****

**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](#_Toc467094110)

[1.1 课题背景 1](#_Toc467094111)

[1.2 研究的目的和意义 1](#_Toc467094112)

[2. 国内外在该方向的研究现状及分析 2](#_Toc467094113)

[2.1 国外现状及分析 2](#_Toc467094114)

[2.2 国内现状及分析 2](#_Toc467094115)

[2.3 存在问题 3](#_Toc467094116)

[3. 研究内容及拟解决的关键问题 3](#_Toc467094117)

[3.1 本系统主要研究内容 3](#_Toc467094118)

[3.1.1 需求分析 4](#_Toc467094119)

[3.1.1.1 主要功能描述 4](#_Toc467094120)

[3.1.1.2 用例图 5](#_Toc467094121)

[3.1.1.3 用例规格说明 6](#_Toc467094122)

[3.1.1.4 主要业务流程 18](#_Toc467094123)

[3.2 拟解决的关键问题 24](#_Toc467094124)

[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 25](#_Toc467094125)

[4.1 拟采取的研究方法 25](#_Toc467094126)

[4.1.1 SRGMs的研究 26](#_Toc467094127)

[4.1.1.1 明确模型类别 26](#_Toc467094128)

[4.1.1.2 明确数据集特征 28](#_Toc467094129)

[4.1.1.3 明确性能评测方法 31](#_Toc467094130)

[4.1.2 概要设计 32](#_Toc467094131)

[4.1.2.1 系统模块划分 32](#_Toc467094132)

[4.1.2.2 系统架构设计 34](#_Toc467094133)

[4.1.2.3 数据库概要设计 34](#_Toc467094134)

[4.2 拟采取的技术路线 36](#_Toc467094135)

[4.2.1.1 开发语言 36](#_Toc467094136)

[4.2.1.2 开发工具 36](#_Toc467094137)

[4.2.1.3 开发环境 39](#_Toc467094138)

[4.3 进度安排 39](#_Toc467094139)

[4.4 预期达到的目标 39](#_Toc467094140)

[5. 课题已具备和所需的条件 40](#_Toc467094141)

[5.1 已具备的条件 40](#_Toc467094142)

[5.2 需要的条件 40](#_Toc467094143)

[6. 研究过程中可能遇到的困难、问题和解决的措施 40](#_Toc467094144)

[参考文献 41](#_Toc467094145)

# 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]](#endnote-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]](#endnote-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]](#endnote-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

最早的SRGM一般被认为是由Goel-Okumoto于1978年提出的经典的G-O模型[[4]](#endnote-4)，其后各种SRGMs被广泛提出。SRGM即可适用于软件测试阶段也可以用于发布运行中．软件可靠性工程SRE(Software Reliability Engineering)作为一个学科。于1991年被AT&T Bell实验室的Musa正式提出，旨在确保用户使用高可靠性的软件[[5]](#endnote-5)，在软件测试过程中SRE采用科学的技术和工具来尽可能多的移除软件中潜在的故障。至20世纪90年代中期，构件软件及其可靠性受到了研究人员的关注，并逐渐形成了一系列的研究子领域。此时可靠性已从传统单一的软件衍生到考虑内部结构特征以及不同测试阶段差异性的研究范畴。这样，到了21世纪初基于构件的软件工程这一新的开发范型开始流行，进入21世纪第二个十年，以可靠性为核心的构件软件可靠性过程开始出现[[6]](#endnote-6)-[[7]](#endnote-7)[[8]](#endnote-8)[[9]](#endnote-9)，构件软件可靠性过程是指在软件整个生命周期内以可靠性为核心，不断提高可靠性的增长和发布实现预期目标的可靠软件的动态过程。目前还没有对可靠性过程内容和实现技术进行统一的分析和分层归纳，使得在科研与应用中难以抉择。例如文献6中把描述集成测试中故障检测与改正的动态过程称为可靠性过程分析，Gokhale等人8-9则侧重以仿真的方法来分析排错过程，或基于马尔可夫模型进行可靠性测评[[10]](#endnote-10)-[[11]](#endnote-11)等。针对基于体系结构的软件可靠性预测，Gokhale等人11-[[12]](#endnote-12)提出了统一框架，运用基于状态的模型采用解析的方法对构件软件进行了可靠性预测[[13]](#endnote-13)。

## 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[[14]](#endnote-14)。

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

软件可靠性模型有大量模型及变种,如此众多的模型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。如何简洁高效的评测出软件可靠性模型性能的优劣便成了亟待解决的问题。

# 研究内容及拟解决的关键问题

## 本系统主要研究内容

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。

### 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



Figure 3‑1

上图表示出了四种不同角色对系统功能需求的关系。其中，四种用户角色都具有演示不同模型验证流程和差异比较的功能，SRGM初学者只具有基本的演示功能；软件工程师则额外拥有导入和管理自己的数据集，进而找到更适合自身数据集的模型的需求；而SRGM研究人员则希望能导入自己的模型，并进行不同模型间的比较，以达到分析自身模型性能的需求，当然，导入数据集来增加模型验证的范围也是研究人员所必须的；系统管理员的需求倾向于管理方面：管理用户和系统自带的模型、数据集是管理员的首要任务。

#### 用例规格说明

Table 3-1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 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 | |

Table 3-2

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 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 | |

Table 3-3

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 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 | |

Table 3-4

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 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 | |

Table 3-5

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 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] | |

Table 3-6

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 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] | |

Table 3-7

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 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] | |

Table 3-8

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 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] | |

Table 3-9

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 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] | |

Table 3-10

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 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 | |

Table 3-11

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 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 | |

Table 3-12

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 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] | |

Table 3-13

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 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 | |

Table 3-14

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 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] | |

Table 3-15

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 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] | |

Table 3-16

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 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 | |

Table 3-17

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 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] | |

Table 3-18

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 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] | |

Table 3-19

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 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] | |

Table 3-20

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 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] | |

Table 3-21

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 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 | |

Table 3-22

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 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 | |

Table 3-23

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 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] | |

Table 3-24

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 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] | |

Table 3-25

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 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 | |

Table 3-26

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 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 | |

Table 3-27

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 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：



Figure 3‑2

其中SRGMs验证比较流程（核心）如下：

Figure 3‑3

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：

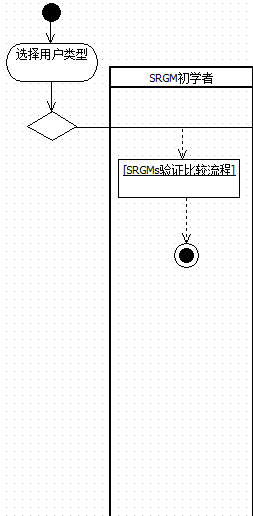


Figure 3‑4

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：

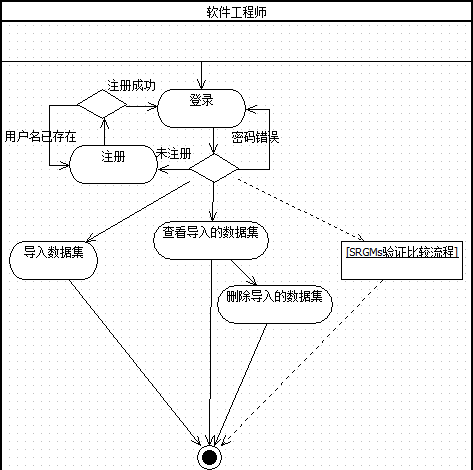


Figure 3‑5

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：

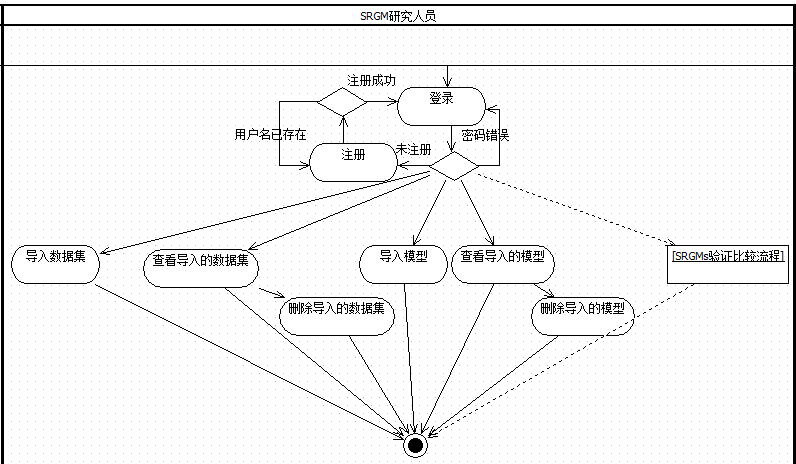


Figure 3‑6

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：

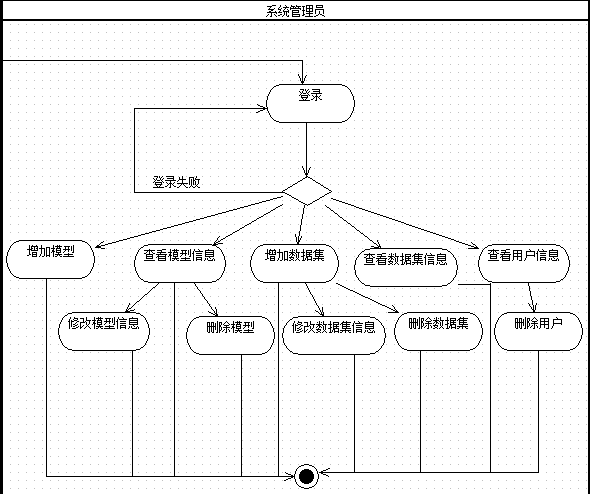


Figure 3‑7

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。

## 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模型的功能。此外，除了显示模型和数据集所自带的一些必须信息外，系统可以根据数据集信息绘图以进一步体现数据集特性，并且系统能在验证的过程中自动分析出模型和数据集的一些隐含特征（如：曲线形状）。——此部分所涉及的功能可在后期加入，其主要目的是为了更好地体现数据集和模型的特征，方便用户的识别和匹配模型和数据集。此处可以采用基于特征自动分析、匹配模型和数据集的技术，来达到智能化的效果。

模型与数据集验证对应关系：

(1) 在包含TE的数据集上，被比较的SRGM模型中应该涵盖对TEF的考虑；

(2) 对不完美排错相关的SRGMs的验证，要使得反应不完美排错的故障引入率和故障修复概率二者的拟合值存在且位于(0,1)之间。

1. 能全面、清楚、直观、具体地展现不同模型的区别和性能差异。
2. 解决排序、决策不同模型性能优劣所要实现的算法问题。

# 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，采取的研究方式分为理论研究和软件开发两类.

* 理论研究方法：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。
* 软件开发方法：V字软件开发模型。

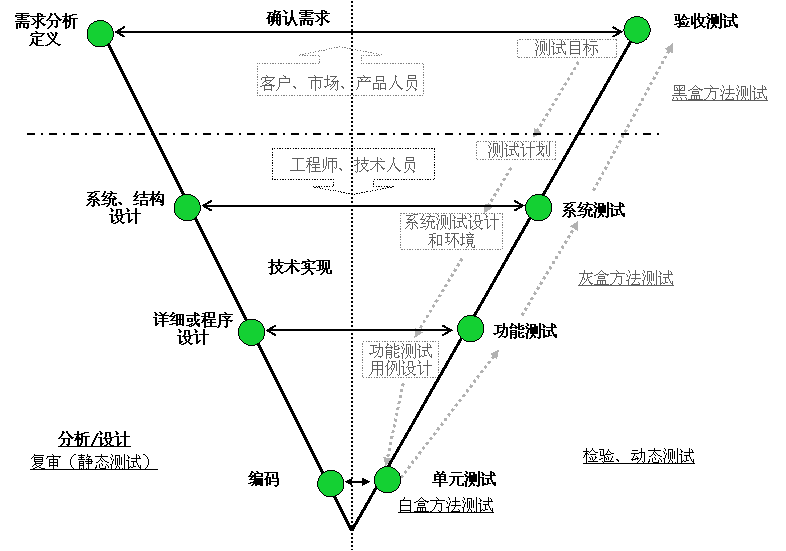


Figure 4‑1

本SRGM性能评测系统的设计和开发按照上图所示的V字模型进行，需求分析定义已在研究内容中说明，后续会进行系统架构和详细设计，相应的进度安排也可参考该模型的流程进行。

### SRGMs的研究

#### 明确模型类别

Table 4-1 【完美模型】（6个）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 模型 | | 类型 | 累积故障检测数量*m*(*t*)（即平均值函数MVF）与其它参变量设置解释 |
| **M-0:**G-O | | EX+PD  (Concave) | ; *a*(*t*)=*a*; *b*(*t*)=*b*.也被称为指数模型或Musa模型 |
| *S*-shaped | **M-1:**Delayed *S*-shaped[35-36, 63] | PD+  *S*-shaped | ; *a*(*t*)=*a*; *b*(*t*)=*b*2*t*/(1+*bt*)是对G-O模型的改进 |
| **M-2:**Inflection *S*-shaped[92] | SS+PD+  Concave | ; *a*(*t*)=*a*; , 如果, 得到G-O模型 |
| Yamada | **M-3:**Yamada  Exponential[46] | Concave+TEF | ; *a*(*t*)=*a*; . 尝试考虑到TE |
| **M-4:**Yamada  Rayleigh[46] | *S*-shaped+TEF | ; *a*(*t*)=*a*; .尝试考虑到TE |
| **M-5:**Yamada  Weibull[38] | Concave+TEF |  |

Table 4-2 【ID】（11个）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Yamada  Imperfect Debugging | **M-6:**Y-Exp[38] | Concave+ID | ; , 假定指数故障内容函数; *b*(*t*)=*b* |
| **M-7:**Y-Lin[38] | Concave+ID | ; , 为故障引入率; *b*(*t*)=*b*. |
| **M-8:**P-N-Z Model[89] | | *S*-shaped+ Concave+ID | ; ; ; *a*(*t*)为*t*的线性增函数; *b*(*t*)为弯曲*S*型函数, 且非降 |
| **M-9:**P-Z2[108] | | ID | ; |
| **M-10:**P-Z model[42] | | *S*-shaped+ Concave+ID | ;; |
| **M-11:**Zhang-Teng-Pham[109] | | ID | ; , ; |
| **M-12:**Pham Zhang IFD[88] | | ID |  |
| **M-13:**P-Z[90] | | ID | ; |
| **M-14:**Pham[89] | | ID | ; *a*(*t*)=*a*(1+*rt*); , 为测试过程学习因子, 可正可负 |
| **M-15:**Ohba-Chou[40] | | ID | ; *b*(*t*)=*b*; |
| **M-16:**Xie[85] | | ID | ; , , *k*表示故障排除变化率 |

Table 4-3 【TEF】（3个）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **M-17:**Huang[30] | TEF | ; ; *a*(*t*)=*a*; *b*(*t*)=*b* |
| **M-18:**Yamada-TEF[110] | TEF | ; (此为Weibull类型TEF) |
| **M-19:**Ahmad[51] | TEF | ; (此为Burr 类型 X TEF) |

Table 4-4 【ID+TEF】（3个）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **M-20:**TEFIDM[6] | ID+TEF | ; |
| **M-21:**SEWTEFIDM[5] | ID+TEF | ; |
| **M-22:**SLTEFIDM[6] | ID+TEF | ; |

Table 4-5 【ID+TEF+CP】（3个）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **M-23:**WTECPM[31] | ID+TEF+CP | ; |
| **M-24:**GLTECPM[25] | ID+TEF+CP | ; |
| **M-25:**ECPM[26] | ID+TEF+CP | , *W*(*t*)为Rayleigh、Logistic、Weibull三种分布 |

#### 明确数据集特征

理解不同失效数据集的特征，并据此分辨出其所适用的范围。

Table 4-6数据集特征分类

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 数据集名称 | 特征（所含数据类型） | | | | | |
|  | 失效检测时间ti | 累计执行时间wi | 累计失效个数yi | 瞬时执行时间(CPU) | CP点设置 | 累计修复个数ci |
| DS1、DS2 | 单位：周 | √ | √ |  | 无 |  |
| DS3 | 单位：周 | √ | √ | √ |  | √ |
| DS4(=DS1) | 单位：周 | √ | √ |  | CP=6 |  |
| DS5(=DS2) | 单位：周 | √ | √ |  | CP=11 |  |
| DS7 | 单位：天 |  | √ |  | CP=13 |  |
| DS9(=DS3) | 单位：周 | √ | √ | √ | CP=8 | √ |
| DS10 | 累计失效时间 |  | √ |  |  |  |
| DS11 | 单位：周 |  | √ | √ |  |  |
| DS12  DS13 | 单位：周 |  | √ |  |  |  |
| DS15 | 单位：天 | √ | √ |  |  |  |
| DS17  DS18  DS19 | 未知 |  | √ |  |  |  |

适用的范围：

Table 4-7

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Model | | 类型 | 累积故障检测数量*m*(*t*)（即平均值函数MVF）与其它参变量设置解释 | 采用的数据集 |
| G-O模型 | | EX+PD  (Concave) |  | DS10~DS19 |
| *S*-shaped类型 | **①**Delayed ***S***-shaped[DS, IS-3] | SS+PD+  S-shaped |  |
| **②**Inflection ***S***-shaped[IS-1-2-3] | SS+PD+  Concave |  |
| Yamada类型 | **③**Yamada  Exponential[YE-1-2] | Concave+TEF |  |
| **④**Yamada  Rayleigh[YR-1-2,YE-2] | S-shaped+TEF |  |
| **⑤**Yamada  Weibull[YW= YR-2] | Concave+TEF |  |

Table 4-8

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Model | | 类型① | 累积故障检测数量*m*(*t*)（即平均值函数MVF）与其它参变量设置解释 | 采用的数据集 |
| Yamada  Imperfect Debugging | **⑥Y-Exp**[YID] | Concave+ID |  | **DS2**  **DS10~DS19** |
| **⑦Y-Lin**[YID] | Concave+ID |  |
| **⑧**P-N-Z Model(不完美)[PNZ-1-2] | | S-shaped+ Concave+ID |  |
| **⑨**P-Z2[PNZ-1] | | ID |  |
| **⑩**P-Z model[PZ] | | S-shaped+ Concave+ID |  |
| Zhang-Teng-Pham[ZTP] | | ID |  |
| Pham Zhang IFD[PZIFD] | | ID |  |
| P-Z[PZO] | | ID |  |
| Pham 模型[103] | | ID |  |
| Ohba-Chou 模型[55] | | ID |  |
| Xie模型[71] | | ID |  |

Table 4-9

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Huang[黄TEF6] | TEF | ;    此处用的*W*(*t*)为： | **DS1**  **DS2**  **DS8** |
| Yamada-TEF[YT] | TEF | ;    此处用的*W*(*t*)为： |
| **N. Ahmad**[**TEF多2**] | TEF | 此处用的*W*(*t*)为： |

Table 4-10

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **LTEFIDM**  **---《黄TEF2》** | ID+TEF | 其中，  此处用的*W*(*t*)为： | **DS1**  **DS2**  **DS3** |
| **SEWTEFIDM**  **---《TEF多3》** | ID+TEF | 其中，  此处用的*W*(*t*)为： |
| **SLTEFIDM**  **---《黄TEF2》** | ID+TEF | 其中，  此处用的*W*(*t*)为： |

Table 4-11

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Model | 类型① | 累积故障检测数量*m*(*t*)（即平均值函数MVF）与其它参变量设置解释 | 采用的数据集 |
| **WTECPM---《TEF12》**  **+**  **《TEF10》后者更全面** | ID+TEF+CP | (1)  (2)  **注意：**这里***W*(*t*)**进行了分段，所以这里的***m*(*t*)**实际上也进行了分段。 | DS1  DS2  DS3  DS8 |
| **GLTECPM**  **---《CP0》** | ID+TEF+CP | (3)  (4)  **注意：**这里***W*(*t*)**并**没有**进行分段，即这里的***m*(*t*)**中只有***r***分为***r*1**和***r*2**而已。 |
| **ECPM**  **---《CP3》** | ID+TEF+CP | *W*(*t*)为Rayleigh、Logistic、Weibull三种分布   |  |  | | --- | --- | | ***W*(*t*)为Rayleigh时** | (6-1) | | ***W*(*t*)为Logistic时** | (6-2) **（引自《黄---TEF2》）** | | ***W*(*t*)为Weibull时** | (6-3) |   **注意：**这里***W*(*t*)**并**没有**进行分段，即这里的***m*(*t*)**中只有***r***分为***r*1**和***r*2**而已。 |

#### 明确性能评测方法

采用均方误差值（Mean Square Error, *MSE*）和回归曲线方程的相关指数（*R*-*square*）等度量曲线拟合效果，利用相对误差（Relative Error, *RE*）度量模型的预测能力。

Table 4-12 评测标准

|  |
| --- |
| (1) |
| (2) |
| (3) |
| (4)其中  (5) |
| (6) |
| (7) |
| (8) |
| (9) |

其中，*yi*表示到*ti*时累积失效个数，*m*(*ti*)表示到*ti*时利用模型得到的估算值，*n*表示失效数据样本数量。显然，*MSE*的值越小，*R*-*square*值越接近于1，拟合效果越好。*RE*曲线越（早）趋近于0，模型预测效果越好。

拟采用的排序和决策算法：

STEP1：求出上述评价标准均最优的虚拟模型

STEP2：计算不同模型到虚拟模型间的距离

STEP3：根据距离大小对模型进行排序

### 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。

Figure 4‑2

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。

Figure 4‑3

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。



Figure 4‑4

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。

Figure 4‑5

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

为了方便用户对本系统的访问，实现资源的共享，本SRGM性能综合评测系统拟采用B/S架构实现。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通过部署图体现：



Figure 4‑6

#### 数据库概要设计

首先找出本评测系统所涉及问题领域的实体：SRGM模型、失效数据集、SRGM初学者、软件工程师、SRGM研究人员、系统管理员。

接下来，分析实体所含有的属性，

1. SRGM模型：模型名称、模型表达式、模型类型（根据）、存储格式、存放路径、参数、（其拟合曲线）形状、在数据集上的初值。
2. 失效数据集：数据集名称、时间类型、数据集类型（有无w(t)、有无c(t)）、存放路径、发布时间、来源。
3. SRGM初学者：因初学者无需登录系统，其无属性值。
4. 软件工程师：用户名、密码、导入的数据集名称。
5. SRGM研究人员：用户名、密码、导入的数据集名称、导入的模型名称。
6. 系统管理员：用户名、密码、姓名、手机号。

其中，参数、导入的数据集名称、导入的模型名称属于多值属性，在数据集上的初值是多值属性和复合属性，在设计过程中需要将其转化为单一属性和单值属性。

然后分析实体之间的联系：多个模型实例属于一类模型，多个模型属于一种形状，一个模型含N个参数；多个数据集属于一类数据集；一个模型在一个数据集上有相应的参数初值，模型实例和数据集实例之间存在是否匹配的关系；软件工程师导入相应的数据集，SRGM研究人员导入相应的数据集和模型，管理员可以管理系统自带的数据集和模型。

根据以上分析，画出系统的实体—关系模型：

Figure 4‑7

上图表示出了每个实体所含有的属性和实体之间的联系。

### 详细设计

#### 类之间的层次关系

根据概要设计中的ERD体现的实体之间的联系，结合业务逻辑中的各种功能模块，实现如下所示的类图：



Figure 4‑8

上图中类的属性和方法有待近一步的明确。

#### 类之间的逻辑关系

类之间的逻辑关系，体现在各个功能实现过程中，信息的传递流程，通过时序图来表示，以下为各个用例的时序图：



Figure 4‑9 注册&登录

上图是用户注册和登录的时序图，此处以SRGM研究人员为例，对于软件工程师同样适用，而系统管理员只存在登录的时序。用户在界面输入相应的用户名和密码，来完成注册和登录。



Figure 4‑10 选择模块

上图为选择模型和数据集的时序图，此处以SRGM初学者为例。首先，系统界面将可选的模型和数据集呈现给用户，之后用户可以选择先选模型or先选数据集，然后在选择与前一项相匹配的后一项，最后确认选择。



Figure 4‑11 演示子系统（除选择模块）

上图为演示子系统的时序图，其中除了求拟合参数外，其他时序顺序可以互换。该时序图中涉及几乎整个系统中最关键的方法。



Figure 4‑12 导入&删除数据集

上图为导入&删除数据集的时序图，此处以软件工程师为例，对于同样SRGM研究人员同样适用。



Figure 4‑13 导入&删除模型

上图为导入&删除模型时序图。



Figure 4‑14 管理模块

上图为系统管理员管理用户和系统自带模型、数据集的时序图。其中，对模型的管理与对数据集的管理相同，此处以模型为例。

#### 类的关键方法

各个模块中类所涉及的关键方法通过程序图来设计和体现。

登录模块：

（重点）演示子系统：

导入模块：

管理模块：

#### 数据库详细设计

数据库名称：srgm

支持的软件：SQLserver2005~2012；VS2013

数据库表的定义：根据概要设计中的ERD进行拆分，将相应的多对对关系拆分为一对多关系，建立相应的中间表，并进一步对数据库中的表进行定义，用以规范建立数据库的表格，具体定义如下:

Table 4-13

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 软件工程师表 | | | | | | |
| 数据项 | 列名 | 数据类型 | 长度 | 主键 | 允许空 | 默认值 |
| 用户名 | username | char | 8 | 是 | 否 |  |
| 密码 | password | Varchar |  |  | 否 |  |

Table 4-14

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| SRGM研究人员表 | | | | | | |
| 数据项 | 列名 | 数据类型 | 长度 | 主键 | 允许空 | 默认值 |
| 用户名 | username | char | 8 | 是 | 否 |  |
| 密码 | password | Varchar |  |  | 否 |  |

Table 4-15

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 系统管理员表 | | | | | | |
| 数据项 | 列名 | 数据类型 | 长度 | 主键 | 允许空 | 默认值 |
| 用户名 | username | char | 8 | 是 | 否 |  |
| 密码 | password | Varchar |  |  | 否 |  |
| 姓名 | name | Varchar |  |  | 否 |  |
| 手机号 | phonenum | char | 11 |  | 否 |  |

Table 4-16

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 失效数据集表 | | | | | | |
| 数据项 | 列名 | 数据类型 | 长度 | 主键 | 允许空 | 默认值 |
| 名称 | dsname | varchar | 8 | 是 | 否 |  |
| 存放路径 | path | Varchar |  |  | 否 |  |
| 来源 | source | Varchar |  |  | 是 |  |
| 发布时间 | date | date |  |  | 是 |  |
| 操作权限 | permission | int | 1 |  | 否 | 0 |
| 创建者 | username | char | 8 |  | 是 | null |
| 类型号 | typeID | int |  |  | 否 |  |

注：permission为0表示系统管理员，1表示软件工程师，2表示SRGM研究人员。

username=null表示由系统创建，其等价于permission=0。

Table 4-17

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 数据集类型表 | | | | | | |
| 数据项 | 列名 | 数据类型 | 长度 | 主键 | 允许空 | 默认值 |
| 类型号 | typeID | int |  | 是 | 否 |  |
| 时间类型 | time | char | 1 |  | 否 |  |
| wt | wt | boolean | 1 |  | 否 | 0 |
| ct | ct | boolean | 1 |  | 否 | 0 |

Table 4-18

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| SRGM模型表 | | | | | | |
| 数据项 | 列名 | 数据类型 | 长度 | 主键 | 允许空 | 默认值 |
| 名称 | modelname | varchar | 8 | 是 | 否 |  |
| 存放路径 | path | varchar |  |  | 否 |  |
| 操作权限 | permission | int | 1 |  | 否 | 0 |
| 创建者 | username | char | 8 |  | 是 | null |
| 形状 | shape | varchar |  |  | 是 |  |
| 类型号 | typeID | int |  |  | 否 |  |

Table 4-19

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 模型类型表 | | | | | | |
| 数据项 | 列名 | 数据类型 | 长度 | 主键 | 允许空 | 默认值 |
| 类型号 | typeID | int |  | 是 | 否 |  |
| 类型名 | name | varchar |  |  | 否 |  |

Table 4-21

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 参数初值表 | | | | | | |
| 数据项 | 列名 | 数据类型 | 长度 | 主键 | 允许空 | 默认值 |
| 编号 | ID | int |  | 是 | 否 |  |
| 模型名 | modelname | varchar | 8 |  | 否 |  |
| 数据集名 | dsname | varchar | 8 |  | 否 |  |
| 参数初值 | value0 | varchar |  |  | 是 |  |

## 拟采取的技术路线

#### 开发语言

开发语言使用：Matlab语言、C#及网站前端所需的html、javascript。

#### 开发工具

开发工具：MATLAB R2014b、VisualStudio2013和sqlserver2012。

版本控制工具：Git。

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:

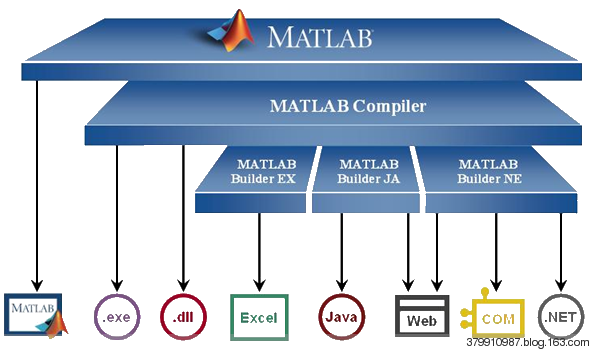


Figure 4‑15

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过使用；通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：

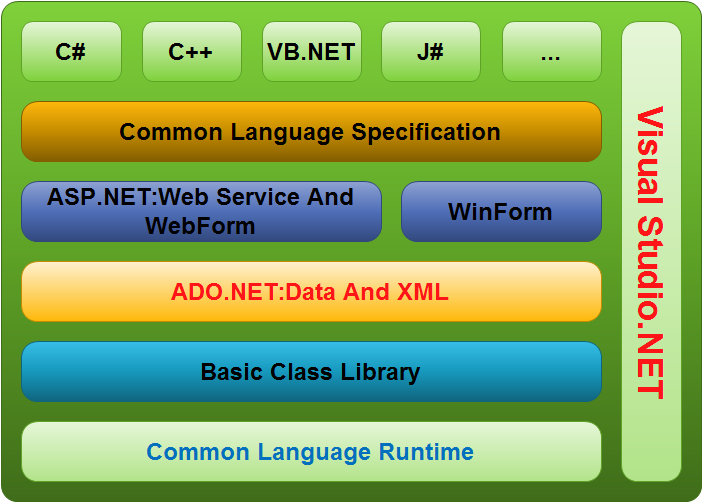


Figure 4‑16

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

* 硬件环境：PC

处理器 英特尔 第四代酷睿 i5-4200U 双核

内存 8GB

主硬盘 希捷 ST500LM012 HN-M500MBB ( 500 GB / 5400 转/分 )

显示器 14 英寸

网卡 Atheros AR9565 Wireless Network Adapter

* 软件环境：

Windows 10家庭版，Microsoft Visual Studio 2013，SqlServer2012，Matlab R2014b。

## 进度安排

Table 4-22项目进度及毕业设计（论文）工作计划表（根据实际情况安排进度）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 起始时间 | 完成时间 | 计划工作内容 | 备注 |
| 2016-11-03 | 2016-11-05 | 确定毕业设计课题 |  |
| 2016-11-05 | 2016-11-17 | 撰写开题报告 |  |
| 2016-11-20 | 2016-11-30 | 完善需求分析和概要设计 |  |
| 2016-11-31 | 2016-03-10 | 完成详细设计并实现系统 |  |
| 2016-03-11 | 2016-04-01 | 完成对系统的测试工作 |  |
| 2016-04-03 | 2016-05-06 | 整理文档，完成毕业论文 |  |

## 预期达到的目标

严格按照需求分析，实现一个操作规范、直观形象、功能完整的SRGM性能综合评测软件系统，具有以下功能及特点：

1. 能模拟出不同模型在不同数据集上的验证流程
2. 能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
3. 能比较不同模型性能上的差异
4. 能进一步评价出不同模型的优劣，给出相应的排序与决策

# 课题已具备和所需的条件

## 已具备的条件

相应的SRGM模型信息和失效数据集信息，软件可靠性模型在数据集上验证的大致流程，搭载Windows 10 家庭中文版的PC；Microsoft Visual Studio 2013 + SqlServer2012开发环境。

## 需要的条件

需要完整权限的Matlab R2014b，需要租用相应的WEB服务器，总经费约500元到700元。

# 研究过程中可能遇到的困难、问题和解决的措施

本系统开发过程中，可能遇到的困难及解决的措施如下：

1. 对于软件可靠性模型的理解和与失效数据集的匹配方面，可能会存在难以理解的地方，从而影响模型的验证和系统的开发。措施：与指导老师交流，请教软件可靠性的相关问题，明确系统实现的具体细节。
2. 因为之前没有使用Matlab的经验，使用Matlab建模和模型验证流程中可能会遇到困难。措施：自学Matlab的有关内容，学习使用Matlab的内置函数；并参考之前用Matlab做过的有关工作。
3. 对于C#和Matlab混合编程，是之前没有用过的，可能会出现不兼容等问题；同时也需要选择合适的结合方式。措施：查阅相关的技术文档，选择合适的版本和结合方式。
4. 在制作精美、实用的网站前端方面经验不足。措施：借鉴相对精致的模版，加强对css、js等的学习。

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 [↑](#endnote-ref-1)
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 [↑](#endnote-ref-2)
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 [↑](#endnote-ref-3)
4. GoelAL,Okumotok.Time-dependent error-detection rate model for software reliability and other performance measures. IEEE Transactions on Reliability.1979,60(1):158-170 [↑](#endnote-ref-4)
5. Jha P C,Gupta D,Yang B,et al. Optimal testing resource allocation during module testing consideringcost,testing effort and reliability.Computer & Industrial Engineering.2009,57(3)：1122-1130 [↑](#endnote-ref-5)
6. 侯春燕，崔刚，刘宏伟.基于率的构件软件可靠性过程仿真.软件学报.2011,22(11):2749-2759 [↑](#endnote-ref-6)
7. Hou C Y,Cui G,Liu H W,et al, A hybrid queueing model with imperfect debugging for component software reliability analysis. Intelligent Automation &Soft Computing.2011,17(5):559-570 [↑](#endnote-ref-7)
8. Gokhale S S, Lyu M R T. A simulation approach to structure-based software reliability analysis. IEEE Transactions on Software Engineering.2005,31(8):643-656 [↑](#endnote-ref-8)
9. Gokhale S S, Lyu M R T, Trivedi K S. Incorporating fault debugging activities into software reliability models: A simulation approach. IEEE Transactions on Reliability.2006,55(2):281-292 [↑](#endnote-ref-9)
10. Gokhale S S, Wong W E, Horgan J R, et al. An analytical approach to architecture-based software performance and reliability prediction, Performance Evaluation.2004,58(4):391-412 [↑](#endnote-ref-10)
11. Gokhale S S, Trivedi K S. Analytical models for architecture-based software reliability prediction: A unification frame-work. IEEE Transactions on Reliability.2006,55(4):578-590 [↑](#endnote-ref-11)
12. Gokhale S S. Architecture-based software reliability analysis: Overview and limitations, IEEE Transactions on Dependable and Secure Computing.2007,4(1):32-40 [↑](#endnote-ref-12)
13. [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.构件软件可靠性技术.计算机学报.2014-12 [↑](#endnote-ref-13)
14. 耿技，聂鹏等.软件可靠性模型现状与研究.电子科技大学学报.2013-07，第4期

    指导教师评语：

    指导教师签字： 检查日期： [↑](#endnote-ref-14)