

计算技术对中医方剂知识的挖掘

任廷革, 刘晓峰, 张帆, 孙燕, 汤尔群

北京中医药大学基础医学院, 北京 100029

摘要 以中医方剂为研究对象, 运用数据库挖掘、不确定性推理、机器学习等计算技术构建了一个数据挖掘平台; 采用自主研发的“中医方剂数据库系统”(CPDBS)、“中医方剂智能分析系统”(CPIAS)、“中医方剂分类模式识别系统”(CPSVM)等软件, 对中医方剂知识进行了挖掘研究。在中医方剂内涵知识的发现、方剂知识要点的形式化与量化计算、方剂模式分类识别等方面的研究成果表明, 把对中医方剂知识的挖掘作为解读中医诊治思维的切入点, 是实现把人的“经验”转化为“知识”的有效途径, 对中医学的现代化研究具有现实意义。

关键词 数据挖掘; 近似推理; 机器学习; 中医方剂

中图分类号 R289.2, TP31

文献标识码 A

文章编号 1000-7857(2010)15-0031-05

Data Mining for Chinese Traditional Medicine Prescription Based on Computing Science

REN Tingge, LIU Xiaofeng, ZHANG Fan, SUN Yan, TANG Erqun

School of Basic Medicine, Beijing University of Chinese Medicine, Beijing 100029, China

Abstract With Chinese Traditional Medicine (CTM) prescriptions as the object of study, a data mining platform is constructed by using database mining, approximate inference and machine learning, based on computing science. An CTM Prescriptions Database System (CPDBS), an CTM Intelligent Analysis System (CPIAS) and an CTM Classification Model Recognition System are developed with Support Vector Machine (CPSVM) to study the knowledge of CTM prescriptions. Progress has been made on insight discovery, qualitative and quantitative computation of key knowledge and classification model recognition of CTM prescriptions. It is shown that with the data mining of CTM prescriptions as the entry point of CTM diagnostics study, an effective way may be found to transfer human experience to systematic knowledge, which has a practical meaning on modernization of CTM.

Keywords data mining; approximate inference; machine learning; Chinese Traditional Medicine prescription

0 引言

中医学信息的研究可以追溯到 20 世纪 70 年代^[1-3]。在方法论层面, 中医学系统、整体、多维的特点使之与信息学有着比任何其他科学更强的亲和力。在思维模式方面, 中医学具有控制论特征, 表现为其身心统一的观念和与客观性、简化论的现代医学完全不同, 主张并强调人是一个生物心理信息系统, 疾病不能被解释为单层次的、各部分割裂的现象, 与被称作医学领域第二次革命的“信息医学”(Infomedicine)的概念有相同的内涵。

“中医方剂”(下简称“方剂”)是中医运用“中药”防治疾病的主要形式。一个成功的方剂, 是中医医生高层次思维方式

(原则、取向、形式)的成果, 而“思维方式作为文化基因的主要部分, 是有巨大生命力的”^[4]。在中国近 2000 多年的文明史中, 中医药维系着中国人的健康、繁衍、生息的史实也证明了这一点。为了探究中医诊治的思维特点和规律, 本研究把对方剂知识的挖掘作为解读中医诊治思维这一黑箱理论的切入点, 建立相关的数学模型将其形式化, 并对其结果进行量化表达, 以此来探索把中医的“经验”转化为“知识”的有效途径, 为中医学的传承和发扬提供技术的支持。

经过多年的科研实践, 本课题组构建了一个用计算技术对方剂知识进行挖掘的平台, 尝试着用综合的技术方案来探求对中医方剂知识挖掘的理想效果。内容包括: 首先采用数

收稿日期: 2010-06-13

基金项目: 国家自然科学基金项目(60672141); “十一五”国家科技支撑计划项目(2007BAI10B06)

作者简介: 任廷革, 研究员, 研究方向为中医信息学研究与开发, 电子信箱: rentg@263.net

数据库挖掘技术,对近 10 万方剂数据进行相关性的挖掘,以发现其中的规律^[5-7];继而采用不确定性推理的人工智能技术,对方剂的相关因子进行挖掘,实现了包括“方剂功效”在内的方剂主要特征的形式化和量化计算^[8-10];在此基础上,采用机器学习技术,对方剂分类进行了模式识别的实验^[11-13]。

1 基于数据库挖掘技术的方剂关联数据发现

文献[5]中的“中医方剂数据库系统”(CTM Prescriptions Database System, CPDBS)是一个基于大型关系型数据库技术的方案,以解决方剂关联数据的挖掘问题。该系统建立在 Oracle for UNIX 平台上,用 OAS 的 PL/SQL 软插件模式实现,在技术上满足了远程访问的需求。中医专业人员对方剂数据进行采集和数据预处理,建立了“中医方剂数据库”^[5-6]。目前的数据库中储存有近 10 万个方剂数据,100 万余个数据记录,这些数据的时间跨度在 2000 年以上,覆盖了中医各个历史时期的主要方剂文献,以保证数据的代表性和系统性,为中医方剂知识挖掘研究储备了丰富的数据资源,并提供挖掘分析的程序实现。

为保证历史文献信息得到充分释放,制定了“全文解析”(解析到最小信息单位)、“主题标引”(使用“中医药主题词”对解析的字段进行标引)的技术方案^[6],用来采集和处理数据。其原则是:在保持文献原貌、原义的前提下,实现数据的高度一致化和结构化存储。依据这一原则,用 Access 研制了“方剂数据采集系统”^[7]。这个系统的任务有两个:①完成文本数据向结构化数据的转换;②为数据的预处理提供软件环境。这一方案的意义在于使方剂数据在具备一致化语法结构的基础上,尽可能地实现数据在语义上的一致,为基于数据库技术的挖掘创造必备的条件。

从数据挖掘的结果来看,CPDBS 系统使历史方剂文献的信息得到较大程度的释放,实现了病、证、方、药等全方位的交叉查询和统计分析,具有序列统计、关系发现、主题集合等挖掘功能。从图 1 可以了解到该系统挖掘功能的大致情况。



图 1 方剂数据库系统挖掘功能主界面
Fig. 1 Interface for the "data-mining function" of the CTM prescription database system

CPDBS 系统的查询入口围绕“方剂”设有 36 个选项,又设有 10 个条件组合框,这些条件可以用“并且”、“或者”、“并且不包括”、“或者不包括”等查询语句完成检索逻辑的表达,同时还设有单括号“()”和双括号“(())”限定优先查询条件。完备的查询设计目的是为了最大限度地满足用户查询的需求。

CPDBS 系统的挖掘功能如图 1 所示,该系统可以完成各种数据关系的统计分析。例如以“消渴”为查询条件,查询到数据库中相关的记录 679 条,分析其证候的分型情况,共涉及“下焦虚热证”等 70 种证型。这些证型系统依据“中医学主题词表”结构可以聚成“脏腑辨证”、“气血津液辨证”、“病因辨证”、“八纲辨证”4 类,对每类主要用药特点进行分析,其结果如表 1 所示。

表 1 治疗消渴病方剂用药比较
Table 1 Comparison among Xiaoke herbs

查询条件	记录数	用药序(前 4 位)
消渴	679	甘草,麦门冬,黄连,天花粉,...
消渴+脏腑证	60	茯苓,麦门冬,甘草,黄连,...
消渴+气血津液证	59	甘草,茯苓,栝楼,麦门冬,...
消渴+病因证	47	黄连,麦门冬,甘草,天花粉,...
消渴+八纲证	32	甘草,黄连,人参,附子,...

由表 1 可知,①在治疗消渴病方剂的历史记录中,对“证候”的记录是不完整的,有“证候”记录的占 29%;②历史方剂治疗消渴病辨证方法涉及 4 类(略);③辨证方法不同方剂用药的侧重有不同的趋向(略);④“甘草”为所有证型共用,其次是“黄连”和麦门冬。以上仅仅是举例而言,按照不同思路从不同角度去分析,围绕一个查询目标可以挖掘出的数据文件可达数十至上千个不等。

但 CPDBS 系统也暴露出两点不足:①基于数据库技术的挖掘计算是基于“频次”的,因此在“量化”表达中医方剂知识方面有局限性;②在数据库建立的过程中(解析和标引),融入了人的主观判断,而人的主观认识不仅难以保证百分之百的准确和一致,并且也不易评价。为此,课题组采用人工智能技术对方剂知识的量化表达进行了深入的研究。

2 基于近似推理计算的方剂知识的量化计算

“中医方剂智能分析系统”^[14](CTM Intelligent Analysis System, CPIAS)是一个基于近似推理方法的技术方案,解决的是方剂知识要点的量化计算和表达问题。该系统实现了对方剂所含因子的量化计算和表达,对方剂知识挖掘的过程可以借助概念关系网(Conceptual Relational Networks, CRN)表达,如图 2 所示。CRN 是由 12 个节点(圆圈部分)与 23 个关系有向弧构成的极少输入(Y_i, Z_i)、较多输出($Y_o, G_{1o}, G_{2o}, Q_o, W_o, J_o, F_o, M_{1o}, M_{2o}, Z_o$)的系统(“i”表示输入,“o”表示输出),符合智能系统的基本特征。图中的“实线”是已实现的关系计算,“虚线”是待实现的关系计算。

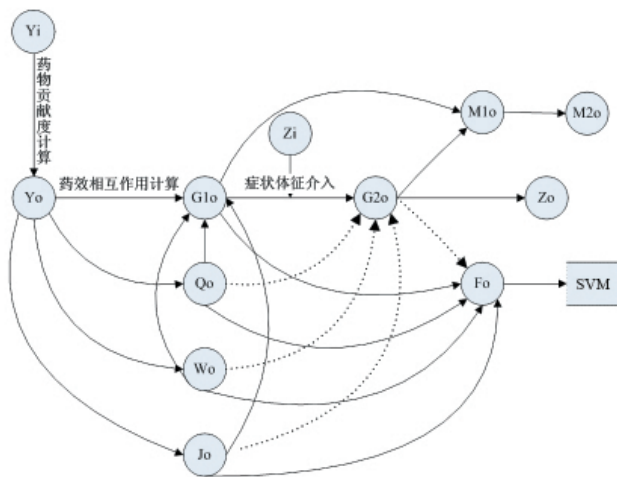


图 2 方剂智能分析系统描述

Fig. 2 Description of the CTM prescription intelligent analysis system

其中,输入 Y_i 为处方(药物和剂量), Z_i 为症状体征(临床表现); 输出 Y_o 为中药对方剂的贡献度序列, G_{1o} 为方剂功效序列, G_{2o} 为基于临床表现的方剂功效筛选序列, Q_o 为方剂药气序列, W_o 为方剂药味序列, J_o 为方剂归经序列, M_{1o} 为方剂针对的证素序列, M_{2o} 为方剂适应的证候序列, F_o 为方剂治法相关信息, Z_o 为方剂对症状体征的关注度分析。图中 SVM 表示上述计算结果通过接口程序输入到用支持向量机(Support Vector Machine, SVM)技术开发的模式识别系统。

由此看出, CPIAS 系统是个多节点、多关系的复杂知识系统, 其具有两个特点: ① 提出了“药量强度”的概念和计算模型, 这在知识的挖掘和量化计算中是关键性的; ② 系统的量化计算得到上万条中医学基础知识的支持, 使“定性”与“定量”的计算得到有机的结合。当然这个推理的模式也不是最终的, 它将随着研究的深入而不断优化。

所谓“药量强度”, 就是方剂中各味中药对方剂功效的贡献度。在方剂中, 各单味中药所发挥的作用力度, 不仅受到“药量”的影响, 还受到“药性”的影响, 因此不能以单味药用量的大小来直接判断其作用力度。为此提出“药量强度”的概念, 依据此概念的原理, 提出了“药量分类强度计算模型”^[15]。该模型的建立, 顾及了各中药不同常用计量范围的特征(这一特征间接地反映了各中药的特性), 并据此进行了分类计算。模型通过方剂给出的中药剂量, 计算出各中药在方剂中所发挥的作用强度, 即中药对方剂功效的贡献度。模型计算公式如下:

$$f(X, q) = \begin{cases} \frac{6 \left[q_M - m_X + \frac{(M_X - m_X)}{6} \right]^2}{(M_X - m_X)^2} + \frac{5}{6} & q_X \geq m_X \\ \frac{q_X}{6m_X} + 1 & 0 < q_X < m_X \\ 0 & q_X = 0 \end{cases}$$

式中, X 为任意药物; q 为药物用量, q_X 表示药物 X 的用量; M_X

表示药物 X 用量的上限; m_X 表示药物 X 用量的下限。

这个计算模型在 CPIAS 系统中又被称作“基础量化计算模型”, 方剂所有相关因子的量化计算都是在这个基础上实现的, 随着研究的进展, 这个模型得到不断地维护^[16]。具体内容包括: 方剂综合药性强度计算(气、味、归经)、方剂功效计算、方剂涉及的证素计算、方剂适应证候预测、方剂对症状体征关注度的评估等。

在系统进行上述各种计算时, 相关的中医学基础知识参与其中, 这些“知识”在系统中被处理成各种“关系表”, 采用矩阵或条件规则等方法进行表达, 具体包括“药效关系表”(各种药效之间发生的联系)、“效候关系表”(方剂功效与症状体征间可能发生的联系)、“效素关系表”(方剂功效与证候要素间可能发生的联系)、“素证关系表”(证候要素与证候的关系)等。这些“关系表”构建出系统的“知识库”, 知识库中每一条记录的建立均要求有文献依据, 并符合中医学的普遍认识。知识库在系统中发挥了“大脑”的作用, 帮助系统成功完成了对方剂知识的挖掘。各关系表的表达形式示例如下。

表 2 用矩阵形式就“药效”间相互作用的关系进行表达, 每一行为一条记录。该表目前有 1821 条记录。

表 2 药效关系表示例

Table 2 Example of relations between herbs and efficacies

药效代码	药效名称	药效代码	药效名称	关系类型
1	温中	1	温中	相同
1	温中	8	散寒	双向协同
1	温中	13	行水	单向协同

表 3 用矩阵形式就“药效”与“症状体征”(候)之间的对应关系进行表达, 表中第 2 列是药效, 第 4 列是症状体征, 最后一列是“关系”建立的依据, 每行一个记录。该表目前有 6483 条记录。

表 3 效候关系表示例

Table 3 Example of relations between efficacies and symptoms

药效代码	药效名称	症状代码	症状名称	备注
1	温中	28	腹胀	《简明中医辞典》“腹胀”条
1	温中	30	干呕	《简明中医辞典》“干呕”条
1	温中	53	口渴	《简明中医辞典》“渴”条

表 4 用矩阵形式就“药效”与“证素”(构成中医“证候”的要素)之间的对应关系进行表达, 每行一个记录。该表目前有 167 条记录。

表 5 用条件规则形式就“证素”和“证候”的因果关系进行表达, 表中第 1 列是“证候”名称(果), 第 2 列是由“证素”按照

表 4 效素关系表示例

Table 4 Example of relations between efficacies and syndrome elements

药效代码	药效名称	症状代码	证素名称
1	温中	28	胃寒
2	逐寒	71	内寒
3	回阳	124	亡阳

表 5 素证关系表示例

Table 5 Example of relations between syndrome elements and syndrome

证候名称	证素条件	加权因子
食滞胃脘证	食积+(胃不和/中焦滞)	无
大肠失固证	大肠脱+脱	无
肾虚水泛证	肾虚+(水停/水湿)	阳虚

一定逻辑关系构成的条件(因),第3列是用以加权的“证素”(因)。每行一个记录,该表目前有259条记录。

在对“知识库”的研究中,知识的表达方法是非常关键的,有时候改变一个表达方式,可以收到事半功倍的效果。如当把“效证关系”(方剂“功效”和“证候”的对应关系)表(现已不用)化解成“效素关系”和“素证关系”两张表时,知识规则从原有的8000余条减少到426条,不仅大大降低了知识库维护的难度,而且提升了计算的稳健性。

CPIAS系统虽然在方剂知识的量化计算和表达方面取得突破性进展,但只适应于方剂个案分析的局限,尚不能满足对大样本方剂批量学习的需求。因此又开展了基于学习技术的方剂模式分类的研究。

3 基于 SVM 学习技术的方剂模式的分类学习

任何“规律”的发现都是以“分类”研究为前提的,中医学史上采用“分类”的研究方法是相当普遍的,“中医方剂分类模式识别系统”(CTM Classification Model Recognition System with Support Vector Machine, CPSVM)^[11]就是采用 SVM 方法与近似推理方法相结合的技术方案,实现机器学习技术对方剂模式的分类识别,解决方剂群案分类的模式识别问题。

CPSVM 是一个集训练学习、参数优化、预测和结果分析

等功能于一体的全中文学习系统,可用于分类预测和回归分析。CPSVM 最明显的优势有两点:① 量化数据由 CPIAS 系统提供,接口程序将已经量化的数据直接转化成国际通用的数据文件格式,成功地实现了支持向量机方法(完全基于数据)与近似推理方法(充分体现先验知识)的对接和优势互补;② 弥补了 SVM 方法中核函数的参数难以确定的不足,给出了实用有效的参数寻优方法和程序实现,有效提高了所建模型的稳健性。

虽然 SVM 方法与基于概率测度和大多数定律的传统统计方法风格迥异,但它与通常的统计分析预测方法有天然的联系(有大致相同的问题表述和数据预处理),预测模型仍然是建立在大量样本资料的基础之上,建模步骤与常规方法基本相同。方剂分类模式识别大致流程包括:采集样本资料—构造预测因子—因子归一化处理—确定建模要使用的核函数—创建训练集—创建实验集—创建检验集—确定最终用于预测的推理模型。

CPDBS 选择 10000 余个方剂数据作为实验对象,对这些方剂的分类可以是多角度的,如按“治法”、“病种”、“证候”、“证素”、“症状”、“医家”分类等。分类的目标不同,其意义也各异。然后以方剂“治法”为试算目标,具体内容包括“汗法”、“补法”、“温法”、“清法”、“下法”等临床上最常用的治法,这是在较高层面上的一种分类,其意义是有助于对同类方剂的构成和临床运用规律进行挖掘。实验结果见表 6。

该实验以《方剂学》(高等中医院校教材)、《伤寒论》(高等中医院校教材)以及中医方剂数据库中的历史方剂为样本,以汗法、补法、温法、清法、下法的方剂模式学习为目标,分别建立了学习样本、测试样本、检验样本,经过反复试算,建立了上述治法方剂的数学模型。

应用上述模型进行了更多、更大范围的实验,如应用所建立的方剂治法模型,对某些名医的经验处方进行“治法”模式的识别,识别率均可达到上述实验的平均水平。初步实验证明,CPSVM 适合解决中医方剂的分类问题^[12-13]。当然,这种用黑箱方法解决黑箱问题的做法虽然有效,但系统的“解释”功能还需强化(或曰理想化),在这方面还有一段艰苦的路要走。

总之,对方剂进行模式识别的研究还是初步的,要建立经得起推敲、泛化能力强、计算稳健的中医方剂的分类模型,还需要进行大量的实验,其中最关键的是样本的组织。

表 6 CPSVM 预报信息一览表

Table 6 CPSVM list of forecast information

名称	核函数	核参数	建模样本个数	样本维数	支持向量个数	检验样本数	正确数	错误数	准确率/%
汗法	RBF	0.03	309	1170	63	195	189	6	96.92
补法	RBF	0.00026	74	1170	43	511	413	98	80.82
温法	RBF	0.2001	53	1170	39	511	479	32	93.74
清法	RBF	0.0081	74	1169	36	63	58	5	92.06
下法	RBF	0.0013	108	1169	39	511	482	29	94.32

4 结论与展望

运用数学方法挖掘和表达中医方剂的知识内涵,在其科学性得到阐释的同时(数学化),也为解读其思维特点寻找到一种方法和手段,以促进“经验”向“知识”的转化。

使用数据库技术、人工智能近似推理技术和基于支持向量机模式的模式识别技术,分别研发出3款享有知识产权的软件系统,由此搭建起一个适合中医方剂信息挖掘的平台,从数据关联分析、知识解读和量化表达、模式分类等不同的侧面对中医方剂进行研究,均达到了预期的目标。其意义有两点:①数学对中医方剂的研究,有望在规范、严谨、合理、有效等诸方面探索中医学现代化的方法,对揭示中医辨证论治的规律具有科学意义;②文献和临床方剂分析技术的成功研发,可广泛地应用于中医学的科研、教学和临床,具有推广应用的前景。

该数据挖掘方案也存在不少问题,如在中医学的知识体系中,尚有不少领域规范化程度较低,许多标准尚待制定;用信息技术来解读人的经验虽然可行,但必须有行业知识的介入,而行业知识工程的研究在中医学领域中几乎还是空白。

通过以上研究也可清楚地看到各系统的适应性和局限性同在。今后的研究在于把“关系发现”、“量化计算”、“模式识别”集成在一个系统之中,或是把各自的优势分别在不同的系统中体现,让计算技术对方剂知识的挖掘走向新的综合。为此提出如下规划:把数据库技术和近似推理技术有机地结合起来,让历史文献信息在得到彻底释放的同时,也得到形式化和量化的表达。

综上所述,用数学方法推动中医学的创新,促进中医学信息研究的发展,为古老的中医学理论走向现代文明开拓新思路、提供新方法,具有历史和现实的科学意义。在计算技术不断发展和被广泛应用的今天,借助并结合信息科学的研究成果,探求新的研究方法,形成新的学科交叉,从根本上克服单一学科自身的局限,实现自我超越式发展,是中医学现代化的重要途径之一。

参考文献 (References)

- [1] 郭荣江. 中医关幼波教授肝病辨证施治: 电子计算机程序的研究[C]//北京市中医论文选辑. 北京: 北京中医学会, 1979: 1-9.
Guo Rongjiang. Professor of traditional Chinese medicine Guan Youbo liver syndrome differential treatment: Study of computer program [C]// Beijing Traditional Chinese Medicine paper selections. Beijing: Beijing Association of Chinese Medicine, 1979: 1-9.
- [2] Sun J Z, Ren T G. Research and development of traditional Chinese prescription intelligent analysis support system[C]//The Sixth Conference on Medical Informatics (MEDINFO 89). Beijing: IMIA, 1989: 1144-1147.
- [3] Gao Q Q, Ren T G. A measuring method of effect intensity based on classified herbs regarding intelligent mining of prescription efficacies [C]//The International Conference on Computational Intelligence and Software Engineering. Wuhan: CISE, 2009.
- [4] 刘长林. 中国系统思维[M]. 北京: 中国社会科学出版社, 1997: 609.
Liu Changlin. Chinese systematic thoughts [M]. Beijing: China Social Sciences Press, 1997: 609.
- [5] 任廷革, 刘晓峰, 高剑波, 等. 中医药基础数据库系统介绍 [J]. 中国中

- 医药信息杂志, 2001, 8(11): 90-91.
Ren Tingge, Liu Xiaofeng, Gao Jianbo, et al. *Chinese Journal of Information on Traditional Chinese Medicine*, 2001, 8(11): 90-91.
- [6] 任廷革, 刘晓峰, 王庆国, 等. 面向主题的中医古籍文献的信息研究 [M]//中国医药文化遗产考论. 北京: 中医古籍出版社, 2005: 29-33.
Ren Tingge, Liu Xiaofeng, Wang Qingguo, et al. Subject-oriented information study of Chinese ancient books [M]//Perspective of Chinese Medical cultural heritage. Beijing: TCM Ancient Books Press, 2005: 29-33.
- [7] 孙燕, 臧传新, 任廷革, 等. 基于数据挖掘技术的医案整理方法探讨[J]. 中国中医药信息杂志, 2006, 13(11): 106-107.
Sun Yan, Zang Chuanxin, Ren Tingge, et al. *Chinese Journal of Information on Traditional Chinese Medicine*, 2006, 13(11): 106-107.
- [8] 任廷革, 刘晓峰, 高全泉, 等. 中医方剂功效定性和定量研究初探[J]. 中国中医药信息杂志, 2007, 14(6): 100-102.
Ren Tingge, Liu Xiaofeng, Gao Quanquan, et al. *Chinese Journal of Information on Traditional Chinese Medicine*, 2007, 14(6): 100-102.
- [9] 刘晓峰, 任廷革, 高全泉, 等. 中医方剂功效定性和定量研究再探[J]. 中国中医药信息杂志, 2009, 16(1): 92-94.
Liu Xiaofeng, Ren Tingge, Gao Quanquan, et al. *Chinese Journal of Information on Traditional Chinese Medicine*, 2009, 16(1): 92-94.
- [10] 任廷革, 高全泉, 刘晓峰, 等. 中医方剂功效定性和定量研究三探[J]. 中国中医药信息杂志, 2009, 16(6): 96-98.
Ren Tingge, Gao Quanquan, Liu Xiaofeng, et al. *Chinese Journal of Information on Traditional Chinese Medicine*, 2009, 16(6): 96-98.
- [11] 孙燕, 臧传新, 任廷革. 支持向量机分类器在中医方剂模式识别中的应用研究[J]. 中医药管理杂志, 2006, 14(11): 25-28.
Sun Yan, Zang Chuanxin, Ren Tingge. *Journal of Traditional Chinese Medicine Management*, 2006, 14(11): 25-28.
- [12] 孙燕, 臧传新, 任廷革. 支持向量机方法在《伤寒论》方分类建模中的应用[J]. 中国中医药信息杂志, 2007, 14(1): 101-102.
Sun Yan, Zang Chuanxin, Ren Tingge. *Chinese Journal of Information on Traditional Chinese Medicine*, 2007, 14(1): 101-102.
- [13] 孙燕, 臧传新, 任廷革. SVM方法在《伤寒论》方小样本分类识别中的应用[J]. 中国中医药信息杂志, 2009, 16(2): 98-100.
Sun Yan, Zang Chuanxin, Ren Tingge. *Chinese Journal of Information on Traditional Chinese Medicine*, 2009, 16(2): 98-100.
- [14] 刘晓峰, 任廷革, 高全泉, 等. 中医处方智能分析系统的研究与实践 [J]. 中国中医药信息杂志, 2007, 14(10): 97-99.
Liu Xiaofeng, Ren Tingge, Gao Quanquan, et al. *Chinese Journal of Information on Traditional Chinese Medicine*, 2007, 14(10): 97-99.
- [15] 高全泉, 任廷革, 刘晓峰, 等. 中医方剂药物相对药量改进计算模型 [J]. 海南师范大学学报: 自然科学版, 2008, 21(4): 362-366.
Gao Quanquan, Ren Tingge, Liu Xiaofeng, et al. *Journal of Hainan Normal University: Natural Science Edition*, 2008, 21(4): 362-366.
- [16] Gao Q Q, Ren T G, Liu X F, et al. An herbs classification method and searching algorithm of classification tree used for essential efficacy mathematics measurement [C]//2009 4th International Conference on Innovative Computing, Information and Control. Kaohsiung: IEEE Computer Society, 2009.
- [17] 汤尔群, 任廷革, 陈明, 等. 基于数据挖掘方法的《伤寒论》非衡器药物剂量研究[J]. 中国中医药信息杂志, 2009, 16(10): 90-93.
Tang Erqun, Ren Tingge, Chen Ming, et al. *Chinese Journal of Information on Traditional Chinese Medicine*, 2009, 16(10): 90-93.
- [18] 汤尔群, 任廷革, 陈明, 等. 基于方证知识挖掘的中药剂量范围的研究[J]. 中国中医药信息杂志, 2009, 16(12): 94-96.
Tang Erqun, Ren Tingge, Cen Ming, et al. *Chinese Journal of Information on Traditional Chinese Medicine*, 2009, 16(12): 94-96.

(责任编辑 李慧政)