

一种新的基于 Web 的专家系统开发方法

王溪波, 杨志洁

(沈阳工业大学 信息科学与工程学院, 辽宁 沈阳 110870)

摘要: 为了便于在网络环境下开发、应用专家系统, 从而提高专家知识的共享范围, 文中提出了一种新的基于 Web 的专家系统开发方法。Jess 是一种基于 Java 的规则推理专家系统外壳, 文中分析了 Jess 的主要特点和 Web 的主流开发技术, 给出了将 Jess 嵌入 Java 程序这一开发基于 Web 的专家系统的方法。详细分析了如何在 Java 中使用 Jess 库、在 Java 和 Jess 中使用 Javabean、如何在 Java 中调用 Jess 函数从而操作 Jess 工作空间, 如何用 JessException 来捕获错误, 以及如何自定义 Jess 的输入输出从而满足应用程序的需求。最后使用该方法设计了一个大学生心理测试专家系统, 系统的正常运行证明了提出方法的可行性和有效性。

关键词: 专家系统; Jess; 基于 Web; 开发方法

中图分类号: TP311

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2015)08-0147-05

doi: 10.3969/j.issn.1673-629X.2015.08.031

A New Development Method of Web-based Expert System

WANG Xi-bo, YANG Zhi-jie

(School of Information Science and Engineering, Shenyang University of Technology,
Shenyang 110870, China)

Abstract: In order to facilitate development and application of expert system in network environment, thereby improving shared scope of expert knowledge, present a new development method of web-based expert system. Jess is a rule-based reasoning expert system shell based on Java. In this paper, analyze main characteristics of Jess and mainstream Web development technology, give Web-based expert system development approach of embedding Jess into Java program, including how to use Jess library on Java, how to use Javabean on Jess and Java, how to operate the Jess working memory on Java by calling Jess function, how to capture errors by using JessException, as well as how to customize Jess input and output in order to meet the requirements of application. Finally, a psychological test expert system for university students has been designed by using the method. Normal operation of the system has proved the feasibility and effectiveness of the new method.

Key words: expert system; Jess; Web-based; development methodology

0 引言

专家系统是利用存储在计算机中的某特定领域的人类知识, 去解决过去需要人类专家才能解决的问题的计算机系统^[1]。传统的专家系统是以人与单机交互为主, 少数通过局域网进行交互, 缺乏信息向外扩散的技术基础^[2]。随着信息技术, 尤其是计算机网络的发展, 传统的专家系统已经不能很好地满足人们的需要, 人们不仅需要更简洁的客户端和更友好的操作方式, 更需要的是将专家知识扩展开来, 服务于广大群众, 如此, 学者们开始热衷于研究基于 Web 的专家系统。文

中提出了一种使用 Jess 开发基于 Web 的专家系统的方法, 它能够使 Jess 推理效率高、移植性良好、扩展性强的特点得到充分发挥, 大大提高了基于 Web 的专家系统的开发和使用效率。

1 Jess 简介

Jess 是一个用 Java 编写的规则引擎, 由美国圣地亚国家实验室的 Ernest Friedman-Hill 在 20 世纪 90 年代末开发出来^[3]。因为它使用 Java 编写, 所以针对于 Java 应用程序它有着良好的兼容性, 可以使用它为一

收稿日期: 2014-10-09

修回日期: 2015-01-13

网络出版时间: 2015-07-21

基金项目: 辽宁“百千万人才工程”培养经费资助项目(2012921041)

作者简介: 王溪波(1964-), 男, 博士, 教授, CCF 高级会员, 研究方向为专家系统, 计算机检测、控制, 管理信息系统设计, 实时及嵌入式系统; 杨志洁(1989-), 男, 硕士研究生, 研究方向为智能软件。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20150721.1453.082.html>

些 Java 应用程序添加规则,从而实现推理功能。一方面可以在自身的运行环境下直接调用 Java 类库,另外还允许在 Applet 和 Java 的其他应用当中使用规则, Jess 的这些特性使得用它开发出来的基于 Web 的专家系统有着高效的推理能力,良好的可移植性和强大的扩展性。当然, Jess 作为一个优秀的专家系统外壳,它同时广泛应用于人工智能领域的其他方面。

1.1 Jess 的知识表示和基本组成

Jess 采用产生式规则^[4]作为基本的知识表达模式,其核心由事实库、规则库、推理机三部分组成^[1]。

(1)事实:在 Jess 中,事实有三种不同的类型,无序事实(unordered fact)、有序事实(ordered fact)和映射事实(shadow fact)。一个无序事实的结构与关系数据库的表结构相似,无序事实有事实名(对应表名)和槽名(对应列名);有序事实结构很简单,用于简单信息的表示;映射事实和有序事实类似,但映射事实的槽与 JavaBean 的属性相关联,也就是说槽值代表了 JavaBean 的属性值。映射事实把工作存储器 and Java 应用联系了起来,可以互相传递信息。

(2)匹配:Jess 的事实匹配方式与 CLIPS^[5]语言相类似。在 Jess 中支持单一操作符和复杂操作符,单一操作符可以同任意事实进行匹配,而复杂操作符只能对满足特定约束值的事实进行匹配。

(3)规则:使用 Jess 专家系统外壳开发的应用程序都包含了专家系统的几个主要要素,知识库是其中之一,而规则就存储在知识库中。Jess 提供两种推理方式,正向推理和反向推理,它们的规则表达式相同,都为 if...then...,if 部分叫做左部(LHS),then 部分叫做右部(RHS),但推理的原理有着本质区别。采用正向推理时,LHS 部分得到准确的匹配,便可推得 RHS 部分^[6],使用反向推理时,如果某一条规则的 LHS 部分没有得到完全的匹配而是只有部分模式匹配, Jess 引擎将会自动激活执行能导致该规则完全匹配的其他规则,这称为“目标搜索”,是反向推理的核心。

1.2 Jess 中的 Rete 匹配算法

Jess 通过实现 Rete 匹配算法来提供高效的前向和逆向推理^[7],常见的专家系统都有时间冗余性和结构相似性的特点,Rete 匹配算法之所以有着高效的推理能力,是因为它充分利用了这两个特点来减少匹配的操作次数。专家系统的性能好坏在一定程度上是取决于匹配算法的质量的,那么采用 Rete 匹配算法的 Jess 的优势更加显而易见。值得注意的是,这种匹配算法是一个以空间换取时间的算法,它将消耗更多的内存,因此开发者应当考虑性能与内存的取舍问题。

1.3 开发环境

Jess 提供了类似命令行的开发环境,同时具有交

互性,可以直接在此环境中编写代码,也可以在文本编辑器中先编辑好代码,再通过命令行命令将代码载入到系统中,同时它还有完善的调试工具,也可以进行错误跟踪和抛出^[8]。

2 基于 Web 的专家系统

随着网络技术的发展,互联网已经成为人们生活中不可缺少的一部分,因此 Web 技术在软件技术领域的地位也日益上升。Web 技术的一大重要特点是可以使用户在任何地点、任何计算机上,只要能接入互联网,就可以通过浏览器来获得所需的信息。开发基于 Web 技术的专家系统,这将使 Web 技术与专家系统技术的优势得以结合,用户就可以更方便地使用专家系统。这不仅让专家知识得以扩展,由此产生的经济效益也会非常可观。

2.1 基于 Web 的专家系统的组成

基于 Web 的专家系统是传统专家系统和 Web 技术的融合。它有三个组成部分:表示层、逻辑层和数据层。表示层主要由浏览器实现,逻辑层由 Web 服务器实现,数据层包括知识库和数据库,如图 1 所示。

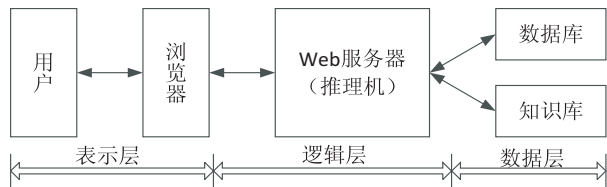


图 1 基于 Web 的专家系统的组成

2.2 Web 开发技术简介

开发基于 Web 的应用程序有很多方法,文中所提到的基于 Web 是指使用 HTTP 或者 HTTPS 协议的应用程序,这类应用程序大体分为两类:瘦客户端程序和肥客户端程序。它们各自有各自的优势、劣势,但总体来讲,由于瘦客户端在配置和维护等方面有着极大的方便性,它成为开发基于 Web 的应用程序的最佳选择。

一个瘦客户端应用程序,它的大多数代码运行在服务器上,而客户端仅仅是浏览器。关于开发瘦客户端包含很多技术,虽然技术是不同的,但在编写程序时会结合使用,文中将一一做简要介绍。

Servlet 是在服务器上运行的小程序,它是 javax.servlet.http.HttpServlet 的子类,而 HttpServlet 实现了 javax.servlet.Servlet 这一接口。HttpServlet 这个类包含了一些你可以重写的方法,通过方法重写来处理客户端的不同请求。

JSP(Java Server Pages)是由 Sun 公司推出的一种动态网页技术标准。因其强大的功能,JSP 已经成为目前主流的 Web 开发技术之一^[9]。JSP 是基于 Java 体

系和 Java Servlet 的动态网页技术标准,优势包括平台无关性和高安全性等。

简单的说,JSP 就是嵌入了 Java 程序代码的 HTML 页面。对于 Servlet,它可能包含一些输出到 HTML 页面的语句,但通过 Servlet 来进行输出是十分麻烦的,Servlet 适用于需要少量输出的操作,而 JSP 则适用于大量的输出中需要嵌入少量的 Java 代码。因此它们经常是一起使用的,用 JSP 进行前台显示,Servlet 提供逻辑运算。

3 用 Jess 开发基于 Web 的专家系统

Jess 是用 Java 编写的可以自主运行的单独的解释性语言,也就是说,通过编写 Jess 代码,可以独立完成一个程序,它可以且只能在命令行中运行,这也是它自身的局限性。Java 是一门使用广泛的普遍认可的面向对象的高级程序设计语言。文中之前提到的 Servlet 就是用 Java 实现的,Jess 与 Java 有着紧密的联系,Jess 用 Java 编写但不同于 Java,Jess 中可以引入 Java 对象并调用 Java 的方法,Java 中也可以嵌入 Jess 代码进而为应用程序添加规则。而后者在用户界面友好性、可操作性方面有着很大的优势,本节将详细讲述这种方法。

3.1 使用 Jess 库

Jess 库的核心是 jess. Rete 类,一个 jess. Rete 类的实例从某种意义上讲就是 jess 的一个实例,在 Java 代码中创建一个 jess. Rete 类的实例很容易,可以使用它缺省的构造方法,例如:

```
Import jess. * ;
Rete engine = new Rete() ;

在 Java 应用程序中创建了一个 jess. Rete 实例后,
使用 executeCommand 方法将是在 Java 代码中操作 Jess
工作空间的最简单有效的方法。executeCommand 方法
接收一个 String 类型的参数,返回一个 jess. Value 类型
的值。String 类型的参数被解释为用 Jess 语言编写的
表达式,而返回值则是表达式的执行结果。

要在 Java 中嵌入 Jess 代码,那么 Java 与 Jess 工作
空间之间的变量传递将会是一个问题,以下是一些常用
的相互传递变量的方法:

◆(fetch symbol)-从哈希表中取得一个值
◆(store symbol value)-将一个值存入哈希表
◆Rete.store(String, Value)-将一个 jess.Value 值
存入哈希表
◆Rete.store(String, Object)-将一个 Java 对象存
入哈希表
◆Rete.fetch(String)-在 Java 中取得一个 jess.
Value 值
```

从以上函数的形式就可以看出,前两个是在 Jess 中使用,后面的则是在 Java 中调用。例如需要传递一个 Java 对象到 Jess,首先要选择一个唯一的标识符,在 Java 中使用 Rete.store 方法,并将标识符和需要传递的对象作为参数传递,然后在 Jess 中调用(fetch),使用相同的标识符来取得 Java 对象。

3.2 在 Java 中使用 Fact 对象

每一个 jess. Fact 实例都与一个 jess. Deftemplate 实例相关联,它描述了这个 jess. Fact 拥有哪些槽。

使用 executeCommand,fetch,store 方法能够有效地从 Java 中获取、添加 jess. Fact,但这并不方便。Rete 类提供了一些方法可以使代码简化,这中间还包括一些在 Java 中直接构造和操作 jess. Fact 对象的方法,这将是更高效的操作方法,如表 1 所示。

表 1 Rete 类的方法

Rete method	Jess equivalent
run()	(run)
run(int)	(run number)
assertFact(Fact)	(assert fact)
findFactById(Int)	(fact-id number)
retract(fact)	(retract fact-id)
findFactByFact(Fact)	None
addDeftemplate(Deftemplate)	(deftemplate)
findDeftemplate(String)	None
findFactById(Int)	(fact-id number)
clear()	(clear)

3.3 使用 JavaBean

文中在讲 Jess 的事实时,指出事实有三种不同的类型,无序事实、有序事实和映射事实。映射事实也可以说是一种 slot 与 JavaBean 属性相关联的特殊的无序事实^[10],正因为这种关联而叫做映射事实。

在具体使用时,首先使用 defclass 函数在 Jess 中建立一个类似普通无序事实都有的 deftemplate,也就是注册一个类,然后创建一个 JavaBean,最后用 defin- stance 创建映射事实与之对应。

在 Java 代码中操作时,可以先用 Rete.defclass 方法建立一个 deftemplate,再用 Rete.definstance 方法来创建映射事实与之对应,当对象无用时可以使用 Rete. undefinstance 来移除。它们的用法如表 2 所示。

3.4 在 Java 中调用 Jess 方法

正如表 1 中的一些方法,Rete 类提供了能在 Java 中调用的方法,其中包括大部分的 Jess 方法,但不是全部,还有些包含在其他某些类中,例如 jess. RU 类中就包含了 Jess 的 gensym* 方法。

表 2 Rete 类使用 JavaBean 方法

Rete Method	Jess equivalent
definstance (label, object, boolean)	(definstancelabel object [static dynamic])
defclass (label, class-name, parent)	(defclasslabel class-name [parent])
undefinstance(object)	(undefinstance object)

还有另外的一些方法,它们在 Userfunction 类中实现,要从 Java 代码中调用它们就必须有 Userfunction 的实例。例如 (watch all) 这个 Jess 中用来检测诊断的方法,就是这种情况,要在 Java 中调用它,可以这样做:

```
Rete engine = ...
Context c = engine.getGlobalContext();
Funcall fun = new Funcall("watch", engine);
fun.arg("all");
fun.execute(c);
```

3.5 使用 JessException

Jess 的 Java API 通过抛出 jess. JessException 实例来报告错误,因此在 Java 代码中嵌入 Jess 时,需要使用它来捕获异常。使用 JessException 会让程序显得复杂,但正确使用它可以在调试程序时节省时间。下面是一些有用的函数:

- ◆ getContext() - 返回一个 Jess 的堆栈轨迹
- ◆ getProgramText() - 返回错误的 Jess 代码
- ◆ getLineNumber() - 返回 Jess 代码中错误行的序列
- ◆ getRoutine() - 返回 Jess 函数或者 Java 函数的函数名
- ◆ getNextException() - 返回一个嵌套着的异常

3.6 输入与输出

可以使用 readline 和 printout 方法在 Jess 中进行输入输出,例如下面两条语句:

```
(printout t "Enter 'y' or 'n' : ")
(bind ? response (readline t))
```

printout 和 readline 方法的第一个参数是一个 Router,它可以告诉 Jess 把数据输出到哪里以及从哪里读取数据^[11]。内置于 Jess 的 Router 有多个,它们最初都默认地连接到标准的输入输出^[12]上,例如发送到 t、WSTDOUT、WSTDERR 的文本将默认发送到 System.out,而从 t 或者 WSTDIND 读取的数据默认来自于 System.in。一个 Router 其实仅仅是 java.io. Reader 或者 java.io. Writer 的象征性符号。但需要注意的是,Router 并不是普通的 I/O 通道,Jess 通常将从 Router 读取到的数据解释为一个 Jess 语言的标记序列^[13],因此它不能进行二进制 I/O。如果要进行二进制 I/O,则需要

使用 Jess 的反射机制^[14]。

在 jess. Main 的命令行客户端中,Jess 内置的 Router 足够满足需求,但当 Jess 嵌入在其他应用程序中时,那么标准的输入输出将不再适用。例如当 Jess 嵌入在一个 Web 应用程序中时,System.out 将无法实现正常输出,这时可以使用 java.io. StringWrite 来定义一个新的 Router,使得 printout 可以先将信息保存为一个字符串,之后可以在合适的时候由程序获取它。要定义这样的 Router,需要如下代码:

```
StringWriter strw = new StringWriter();
Engine.addOutputRouter("out", strw);
如果这时候执行 (printout out 12345 \n),就可以通过 strw.toString() 来得到字符串 "12345\n"。
```

本节详细分析了 Jess 与 Java 结合使用开发应用程序的主要方法,通过这些方法可以完美地将 Jess 嵌入在 Servlet 中,从而为 Java 应用程序添加推理功能,达到开发基于 Web 的专家系统的目的。

4 大学生心理测试专家系统的设计与测试

设计一个专家系统,必须经过专业的调研来获取专家知识,即使是一个小领域的问题,都应该对领域知识进行仔细的钻研,从而制定出准确的规则,以达到专家的水平。文中的主旨在于给出开发方法,因而在这一节将简要叙述知识获取和规则定制。

4.1 系统需求分析

从用户的角度看,大学生心理测试专家系统主要包括两类用户:学生和管理员。对于学生,在登录后可以对个人信息进行查询或修改,进行心理测试并查看测试结果,若对测试结果有异议,可以到留言板留言。对于管理员,在登录后可以对规则进行维护修改,可以在留言板查看并回答学生的问题。用户与用例关系及用例之间的关系如图 2 所示。

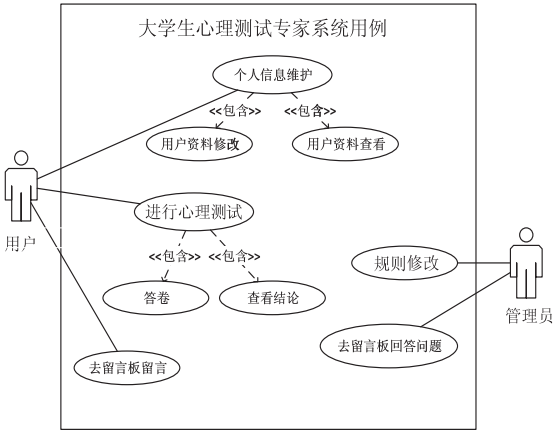


图 2 系统用例图

4.2 运行环境的搭建

(1) 在 Windows 7 sp1 操作系统下,安装 Java jdk

1.8.0_05,使用 MyEclipse 10,在系统环境变量中设置成功后,将 JESS 7.1 集成到其中。

(2)安装和配置 Tomcat 7 和 MySql 5。

4.3 Jess 推理规则的设计

抑郁自评量表(Self-rating Depression Scale, SDS)是由 Zung 在 1965 年编制的,能够全面、准确、迅速地反映被试者抑郁状态的有关症状及其严重程度和变化。

本系统根据抑郁自评量表定义抑郁自评套题的规则,测试者只需按照题目要求完成测试,就会获得准确的结论。

该规则主要根据测试完成后所得分值进行评判,分值分为 4 个等级:小于等于 20 分、大于 20 小于等于 40 分、大于 40 小于等于 60 分、大于 60 小于等于 80 分。每个等级会给出不同的结论,由于篇幅所限,在此只给出小于等于 20 分的规则代码:

```
(import com. psy. entity. Record)
(import com. psy. entity. Result)
(deftemplate Record (declare (from-class Record)))
(defrule show-test-result-20
? o<-( Record { score<= 20 } )
=>
(printout t "Hello, little one!" crlf)
(assert (Record (id nil) (exam nil) (name nil) (class_ ? o.
class_) (sex ? o. sex) (age ? o. age) (score ? o. score) (result "测试结论"))))
```

(add (new Result "无抑郁体验:你的生活很开心,也很轻松,感到生活充实,健康状况良好!")))

规则将以文件形式保存在服务器上,例如 test. clp,专家在后台管理中可以加载新的规则文件以覆盖服务器上的原有文件,从而修改规则。

4.4 在 Servlet 中操作 Jess 工作空间

上一节中规则的 LHS 部分包含一个 Record 映射事实,而此事实中的数据来源于用户的答卷,答卷在 JSP 中展示,计算结果在 Servlet 中得出,将 Servlet 中的数据创建为 Jess 事实并传入 Jess 工作空间是本节的重点,其中的方法在上一节中已做详细分析,此处列出关键代码:

```
Rete engine=( Rete ) servletContext. getAttribute( "engine" );
int score= Integer. parseInt( scoreString );
Value scoreValue=new Value( score, RU. INTEGER );
Fact record=new Record( "record", engine );
record. setSlotValue( "score", scoreValue );
engine. assertFact( record );
```

4.5 系统测试运行

经测试,系统可以根据用户答题的不同计算出不同的结果,从而推出不同的结论,专家也可以在后台管理中正常修改推理规则,系统运行良好。

5 结束语

当今社会,随着网络和人工智能技术的快速发展,基于 Web 的专家系统凭借其独有的优势必然会成为传统专家系统的发展方向,但目前此领域开发工具的缺乏在一定程度上阻碍了它的发展。文中用到的基于规则推理的 Jess 语言能够完美地嵌入 Java 代码之中,巧妙地解决了这一问题,为 Jess 和专家系统的发展提供了广阔的天地。在 Tomcat 平台上完成的大学生心理测试专家系统的稳定运行,证明了该开发方法的可行性和有效性。

参考文献

- [1] Friedman-Hill E. Jess in action[M]. [s. l.]:Manning Publications Co,2003.
- [2] 张煜东,吴乐南,王水花. 专家系统发展综述[J]. 计算机工程与应用,2010,46(19):43-47.
- [3] 赵永刚. 基于 Jess 的卫星状态诊断系统设计与实现[J]. 航天控制,2010(1):78-81.
- [4] 丁 鼎,张 帆,赵 斌,等. 基于 Jess 的智能诊断系统的设计与实现[J]. 计算机与现代化,2009(12):189-192.
- [5] 赵远强,韦 化. 混合型电力专家系统的快速开发方法[J]. 继电器,2007,35(7):11-14.
- [6] 曾 姚,王 飞,熊 波. 采用 Jess 引擎的机械设备故障诊断专家系统设计[J]. 计算机与现代化,2012(11):6-9.
- [7] 杨 琳. 专家系统中的 Rete 算法在 Jess 中的实现[J]. 电脑知识与技术,2010(33):9644-9646.
- [8] 刘瑞强. 专家系统的 Java 实现[J]. 黑龙江科技信息,2012(12):96-96.
- [9] Ho K K L, Lu M. Web-based expert system for class schedule planning using JESS[C]//Proceedings of the 2005 IEEE international conference on information reuse and integration. [s. l.]:IEEE,2005.
- [10] Ernest Friedman-Hill Sandia National Laboratories. The rule engine for the Java platform version 7. 1[S]. [s. l.]:Sandia National Laboratories,2008.
- [11] Nambiar A N, Dutta A K. Expert system for student advising using JESS[C]//Proc of 2010 international conference on educational and information technology. [s. l.]:[s. n.],2010.
- [12] 王有宁,邓青云,胡 波,等. 基于 JESS 技术的油茶病虫害诊断及无公害防治 WEB 系统研究[J]. 黑龙江农业科学,2012(12):129-132.
- [13] Wang Chien-Chih, Chien Ming-Nan, Huang Chunhuang, et al. A rule-based disease diagnostic system using a temporal relationship model[C]//Proceedings of the fourth international conference on fuzzy system and knowledge discovery. [s. l.]:IEEE,2008.
- [14] Zhou Zude, Hu Xiuyin, Cui Xingran. Design of agent-based collaborative design platform for intelligent CAD[C]//Proceedings of the 15th international conference on mechatronics and machine vision in practice. [s. l.]:IEEE,2008.

一种新的基于Web的专家系统开发方法

作者：[王溪波](#)，[杨志洁](#)，[WANG Xi-bo](#)，[YANG Zhi-jie](#)
作者单位：[沈阳工业大学 信息科学与工程学院, 辽宁 沈阳, 110870](#)
刊名：[计算机技术与发展](#)[ISTIC](#)
英文刊名：[Computer Technology and Development](#)
年，卷(期)：2015(8)

引用本文格式：[王溪波](#). [杨志洁](#). [WANG Xi-bo](#). [YANG Zhi-jie](#) 一种新的基于Web的专家系统开发方法[期刊论文]-[计算机技术与发展](#) 2015(8)