
| 2a | 用户未选择相应的模型，即点击确定 | |
| 2b | 系统提示用户选择相应的模型，用户确认提醒 | |
| 2c | 用户再次添加or点击取消，撤销导入模型操作 | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 用例名称 | 查看导入的模型 | | |
| 用例编号 | 17 | | |
| 简要描述 | 用户查看自己账户历史导入的模型 | | |
| 范围 | SRGM研究人员和系统管理员可使用的系统范围 | | |
| 主执行者 | SRGM研究人员|系统管理员 | | |
| 前置条件 | 无 | | |
| 后置条件 | 无 | | |
| 成功保证 | 用户能看到自己实际导入的模型 | | |
| 基本事件流 | 步骤 | | 活动 |
| 1 | | 用户点击查看已导入的模型 |
| 2 | | 系统显示当前用户所导入的模型列表 |
| 3 | |  |
| 异常事件流 | 步骤 | 分支动作 | |
| 1 | [引起分支的条件] | |
|  | [活动或子用例名称] | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 用例名称 | 删除导入的模型 | | |
| 用例编号 | 18 | | |
| 简要描述 | 用户删除自己之前导入的模型 | | |
| 范围 | SRGM研究人员和系统管理员可使用的系统范围 | | |
| 主执行者 | SRGM研究人员|系统管理员 | | |
| 前置条件 | 用户存在已导入的模型 | | |
| 后置条件 | 无 | | |
| 成功保证 | 被删除的模型从系统中消失 | | |
| 基本事件流 | 步骤 | | 活动 |
| 1 | | 用户选择已导入模型列表中相应的模型，点击删除 |
| 2 | | 系统将相应的模型删除 |
| 3 | |  |
| 异常事件流 | 步骤 | 分支动作 | |
| 1 | [引起分支的条件] | |
|  | [活动或子用例名称] | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 用例名称 | 查看用户信息 | | |
| 用例编号 | 19 | | |
| 简要描述 | 查看使用本系统的用户信息 | | |
| 范围 | 系统管理员可使用的系统范围 | | |
| 主执行者 | 系统管理员 | | |
| 前置条件 | 管理员成功登录系统 | | |
| 后置条件 | 无 | | |
| 成功保证 | 管理员看到当前使用系统的用户信息 | | |
| 基本事件流 | 步骤 | | 活动 |
| 1 | | 管理员点击查看用户信息 |
| 2 | | 系统显示当前注册的用户信息 |
| 3 | |  |
| 异常事件流 | 步骤 | 分支动作 | |
| 1 | [引起分支的条件] | |
|  | [活动或子用例名称] | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 用例名称 | 删除用户 | | |
| 用例编号 | 20 | | |
| 简要描述 | 管理员删除其他用户 | | |
| 范围 | 系统管理员可使用的系统范围 | | |
| 主执行者 | 系统管理员 | | |
| 前置条件 | 管理员成功登录系统 | | |
| 后置条件 |  | | |
| 成功保证 | 被删除的用户从系统中消失 | | |
| 基本事件流 | 步骤 | | 活动 |
| 1 | | 管理员选择相应的用户，点击删除 |
| 2 | | 系统将该用户删除 |
| 3 | |  |
| 异常事件流 | 步骤 | 分支动作 | |
| 1 | [引起分支的条件] | |
|  | [活动或子用例名称] | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 用例名称 | 查看模型信息 | | |
| 用例编号 | 21 | | |
| 简要描述 | 管理员查看系统中自带的模型信息 | | |
| 范围 | 系统管理员可使用的系统范围 | | |
| 主执行者 | 系统管理员 | | |
| 前置条件 | 管理员成功登录系统 | | |
| 后置条件 | 无 | | |
| 成功保证 | 系统显示其含有的所有模型信息 | | |
| 基本事件流 | 步骤 | | 活动 |
| 1 | | 管理员点击查看模型信息 |
| 2 | | 系统显示其含有的所有模型信息 |
| 3 | |  |
| 异常事件流 | 步骤 | 分支动作 | |
| 1 | [引起分支的条件] | |
|  | [活动或子用例名称] | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 用例名称 | 修改模型信息 | | |
| 用例编号 | 22 | | |
| 简要描述 | 管理员对系统已有的模型信息进行修改 | | |
| 范围 | 系统管理员可使用的系统范围 | | |
| 主执行者 | 系统管理员 | | |
| 前置条件 | 管理员成功登录系统 | | |
| 后置条件 | 无 | | |
| 成功保证 | 相应的模型信息被修改和显示 | | |
| 基本事件流 | 步骤 | | 活动 |
| 1 | | 管理员选择相应的模型，对其进行修改 |
| 2 | | 管理员点击修改 |
| 3 | | 该模型信息得到更新 |
| 异常事件流 | 步骤 | 分支动作 | |
| 1a | 管理员的修改内容为空或不合法 | |
| 1b | 管理员点击修改，系统提示输入正确的数据 | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 用例名称 | 增加模型 | | |
| 用例编号 | 23 | | |
| 简要描述 | 管理员向系统中增加模型 | | |
| 范围 | 系统管理员可使用的系统范围 | | |
| 主执行者 | 系统管理员 | | |
| 前置条件 | 管理员成功登录系统 | | |
| 后置条件 | 无 | | |
| 成功保证 | 相应的模型被增加和显示 | | |
| 基本事件流 | 步骤 | | 活动 |
| 1 | | 管理员点击增加模型 |
| 2 | | 管理员选择相应的模型并点击添加 |
| 3 | | 该模型被添加到系统 |
| 异常事件流 | 步骤 | 分支动作 | |
| 2a | 管理员未选择相应的模型，即点击确定 | |
| 2b | 系统提示选择相应的模型，管理员确认提醒 | |
| 2c | 用户再次添加or点击取消，撤销添加模型操作 | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 用例名称 | 删除模型 | | |
| 用例编号 | 24 | | |
| 简要描述 | 管理员从系统中删除模型 | | |
| 范围 | 系统管理员可使用的系统范围 | | |
| 主执行者 | 系统管理员 | | |
| 前置条件 | 管理员成功登录系统 | | |
| 后置条件 | 无 | | |
| 成功保证 | 相应的模型被从系统中删除 | | |
| 基本事件流 | 步骤 | | 活动 |
| 1 | | 管理员选择相应的模型 |
| 2 | | 点击删除 |
| 3 | | 该模型被从系统中删除 |
| 异常事件流 | 步骤 | 分支动作 | |
| 1 | [引起分支的条件] | |
|  | [活动或子用例名称] | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 用例名称 | 查看数据集信息 | | |
| 用例编号 | 25 | | |
| 简要描述 | 管理员查看系统中自带的数据集信息 | | |
| 范围 | 系统管理员可使用的系统范围 | | |
| 主执行者 | 系统管理员 | | |
| 前置条件 | 管理员成功登录系统 | | |
| 后置条件 | 无 | | |
| 成功保证 | 系统显示其含有的所有数据集信息 | | |
| 基本事件流 | 步骤 | | 活动 |
| 1 | | 管理员点击查看数据集信息 |
| 2 | | 系统显示其含有的所有数据集信息 |
| 3 | |  |
| 异常事件流 | 步骤 | 分支动作 | |
| 1 | [引起分支的条件] | |
|  | [活动或子用例名称] | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 用例名称 | 修改数据集信息 | | |
| 用例编号 | 26 | | |
| 简要描述 | 管理员对系统已有的数据集信息进行修改 | | |
| 范围 | 系统管理员可使用的系统范围 | | |
| 主执行者 | 系统管理员 | | |
| 前置条件 | 管理员成功登录系统 | | |
| 后置条件 | 无 | | |
| 成功保证 | 相应的数据集信息被修改和显示 | | |
| 基本事件流 | 步骤 | | 活动 |
| 1 | | 管理员选择相应的数据集，对其进行修改 |
| 2 | | 管理员点击修改 |
| 3 | | 该数据集信息得到更新 |
| 异常事件流 | 步骤 | 分支动作 | |
| 1a | 管理员的修改内容为空或不合法 | |
| 1b | 管理员点击修改，系统提示输入正确的数据 | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 用例名称 | 增加数据集 | | |
| 用例编号 | 27 | | |
| 简要描述 | 管理员向系统中增加数据集 | | |
| 范围 | 系统管理员可使用的系统范围 | | |
| 主执行者 | 系统管理员 | | |
| 前置条件 | 管理员成功登录系统 | | |
| 后置条件 | 无 | | |
| 成功保证 | 相应的数据集被增加和显示 | | |
| 基本事件流 | 步骤 | | 活动 |
| 1 | | 管理员点击增加数据集 |
| 2 | | 管理员选择相应的数据集并点击添加 |
| 3 | | 该数据集被添加到系统 |
| 异常事件流 | 步骤 | 分支动作 | |
| 2a | 管理员未选择相应的数据集，即点击确定 | |
| 2b | 系统提示选择相应的数据集，管理员确认提醒 | |
| 2c | 用户再次添加or点击取消，撤销添加数据集操作 | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 用例名称 | 删除数据集 | | |
| 用例编号 | 28 | | |
| 简要描述 | 管理员从系统中删除数据集 | | |
| 范围 | 系统管理员可使用的系统范围 | | |
| 主执行者 | 系统管理员 | | |
| 前置条件 | 管理员成功登录系统 | | |
| 后置条件 | 无 | | |
| 成功保证 | 相应的数据集被从系统中删除 | | |
| 基本事件流 | 步骤 | | 活动 |
| 1 | | 管理员选择相应的数据集 |
| 2 | | 点击删除 |
| 3 | | 该数据集被从系统中删除 |
| 异常事件流 | 步骤 | 分支动作 | |
| 1 | [引起分支的条件] | |
|  | [活动或子用例名称] | |

#### 主要业务流程

本评测系统的主要业务流程主要来源于不同SRGM模型在数据集上的验证流程，不同类型用户使用系统的流程存在细微差异。首先，用户需要选择自己所属的类型，如果是SRGM初学者，则无需登录； 如果是软件工程师或SRGM研究人员则需要登录到本系统（未注册者需要先注册）；如果是系统管理员，则只提供登录到系统的功能。

对于SRGMs验证流程，首先需要选择模型和与其相匹配的数据集，然后需要计算出拟合参数值，之后则可根据用户权限和自身需要自由选择绘图、求标准值、预测值、横向比较、综合比较的功能，其中系统产生图表时，可以选择打印图表的功能。以下为本系统总的业务流程图：

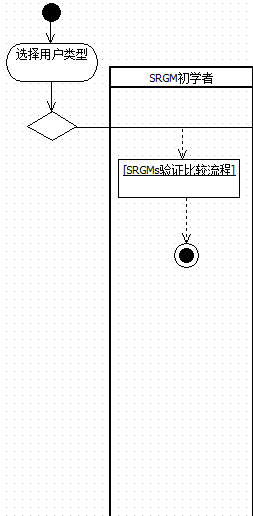


其中SRGMs验证比较流程如下：



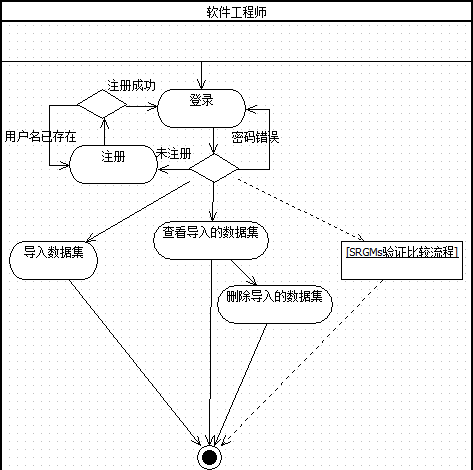
上图表示模型验证比较的流程，用户首先选择模型和相应的数据集，选择模型和数据集的先后顺序可以颠倒，当等到选择完成后求拟合参数值，之后可以根据用户选择，不分先后的进行绘制拟合图、预测图，计算效果值、拟合标准值，模型横向、综合比较的操作。其中，如果在任一所选的数据集上选择模型数小于2个，则无法进行模型横向比较；如果所选数据集的个数小于2个or满足上述条件，则无法进行模型综合比较。

SRGM初学者：



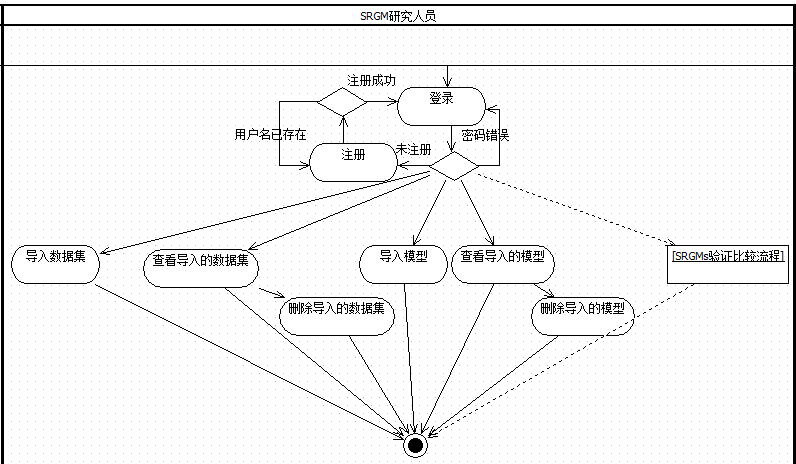
上图表示SRGM初学者所能使用的系统的功能只有验证和比较。

软件工程师：



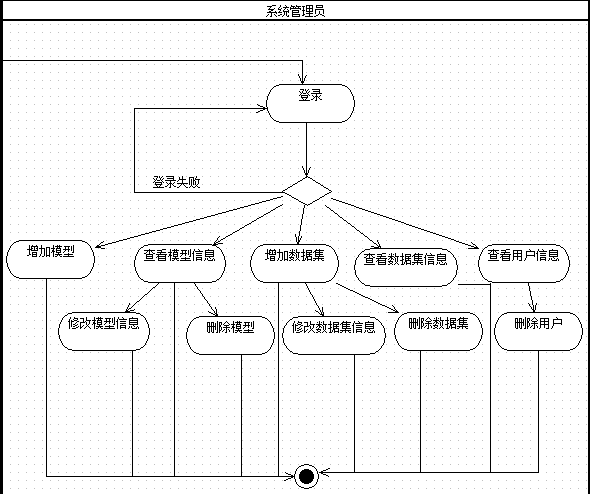
上图表示软件工程师所能使用的系统功能及业务流程。其中，注册之后方可登录，密码错误则不能成功登录系统；需要查看导入的数据集之后，才能对相应的数据集进行删除。

SRGM研究人员：



上图表示SRGM研究人员所能使用的系统功能及业务流程。其中，注册之后方可登录，密码错误则不能成功登录系统；需要查看导入的数据集之后，才能对相应的数据集进行删除，同样地，需要先查看导入的模型之后，才能对相应的模型集合进行删除。

系统管理员：



上图表示系统管理员所能使用的额外系统功能及业务流程。其中，系统不开放对系统管理员的注册，密码错误则不能成功登录系统；需要查看系统含有的数据集信息之后，才能修改相应的数据集信息和对相应的数据集进行删除，同样地，需要先查看系统含有的模型信息之后，才能修改相应的模型信息和对相应的模型进行删除。

#### 系统大致架构

### 概要设计

#### 系统模块划分

根据需求分析中：系统所含的功能之间的相关性、不同用户角色所能使用的系统功能范围，对本评测系统进行模块划分，以系统结构图的形式呈现出来。

 图中将本SRGM性能综合评测系统分为评测子系统和管理子系统，而评测子系统下有包含演示子系统、导入模块和登录模块，管理子系统包含登录模块和管理模块。

 上图表示的系统的核心：演示子系统，其包含选择模块、绘图模块、求值模块、比较模块和打印功能，求拟合参数值是为之后的绘图所服务的，所以将其归入绘图模块。

 上图表示的导入模块和登录模块，导入模块包含用户导入模型、数据集和对导入内容的0管理功能，登录模块包含注册和登录功能。注：管理子系统只含有登录模块的登录功能。

 上图表示的是管理模块，其含有对用户和对系统自带数据集、模型的管理功能。

#### 系统架构设计

本系统同外界的所有接口的安排包括软件与硬件之间的接口、本系统与各支持软件之间的接口关系，系统的架构通过部署图体现。

#### 数据库概要设计

#### 系统界面设计

## 拟采取的技术路线

### 研究SRGMs的技术路线

#### 明确不同模型区别

明确不同模型在验证流程中的区别

#### 明确不同数据集差异

#### 排序决策算法

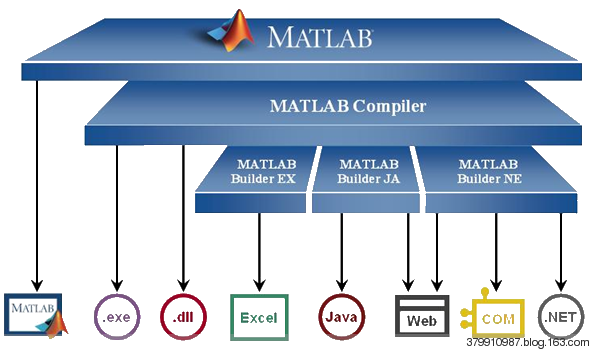
### 实现评测系统的技术路线

#### 开发语言

#### 开发工具

开发工具使用MATLAB R2014b和VisualStudio2013。

MATLAB提供了多种编程语言的接口，通过微软的组建对象模型（Component Object Model，COM）完成外部程序、客户端和服务端之间的通讯和数据共享，这些功能的实现都是使用了MATLAB的应用程序接口（Application Program Interface，API）来实现的。下图是MATLAB提供的接口:

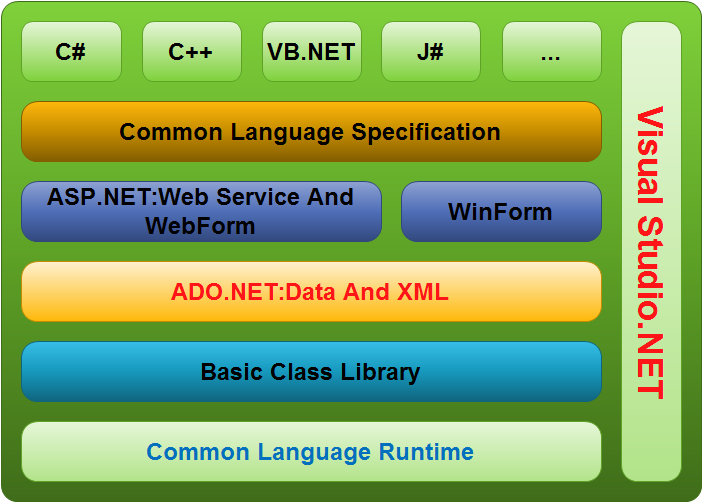


MATLAB使用自身强大的编译器可以将MATLAB的应用程序编译为一个独立的程序(.exe)或者组件(.dll)，这些组件又能够被Fortran、C、C++等高级语言调用，实现了和其他程序之间的交互；通过使用MATLAB Builder EX，将MATLAB的函数打包为组件，这样就能够能被Excel使用；通过使用MATLAB Builder JA，可以由MATLAB程序创建Java语言中的类，这些类完全可以在没有安装MATLAB的桌面计算机或者网络服务器上运行。通过使用MATLAB Builder NE，将MATLAB函数封装入.NET中类的方法，这些类就可以像其他托管代码一样被.NET环境下的所有语言调用，例如C#、VB.NET、J#、C++.NET、F#等语言，甚至是网络程序也可以调用，例如ASP.NET。

使用.NET的接口有如下几个优点：

1. 代码安全。作为托管代码，不会出现指针带来的问题，这就保证了程序的稳定性。
2. 容错机制。C#中具有异常处理方法，因此即使程序在运行中出现了错误，也能从故障中快速恢复，或者提供较好的摆脱异常的方法，而不是像其他程序那样造成程序崩溃。
3. 面向对象。通过将函数打包为一个类的方法，实现了完整的面向对象编程，方便了代码的阅读和管理，并能够实现面向对象中的重载、继承、多态等功能。

.NET的核心部分是.NET Framework，这是一组框架，是.NET的核心支持库，.NET Framework提供CLR（公共语言运行时）提供了对各种程序的支持，通常将在CLR的控制下运行的代码，称为托管代码(managed code)。使用.NET开发的程序需要在.NET Framework下才能运行，下图是.NET Framework的架构：



通过使用Visual Studio.NET开发工具，可以使用多种语言开发，采用CLS（公共语言规范）后，编译为中间语言，这种语言是专门针对公共语言的，和其他高级语言无关，因此，高级语言可以在这个层面上实现融合和互通，这也是.NET架构的一大优势，也是其成功的关键因素。最后，在CLR（公共语言运行时）提供的支持，从而在操作系统上运行。MATLAB Builder NE就是将M文件编译为位于Basic Class Library同一层，实现了程序的运行。

混合编程的实现方法：.net程序调用MATLAB函数。

这种方法实施起来有些复杂，但是可扩展更大，这种方式可以完全脱离MATLAB环境，实现软件的快速开发。将MATLAB中的程序作为组件提供给其他.NET程序使用，需要做两方面的工作：1.将M文件打包为与.NET兼容的程序集，2.在外部程序中添加对程序集的引用。

#### 开发环境

## 进度安排

## 预期达到的目标

# 课题已具备和所需的条件

## 已具备的条件

## 需要的条件

# 研究过程中可能遇到的困难、问题和解决的措施

参考文献

[1]C.V.Ramamoorthy,F.B.Bastani,栾季生.软件可靠性的现状和展望.ComputerScience.1983-05

[2][张策](http://www.cnki.net/kcms/detail/search.aspx?dbcode=CJFQ&sfield=au&skey=%e5%bc%a0%e7%ad%96&code=11111169;06989779;35286250;35286251;06994737;06987392;)，[孟凡超](http://www.cnki.net/kcms/detail/search.aspx?dbcode=CJFQ&sfield=au&skey=%e5%ad%9f%e5%87%a1%e8%b6%85&code=11111169;06989779;35286250;35286251;06994737;06987392;),[万锟](http://www.cnki.net/kcms/detail/search.aspx?dbcode=CJFQ&sfield=au&skey=%e4%b8%87%e9%94%9f&code=11111169;06989779;35286250;35286251;06994737;06987392;)等.SRGM建模类别与性能分析.哈尔滨工业大学学报.2016-08

[3][张策](http://www.cnki.net/kcms/detail/search.aspx?dbcode=CJFQ&sfield=au&skey=%e5%bc%a0%e7%ad%96&code=11111169;06987392;06989779;06994737;),[崔刚](http://www.cnki.net/kcms/detail/search.aspx?dbcode=CJFQ&sfield=au&skey=%e5%b4%94%e5%88%9a&code=11111169;06987392;06989779;06994737;)等.不完美排错SRGM研究.智能计算机与应用.2014-02

[4]耿技，聂鹏等.软件可靠性数据集现状与研究.电子科技大学学报.2013-07，第4期