

# 基于产生式规则的小型维生素诊疗专家系统

潘苒苒,姚 忠

PAN Ran-ran, YAO Zhong

北京航空航天大学 经济管理学院,北京 100083

School of Economics and Management, Beihang University, Beijing 100083, China

PAN Ran-ran, YAO Zhong. Production rules-based expert system for vitamin elements in health diagnosis. Computer Engineering and Applications, 2008, 44(专刊): 156-158.

**Abstract:** The expert system is a computer program which it can simulate human experts to solve area problems. At present, expert system is mostly implemented by a rule-based system. Because the production rules are similar to the way of human being thinking, it is easy to understand and operate in practice. Moreover, it has some characteristics such as modularization for adding, deleting and modifying to renew the knowledge base. Therefore, rule-based systems occupy a dominant place in artificial intelligence. A lot of work has been done to improve the performance of rule-based systems, and the prospect for it is still very bright. In this paper a diagnosis expert system for vitamin elements is developed with Delphi 7. The system DBMS is SQL Server 2000. The system can diagnose the disease by inference engine according to the symptoms acquiring from the patient and can provide the suggestion of treatment.

**Key words:** expert system; rule-based; knowledge representation; inference engine

**摘 要:** 专家系统是一种模拟人类专家解决领域问题的计算机程序系统, 目前专家系统大多采用产生式系统技术实现。由于产生式规则接近于人类思维方式, 易于理解, 并且具有高度模块化的特点, 易于进行增、删、改等知识更新操作, 因此, 产生式规则专家系统在人工智能领域占有重要地位, 研究人员也做了许多工作以提高产生式系统的性能, 其发展前景仍十分广阔。根据产生式规则专家系统的相关原理, 采用 Delphi 7 作为编程工具, 利用 SQL Server 2000 作为后台数据库, 实现了一个维生素诊疗小型专家系统。该系统可以按照从患者获取到的症状, 推理出该患者所缺乏的维生素, 并针对诊断结果给出相关的诊疗建议。

**关键词:** 专家系统; 产生式规则; 知识表示; 推理机

## 1 引言

顾名思义, 专家系统是像专家一样解决困难、复杂的实际问题的计算机(软件)系统<sup>[1]</sup>。从第一个分析化学分子结构的专家系统 DENDRAL(E.A. Feigenbaum, 1968)诞生至今, 专家系统的研究取得了长足发展, 在医疗诊断、金融决策、农业咨询、工业控制、法律咨询、市场预测、地质勘探、石油化工、军事指挥等领域发挥了重要作用。比较著名的如大型符号数学专家系统 MACSYMA、细菌感染性血液病专家系统 MYCIN、地质勘探专家系统 PROSPECTOR、VAX 计算机配置专家系统 XCON 等。其中医疗诊断是专家系统应用最广泛的领域之一, 为人类医学的发展作出了巨大贡献。医学专家的人数是有限的, 但他们的知识和经验是无限的, 根据各种疾病专家的丰富经验开发的专家系统, 不但可以使更多的病人得到专家的诊疗意见, 而且可以更好的保留和继承人类医学研究成果。除了 MYCIN, 还有肺功能专家系统 PUFF、青光眼诊疗专家系统 CASNET、用于内科诊断的 CADUCEUS(原名 INTERNIST)等<sup>[2]</sup>, 都已在医院或研究机构中发挥着重要作用。

最著名的 MYCIN 是由斯坦福大学于 1973 年研制出的第一个基于产生式规则的疾病诊疗专家系统。产生式规则是专家系统最基本的结构模式, 也是目前应用最广的一种建立专家系统的方法, 它可以在一定意义上模仿人类的思维方式, 因而便

于知识表示和逻辑推理。从原理上看, 它具有表示形式统一、高度模块化、便于增加解释功能等特性<sup>[2]</sup>。虽然现在专家系统发展至今已有模糊系统、神经网络专家系统、面向对象设计等多种实现形式, 但产生式规则作为专家系统领域的基石, 依然有广阔的发展前景, 特别是利用产生式规则建立的壳(专家系统开发环境)的广泛应用, 大大缩短了专家系统的开发时间, 同时快速原型法等许多系统开发方法也会在产生式专家系统构建中发挥重要作用<sup>[3]</sup>。另外与其他算法及知识表示方法相融合, 也可以很好的克服产生式规则推理不够灵活等缺点, 取长补短, 提高开发效率和质量。

本文即开发一个小型的产生式规则专家系统, 用以针对维生素缺乏症进行分析和诊疗。系统采用 delphi7 编程工具完成, 采用 Windows SQL Server2000 建立数据库。Delphi 7 是 Borland 公司研制的一种功能强大、使用人数众多、面向对象的可视化软件开发工具。它提供的可视化编程环境, 为我们提供了一种方便快捷的 Windows 应用程序开发工具, 并使用了 Microsoft Windows 图形用户界面的许多先进特性和设计思想, 采用了当今世界领先的数据库技术, 大大提高了编程效率<sup>[4]</sup>。考虑到知识存储管理以及扩展的方便性, 本文选用了 Windows SQL Server 2000 数据库管理软件。数据库访问技术采用 ADO (ActiveX Data Object), 以实现高效通用的数据访问。相比其

他数据库访问技术诸如 ODBC, OLE DB, DAO 等, 它可扩展性更强, 支持任何 OLE DB 服务器, 可以操作任何 OLE DB 数据源。

## 2 系统的体系结构

### 2.1 系统的目的和功能

本文所实现的系统是在分析营养专家经验和知识的基础上, 设计一个小型维生素缺乏症诊疗专家系统, 用于根据患者的症状, 代替医生帮助患者分析可能的维生素缺乏情况, 并针对结论给出治疗建议。维生素等营养素虽然在人体中所需要量很少, 但却对人体健康起着至关重要的作用, 中国营养学会公布的一次全国营养调查表明, 随着经济的发展和居民收入水平的提高, 中国居民的膳食结构及生活方式发生了变化, 但由于营养不均衡, 中国人普遍存在着维生素和矿物质摄入不足和不均衡的问题。本系统可以使维生素缺乏症诊断技术为一般人员所掌握, 用于日常生活中作为健康状况的参考, 具有一定的现实意义。用户可以按系统提示进行症状选择和分析, 也可实现对系统知识库的补充完善, 界面友好, 操作简单, 方便实用<sup>[9]</sup>。

### 2.2 系统的结构

系统的结构主要包括用户管理、知识库管理、症状分析、诊疗建议四个模块, 系统功能结构图如图 1。

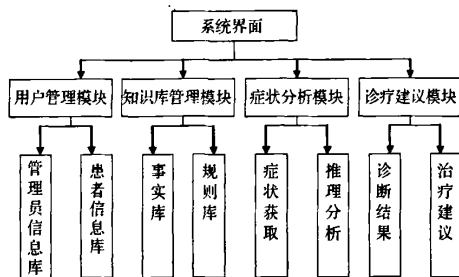


图1 系统功能结构图

各模块的功能如下:

(1) 用户管理模块: 主要用于系统管理员和患者的相关信息的保存、维护, 包括管理员的权限、患者的诊断记录等内容, 可以由管理员进行添加、删除、修改等操作。

(2) 知识库管理模块: 主要用于推理相关的各种知识的管理, 包含事实库、规则库两部分, 事实库保存各种营养素缺失的症状、结论, 规则库保存各条推理规则, 诊断推理过程中使用。事实库可以进行相关的添加、删除、修改等操作, 以不断完善系统的诊断可靠性。

(3) 症状分析模块: 主要通过患者的互动获取患者症状相关信息, 并根据所得信息进行推理分析。症状获取部分由患者选择提交给系统, 推理分析部分由系统根据患者提交的状况, 调用规则库中的规则进行推理判断, 得出结论。

(4) 诊疗建议模块: 主要用于给患者显示诊断的中间结果和最终结果, 并给出相关的诊疗建议, 可以选择重新进行诊断推理, 确认无误后最后将病历保存至患者信息库中。

系统的分析诊疗流程图如图 2。

## 3 知识表示

根据本系统的设计要求和知识特点, 以及产生式规则易于表达因果关系和启发式知识的优点, 本课题采用产生式规则来

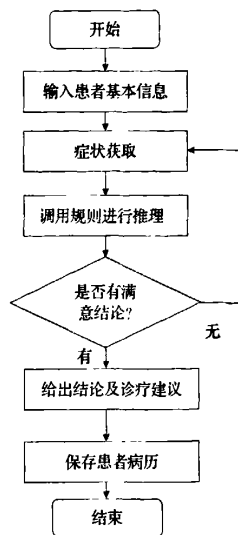


图2 系统流程图

表示知识, 由前提(简称 QT)推出结论(简称 JL)基本形式为:

$IF \langle QT_1, QT_2, \dots, QT_n \rangle THEN JL;$

其中, 前提 QT 也有可能是某步推理的中间结果。

在本系统中, 知识包括对身体不适进行描述的症状、由相关症状推理可得的疾病名称和对各种疾病的治疗建议。其中各种营养素缺乏疾病症状的相关内容在参考文献[6]中有详细阐述。

为了推理方便, 症状根据发病部位不同, 分别包含在神经系统、皮肤、五官、血液、胃肠道、肌肉骨骼六大属性部分中, 并分类编号。例如: 症状“情绪异常”包含在神经系统属性中, 编号为 105; 症状“皮肤干燥”包含在皮肤属性中, 编号为 208; 症状“口角糜烂”包含在五官属性中, 编号为 303; 症状“腹泻”包含在胃肠道属性中, 编号为 404; 症状“贫血”包含在血液属性中, 编号为 501; 症状“骨质疏松”包含在肌肉骨骼属性中, 编号为 602。

推理开始时, 系统会让患者选择, 自己的症状对应了哪些属性, 之后系统会根据患者的选择, 调出所选属性在知识库中对应的各条症状。由于采用正向推理, 患者只需判断各症状是否与自己的症状吻合, 即可激活相关规则, 推出结论。

## 4 推理机的设计

### 4.1 系统的推理方法

本系统的推理方法采用基于产生式规则的不确定性推理, 推理方向选择正向推理。即先由患者选择相应症状, 再调用有对应症状的规则, 通过不确定性推理进行计算, 得出某种疾病的患病可能性。若该疾病可能性大于设定的阈值, 则认为患者患有此疾病, 否则认为未患此病。

推理开始时, 系统会让患者选择, 自己的症状对应了哪些属性, 之后系统会根据患者的选择, 调出所选属性在知识库中对应的各条症状。由于采用正向推理, 患者只需判断各症状是否与自己的症状吻合, 即可激活相关规则, 推出结论。

系统的推理方法为不确定性推理。每一条规则由若干条前提和结论组成, 在不确定性推理中, 不确定性包括了前提的不确定性和结论的不确定性。

前提的不确定性用前提可信度  $CF(E)$  表示, 该值由专家根

据经验判断每条规则中的各个前提对结论症状的影响大小进行表示,即某前提在推出某一结论时的权重。

结论的不确定性用结论可信度  $CF(H)$  表示。 $CF(H)$  通过不确定性计算求得。计算时对规则进行完全遍历,即根据各条症状可信度,依次调用所有规则进行推理,计算出各条规则结论的值存入数据库。

不确定性推理计算依照概率论中的全概率公式。设  $A_1, A_2, \dots, A_n$  为一完全事件组,则对任一事件  $B$ , 有如下全概率公式:

$$P(B) = \sum_{i=1}^n P(A_i) P(B|A_i)$$

在本系统推理中,计算过程如下:

某一条规则的各个前提即组成完全事件组  $A_1, A_2, \dots, A_n$ , 结论即为  $B$ 。

设规则为: IF  $QT_1, \dots, QT_n$  THEN  $JL$ ;

前提可信度依次为:  $CF(E1)=X_1$ ,

$CF(E2)=X_2$

$\dots$ ,

$CF(E_n)=X_n$ ;

结论可信度为:  $CF(H)=Y$ ;

则  $P(A_i)=X_i$ ,

$P(B|A_i)=1-0=1 \quad (i=1)$ ,

$P(B|A_i)=1 - \sum_{j=1}^{i-1} P(B|A_j)P(A_j) \quad (i>1)$ 。

代入全概率公式解得  $P(B)$ , 即得结论可信度  $Y$ 。

为更直观表示, 设  $Y_1, \dots, Y_n$  为临时变量

则有:  $Y_1=X_1$ ;

$Y_2=Y_1+X_2*(1-Y_1)$ ;

$Y_3=Y_2+X_3*(1-Y_2)$ ;

$\dots$

最终:  $Y=Y_n$ 。

例如: 对规则 8: IF 情绪异常

And 疲乏

And 嗅觉异常

And 贫血

THEN 缺乏维生素  $B_{12}$

“情绪异常”、“疲乏”、“嗅觉异常”、“贫血”在该规则中的前提可信度分别为 0.8、0.5、0.7、0.4, 某患者具有前三条症状, 那么根据上述不确定性推理规则, 则有  $X_1=0.8, X_2=0.5, X_3=0.7, X_4=0.4$ , 但  $X_4$  不需加入计算, 所以  $Y=X_1+X_2*(1-X_1)+X_3*[1-X_1-X_2*(1-X_1)]=0.97$ 。既患者缺乏维生素  $B_{12}$  的可信度为 0.97。

上例中规则的前提均为症状, 前提可信度  $CF(E)$  均由患者专家根据经验赋值。但是根据产生式规则的特点, 规则库中有的规则的前提是其他规则的结论。这种情况下, 前提可信度  $CF(E)$  就用在其他规则计算所得的结论可信度  $CF(H)$  的值来表示。

例如: 对规则 14: IF 缺乏维生素  $B_6$

And 眼睛灼烧感

And 眼角膜损伤

THEN 缺乏维生素  $B_2$

根据患者所选症状, 可以利用结论为“缺乏维生素  $B_6$ ”的规则 6 计算出结论可信度  $CF(H)=0.4$ , 于是在规则 14 中, 前提“缺乏维生素  $B_6$ ”的前提可信度  $X_1$  就等于 0.4。再由“眼睛灼烧感”的前提可信度为  $X_2=0.6$ , “眼角膜损伤”前提可信度为  $X_3=$

0.7, 根据不确定性推理过程则有  $X_1+X_2*(1-X_1)+X_3*[1-X_1-X_2*(1-X_1)]=0.92$ , 所以缺乏维生素  $B_2$  的可信度即为 0.92。

计算出各条规则的结论可信度后系统就只需要做出对各结论的取舍判断。为此, 设置一个阈值, 当结论可信度的值大于或等于该阈值时, 则认为结论成立。由于系统规则库中的每条规则前提设置比较多, 且所用的不确定性推理算法计算出的值比较高, 因此本系统设定阈值为 0.95。如上面的两个例子中, 第一个例子的结论可信度为  $0.97>0.95$ , 所以认为患者确实有“缺乏维生素  $B_{12}$ ”; 第二个例子中结论可信度为  $0.92<0.95$ , 所以认为患者无“缺乏维生素  $B_2$ ”。

如果经过推理, 没有符合要求的结论, 则系统会提示, 询问患者是否需要重新开始, 若患者选择“是”, 则可自动返回, 重新开始诊断的推理过程。

## 4.2 推理的冲突检测和控制

在推理过程中, 常常产生推理冲突, 比如推理结果存在矛盾, 或者由于使用不确定性推理造成的多条规则推出一条结论且其不确定性大小不同。这时, 就需要运用推理控制策略中的冲突检测和消除技术。常用的冲突消解策略有<sup>[10]</sup>:

优先级法: 优先级高者优先;

可信度法: 可信度高者优先;

代价法: 代价低者优先;

自然顺序法: 按自然顺序排列靠前者优先等等。

在本课题的系统推理过程中, 规则库中存在多条规则推出同一结论。因为通过对营养专家资料的分析, 我们认为有可能存在以下两种情况:

(1) 直接根据患者症状推出某一诊断结论。

如规则 12: IF 失眠

And 健忘

And 食欲丧失

And 萎靡

And 唇炎

And 舌炎

And 腹泻

And 贫血

THEN 缺乏叶酸

(2) 根据症状可推出某一结论, 同时这一结论又是其他规则中的前提。

如规则 14: IF 缺乏维生素  $B_6$

And 健忘

And 健忘

And 失眠

And 唇炎

THEN 缺乏叶酸

上文提到过, 系统对各条规则进行完全遍历, 由此可以看出, 推理计算完毕后, “缺乏叶酸”这条结论会有两个结论可信度  $CF(H)$  的值, 从而引起推理冲突。当系统中产生推理冲突时, 系统将采用可信度法作为推理控制的冲突消除策略, 选择同一结论的几个结论可信度  $CF(H)$  中的最大者, 存入数据库, 作为该结论的最终  $CF(H)$  的值。

在系统的推理控制中, 还有一种状况是针对推理得出的多条结果的取舍问题, 例如, 经过推理可能出现某结论 1 和 (下转 170 页)

```

</property>
<property name="password" type="java.lang.String">
    <column name="password" length="50"/>
</property>
...
</hibernate-mapping>

```

在数据持久层的设计上, Model 对象模型的信息封装体现了面向对象的思想, 同时 DAO 设计模式减弱了上层调用和具体实现之间的耦合, Hibernate 配置实现了数据库的高移植性, 只需要更改 Hibernate 配置文件, 不用修改程序设计就可以实现在不同数据库, 例如 Oracle 和 Mysql 数据库之间的移植。

#### 4.2 业务逻辑层设计

业务逻辑层设计包含了供客户端程序调用的业务逻辑规则, 以帮助客户端完成业务操作。典型设计如下:

```

public class UserManagerImpl extends BaseManager implements
IUserManager{
    private IUserDAO userDAO;
    public void setUserDAO(IUserDAO userDAO){
        this.userDAO = userDAO;
    }
    public void save(User user){
        userDAO.save(user);
    }
}

```

在业务逻辑层中, 主要用到了 Spring 的 IOC 控制反转技术, 即上面的 setUserDAO 方法, 在往数据库中新添用户信息时调用到 userDAO。这种使用方法使业务逻辑层更加灵活, 如果

具体业务发生变化, 在表示层和数据持久层改变很小就可以完成, 这种设计思路增强了系统的可维护性和灵活性。

#### 4.3 表示层设计

表示层基于 Struts 框架, 采用了 JSTL 标签技术。首先建立基于用户的 JSP 视图页面, 设计出封装用户表单信息的 Action-Form, 形式如同上面的 User 模型代码。其次搭建用户请求和业务逻辑之间的桥梁—Action 组件, 负责将用户信息和具体的业务逻辑联系在一起, 最后通过 Struts 的配置文件 Struts-config.xml 完成用户注册功能。

#### 5 结束语

本文介绍了基于 MVC 设计模式下自助游平台典型模块—用户注册模块的开发架构和流程<sup>[6]</sup>, 以及 Spring、Struts 和 Hibernate 框架的工作原理, 利用了他们的优点互补, 有机地将 Spring、Struts 和 Hibernate 框架结合起来构建了一个自助游平台, 克服了传统 Web 信息系统的缺点, 提高了系统的可维护性、可扩展性, 降低了系统的耦合性。

#### 参考文献:

- [1] 中国旅游网站的性能及其发展的态势[EB/OL]. (2004-12). [http://www.hnta.cn/Web/news/print\\_qianyan.jsp?dd=3899](http://www.hnta.cn/Web/news/print_qianyan.jsp?dd=3899).
- [2] 陈乐, 杨小虎. MVC 模式在分布式环境下的应用研究[J]. 计算机工程, 2006(10): 62.
- [3] Spring 应用框架介绍[EB/OL]. <http://springframework.org/>.
- [4] Hibernate 使用指南[EB/OL]. <http://www.hibernate.org/>.
- [5] Struts 使用介绍[EB/OL]. <http://struts.apache.org/>.
- [6] 武友新. 旅游电子商务平台架构的研究[J]. 计算机工程, 2006(10): 277.

(上接 158 页)

结论 2 都成立的情况, 关于这种情况也要相关理论作为冲突消除策略。但在本系统中, 考虑到某位患者可能同时缺乏多种营养素, 为了诊断结果更准确全面, 系统不对同时符合要求的多条结论进行取舍。但为了使患者更清楚所缺乏营养素的轻重缓急, 系统在显示结果时, 将按照结论可信度 CF(H) 值从大到小的顺序依次排列, 将缺乏某种营养素可信度最高的放在最上面, 从而患者可以参考, 更及时地补充最缺乏的营养素。

#### 5 小结

本系统通过运行测试, 基本达到预期效果, 能够通过简洁的界面和简便的操作, 完成症状获取、规则推理、得出诊断结果的过程, 并根据结果给出治疗建议, 并可以对管理员、患者的信息进行管理, 对事实库和规则库进行添加修改等维护, 具有一定的可用性和灵活性。同时仍存在一些不足, 有待改进:

(1) 系统诊断的营养素相关疾病较少, 主要考虑了维生素的缺乏情况。

(2) 规则库设计不够完善, 规则较少, 规则的表达存在冗余, 有待进一步求精。

(3) 缺乏推理解释机制。由于系统较小, 推理过程和结果比较单一, 因此推理的解释部分没有设计, 而只在治疗建议模块中给出了推理的诊断结果以及治疗建议, 患者无法了解得出这一结果的过程和原因。而对一个完整的专家系统而言, 除了具

备强大的推理能力和丰富的专业知识之外, 还应该具有良好的解释能力, 使用户不仅知道做什么, 还要知道为何这么做。这是系统需要完善的。

(4) 系统的灵活性还不够高, 在知识获取和规则推理过程中, 灵活性有待提高。

(5) 系统编码实现的过程中, 有些设计想法限于计算机编程能力而无法实现, 因此, 提高自身编程水平, 也是建立专家系统必不可少的基础和前提。

#### 参考文献:

- [1] 廉师友. 人工智能技术导论[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2001.
- [2] 吴泉源, 刘江宁. 人工智能与专家系统[M]. 长沙: 国防科技大学出版社, 1995.
- [3] Massod S H, Soo A A. A rule based expert system for rapid prototyping system selection[J]. Robotics and Computer Integrated Manufacturing, 2002, 18: 267-274.
- [4] 徐稷. Delphi 应用与开发案例教程[M]. 北京: 清华大学出版社, 2005.
- [5] 向艳. 基于 VB6.0 的营养诊断专家系统[J]. 石油化工高等学校学报, 2002, 15(2): 72-75.
- [6] 姜培珍. 营养失衡与健康[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004.
- [7] Giarratano J, Riley G. Expert systems: principles and programming[M]. 北京: 机械工业出版社, 2006.
- [8] 蔡自兴, 约翰·德尔金, 龚涛. 高级专家系统[M]. 北京: 科学出版社, 2005.