



智能科学技术著作丛书

中医辨证的机器推演

周昌乐 著



科学出版社

www.sciencep.com



中国中医药出版社

中医辨证的机器辅助

张其成 著



中国中医药出版社

智能科学技术著作丛书

中医辨证的机器推演

周昌乐 著

国家自然科学基金项目 (60672018)

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书是关于智能中医诊断信息技术方面的一部著作,是作者长期从事智能中医学研究成果的系统总结。全书主要以中医辨证过程的计算实现为核心,系统介绍了中医辨证机器实现的人工智能方法和技术。主要内容包括:智能中医诊断信息技术的研究综述、中医病证规范化体系的分析思考、中医辨证逻辑推演与软计算实现的系统阐述、有关中医面诊信息获取方法的详尽介绍,以及包括四诊合参处理在内的中医诊断应用系统的描述。

本书可供人工智能、机器视觉、中医诊断学和中医信息处理等方面的研究人员和高等院校有关专业教师、研究生等参考。

图书在版编目(CIP)数据

中医辨证的机器推演/周昌乐著. —北京:科学出版社,2009

(智能科学技术著作丛书)

ISBN 978-7-03-023321-9

I. 中… II. 周… III. 人工智能-应用-辨证论治-研究 IV. R241-39

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第170548号

责任编辑:吴凡洁/责任校对:李奕莹

责任印制:赵 博/封面设计:陈 敬

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2009年2月第一版 开本:B5(720×1000)

2009年2月第一次印刷 印张:15 1/4 插页2

印数:1—2 500 字数:311 000

定价:50.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈科印〉)

《智能科学技术著作丛书》编委会

名誉主编：吴文俊

主 编：涂序彦

副主编：钟义信 史忠植 何华灿 蔡自兴 孙增圻 谭 民

秘书长：韩力群

编 委：（按姓氏汉语拼音排序）

蔡庆生（中国科技大学）

蔡自兴（中南大学）

杜军平（北京工商大学）

韩力群（北京工商大学）

何华灿（西北工业大学）

何 清（中国科学院计算技术研究所）

黄河燕（中国科学院计算语言研究所）

黄心汉（华中科技大学）

焦李成（西安电子科技大学）

李祖枢（重庆大学）

刘 宏（北京大学）

刘 清（南昌大学）

秦世引（北京航空航天大学）

邱玉辉（西南师范大学）

阮秋琦（北京交通大学）

史忠植（中国科学院计算技术研究所）

孙增圻（清华大学）

谭 民（中国科学院自动化研究所）

涂序彦（北京科技大学）

王国胤（重庆邮电学院）

王家钦（清华大学）

王万森（首都师范大学）

吴文俊（中国科学院系统科学研究所）

杨义先（北京邮电大学）

尹怡欣（北京科技大学）

于洪珍（中国矿业大学）

张琴珠（华东师范大学）

钟义信（北京邮电大学）

庄越挺（浙江大学）

《智能科学技术著作丛书》序

“智能”是“信息”的精彩结晶，“智能科学技术”是“信息科学技术”的辉煌篇章，“智能化”是“信息化”发展的新动向、新阶段。

“智能科学技术”（intelligence science & technology, 简称 IST）是关于“广义智能”的理论方法和应用技术的综合性科学技术领域，其研究对象包括：

- “自然智能”（natural intelligence, 简称 NI），包括：“人的智能”（human intelligence, 简称 HI）及其他“生物智能”（biological intelligence, 简称 BI）。

- “人工智能”（artificial intelligence, 简称 AI），包括：“机器智能”（machine intelligence, 简称 MI）与“智能机器”（intelligent machine, 简称 IM）。

- “集成智能”（integrated intelligence, 简称 II），即：“人的智能”与“机器智能”人机互补的集成智能。

- “协同智能”（cooperative intelligence, 简称 CI），指：“个体智能”相互协调共生的群体协同智能。

- “分布智能”（distributed intelligence, 简称 DI），如：广域信息网，分散大系统的分布式智能。

1956年，“人工智能”学科诞生，五十年来，在起伏、曲折的科学征途上不断前进、发展，从狭义人工智能走向广义人工智能，从个体人工智能到群体人工智能，从集中式人工智能到分布式人工智能，在理论方法研究和应用技术开发方面都取得了重大进展。如果说，当年“人工智能”学科的诞生是生物科学技术与信息科学技术、系统科学技术的一次成功的结合，那么，可以认为，现在“智能科学技术”领域的兴起是在信息化、网络化时代又一次新的多学科交融。

1981年，“中国人工智能学会”（Chinese Association for Artificial Intelligence, 简称 CAAI）正式成立，二十五年来，从艰苦创业到成长壮大，从学习跟踪到自主研发，团结我国广大学者，在“人工智能”的研究开发及应用方面取得了显著的进展，促进了“智能科学技术”的发展。在华夏文化与东方哲学影响下，我国智能科学技术的研究、开发及应用，在学术思想与科学方法上，具有综合性、整体性、协调性的特色，在理论方法研究与应用技术开发方面，取得了具有创新性、开拓性的成果。“智能化”已成为当前新技术、新产品的发展方向和显著标志。

为了适时总结、交流、宣传我国学者在“智能科学技术”领域的研究开发及

应用成果，中国人工智能学会与科学出版社合作编辑出版《智能科学技术著作丛书》。需要强调的是，这套丛书将优先出版那些有助于将科学技术转化为生产力以及对社会和国民经济建设有重大作用和应用前景的著作。

我们相信，有广大智能科学技术工作者的积极参与和大力支持，以及编委们的共同努力，《智能科学技术著作丛书》将为繁荣我国智能科学技术事业、增强自主创新能力、建设创新型国家做出应有的贡献。

祝《智能科学技术著作丛书》出版，特赋贺诗一首：

智能科技领域广

人机集成智能强

群体智能协同好

智能创新更辉煌



中国人工智能学会荣誉理事长

2005年12月18日

前 言

智能中医诊断信息处理的研究是中医现代化和信息化进程中的一个重要方面，尤其就我国中医药走向国际化发展而言，更是如此。随着中医信息处理技术研究的深入发展，中医四诊的客观化、中医病证的规范化、中医诊断的智能化研究渐趋成熟，系统地提出中医辨证的计算方法就成为一个迫切需要解决的问题。在这种情况下，总结该领域中已有的思想方法、实现技术和研究成果，出版一部内容充实、思想新颖，既能反映这一研究领域的前沿动态，又有助于一般科技人员了解这一研究领域的概貌的参考书，无疑对促进智能化中医诊断信息技术的研究进程、普及智能中医新技术，都有重要的学术价值和社会效益。

本书是我们自1999年以来系统开展智能中医诊断信息技术研究成果的总结。1999年，我还在浙江大学任教，应上海中医药大学张志枫博士的邀请，协助该校方肇勤教授指导博士生许家佗的研究课题，希望能够开辟新的中医诊断信息处理研究方向。一开始涉入的具体问题是有关舌象诊断信息的客观化研究。在此之前，我了解的主要是并不很成功的、有关传统中医专家系统方面的情况，而对四诊客观化研究却没有多少了解。但随着合作研究的初步深入，我渐渐觉得，目前先进的人工智能方法与技术在中医信息处理研究中大有用武之地，可以取得远远超过传统中医专家系统所能处理的范围和水平的成果。研究思路也可以与传统中医专家系统有所不同，我们可以从根本上提出实现中医诊断智能化的思想与方法，全方位地开展中医诊断信息处理研究。

但是，9年来，经过实际的深入研究发现，中医诊断过程的计算实现问题，远非是开始所想象的那样简单，许多表面上看起来轻而易举的事情，实际做起来往往会遇到种种意想不到的困难。尽管如此，我们还是坚持采用最先进的人工智能方法与技术，不断壮大研究队伍，围绕着研究中遇到的各种具体问题，针对中医辨证过程各个环节的需求系统展开我们的研究工作，给出了一部分有代表性的研究成果。而本书的内容除了一般性介绍外，也就可以看做是我们所做研究工作的一个阶段性总结：在以中医辨证为核心的框架下组织内容，给出了一种中医辨证的机器推演原理及其所涉及各阶段实现方法的系统描述。希望本书成为一部内容新颖、思想独到的学术著作，以实现撰写本书的初衷。

最后，对于研究工作取得的初步成果，我首先要感谢中医学界许多合作者的启示和帮助，他们是上海中医药大学的张志枫博士、许家佗博士、费兆馥教授，厦门大学中医系的王彦晖教授等；感谢上海中医药大学邀请我担任兼职教授，并

允许我招收中医诊断学的博士生；感谢厦门大学智能科学与技术系的李绍滋教授、史晓东教授、邹丰美副教授、蔡骏副教授等同事所提供的技术支持；感谢国家自然科学基金委员会、厦门大学各级领导为研究工作所提供的研究经费和便利条件。

此外，对在中医诊断信息处理方面开展研究工作的、我历届培养的博士生李文书（浙江大学），吴清锋、吴芸、施明辉、吴曦华、郭锋、吴梅红（以上厦门大学），胡雪琴、洪燕珠、高惠勇（以上上海中医药大学）和硕士生孙炆、吴丹青、戴光（以上浙江大学），张伟、程名、沈阳城、毛红潮、施展、陆萍（以上厦门大学）等所从事具体中医信息处理的科研工作表示感谢，本书的最终形成与他们的辛勤劳动是分不开的。

作者

2008年6月18日识于厦大海韵

目 录

《智能科学技术著作丛书》序

前言

| | |
|-----------------|----|
| 第一章 研究概述 | 1 |
| 1.1 机器诊断的研究现状 | 1 |
| 1.1.1 研究领域界定 | 1 |
| 1.1.2 历史简要回顾 | 4 |
| 1.1.3 研究现状分析 | 6 |
| 1.2 中医诊断的过程分析 | 8 |
| 1.2.1 症状收集 | 8 |
| 1.2.2 证型推断 | 10 |
| 1.2.3 病证互参 | 13 |
| 1.3 辨证计算的构建思想 | 14 |
| 1.3.1 客观化症状信息获取 | 14 |
| 1.3.2 形式化证型推导过程 | 16 |
| 1.3.3 规范化诊断标准体系 | 19 |
| 第二章 诊病体系 | 21 |
| 2.1 中医理论体系论述 | 21 |
| 2.1.1 阴阳五行的整体思想 | 21 |
| 2.1.2 经络藏象的机体学说 | 27 |
| 2.1.3 重构中医的藏象理论 | 32 |
| 2.2 中医诊断学说概要 | 41 |
| 2.2.1 辨证学说的八纲分析 | 41 |
| 2.2.2 推演视角的脏腑辨证 | 44 |
| 2.2.3 四诊诊察的内容分析 | 47 |
| 2.3 建立辨证规范体系 | 53 |
| 2.3.1 中医辨证规范化综论 | 53 |
| 2.3.2 病案数据的收集整理 | 58 |
| 2.3.3 证型模型的计算获取 | 64 |
| 第三章 辨证计算 | 70 |
| 3.1 五行辨证的逻辑推演系统 | 70 |

| | | |
|------------|-------------|-----|
| 3.1.1 | 逻辑推演构造原理 | 70 |
| 3.1.2 | 中医辨证推演系统 | 74 |
| 3.1.3 | 推演系统实例分析 | 79 |
| 3.2 | 八纲辨证的计算实现方法 | 84 |
| 3.2.1 | 八纲辨证计算方法概要 | 85 |
| 3.2.2 | 八纲辨证神经网络模型 | 87 |
| 3.2.3 | 辨证模型遗传优化算法 | 95 |
| 3.3 | 脏腑辨证的基因打靶算法 | 103 |
| 3.3.1 | 基因打靶技术概要 | 103 |
| 3.3.2 | 脏腑辨证分型算法 | 106 |
| 3.3.3 | 机器辨证病例分析 | 110 |
| 第四章 | 面诊分析 | 115 |
| 4.1 | 人脸定位的分析检测方法 | 115 |
| 4.1.1 | 人脸检测的基本方法 | 115 |
| 4.1.2 | 多姿态人脸检测方法 | 123 |
| 4.1.3 | 人脸五官的特征定位 | 128 |
| 4.2 | 面色分类的图像处理方法 | 138 |
| 4.2.1 | 面诊区域的要点分析 | 139 |
| 4.2.2 | 人脸面色的分析提取 | 141 |
| 4.2.3 | 面色证型的识别归类 | 144 |
| 4.3 | 动态神色的视觉计算方法 | 148 |
| 4.3.1 | 实时人脸的跟踪方法 | 148 |
| 4.3.2 | 动态目光的跟踪计算 | 154 |
| 4.3.3 | 神色辨证的诊断计算 | 158 |
| 第五章 | 诊断系统 | 163 |
| 5.1 | 四诊信息的机器获取 | 163 |
| 5.1.1 | 舌象信息分析技术 | 163 |
| 5.1.2 | 脉象信息获取技术 | 168 |
| 5.1.3 | 机器问诊对话系统 | 171 |
| 5.2 | 诊断知识的归纳发现 | 174 |
| 5.2.1 | 知识发现的粗糙集方法 | 174 |
| 5.2.2 | 知识分类的形式化描述 | 176 |
| 5.2.3 | 知识聚焦思维获取算法 | 180 |
| 5.3 | 诊断应用系统的合成 | 182 |
| 5.3.1 | 舌象诊断性识别系统 | 183 |

| | |
|----------------------------|-----|
| 5.3.2 中医诊断系统的构想 | 189 |
| 5.3.3 亚健康体检诊断系统 | 190 |
| 附录 A 诊病体系的各类统计表 | 208 |
| 附录 B 中医辨证计算实验数据分析 | 214 |
| 附录 C 中医面诊信息采集与实验数据表集 | 223 |
| 后记 | 227 |

第一章 研究概述

源自中国古代的中医，是中国历代医家临床诊病经验积累而形成的一种医学体系，反映了众多人体生理与疾病医疗独到的认识、宝贵的思想和有效的方法，是人类医学文化的重要组成部分。中医在对疾病诊断治疗的感性认识基础上，十分注重整体思维辨证、人体生态调控以及未病预防保健等环节，这些都是西方医学所不及的。因此，如何在现代医学发达的今天，采用科学与技术的先进手段，来弘扬、普及与发展中医诊疗思想和方法，就成为中医现代化的重要课题，这其中的一个重要方面就是利用人工智能方法与技术开展的中医疾病机器诊断方面的研究工作。为了一开始就明确我们的著述目标与界定我们的著述内容，本章首先对智能中医诊断信息处理技术方面的研究现状以及问题的各个方面，作比较全面的描述与分析。

1.1 机器诊断的研究现状

有病不知、有病不治、有病难医，已经成为我们生活节奏日益快速之社会中普遍存在的问题。因此如何在人均医疗资源匮乏、就医时间稀缺以及亚健康问题凸现的今天，提供方便快捷有效的机器诊断方法与手段，已经越来越成为一项迫切需要解决的医疗技术问题。由于传统中医对复杂医疗仪器设备的依赖性低，诊断过程也简单快捷，因此面向大众提供有效机器诊断方法与手段，也正是快捷方便的中医诊疗优势所在。从这个意义上讲，中医机器诊断系统的研制，一定拥有广阔的发展前景。这便是智能中医诊断信息处理研究的缘由。

1.1.1 研究领域界说

智能中医诊断信息处理的研究，主要是指运用人工智能方法与技术，在一定程度与范围上，针对中医诊断过程中的主要环节，来进行中医疾病的机器诊断的研究工作。开展这样研究工作的目的，就是要为现代化中医药科学技术研究方法体系建立一种适合中医诊疗特点的智能中医诊断方法体系，并用来指导各类实际智能中医诊断系统的开发。一般而言，开展智能中医诊断方法体系的研究内容主要包括这样一些方面：建立中医辨证形式化逻辑推理体系；研究先进的中医智能系统构成技术；解决中医诊断智能化研究中主要环节的关键技术，包括望诊图像处理分析技术、中医闻诊的声音、气味信息的检测分析技术、脉象信息获取的先

进传感器技术、中医海量数据挖掘技术、中医诊断专家知识的获取技术等；然后在上述各个方面研究的基础上，搭建一种智能化中医诊断系统的标准示范模型。

鉴于实际中医诊断过程的错综复杂、各类症状信息难以客观化，以及中医专家经验的主观性等因素，开展智能中医诊断信息处理的研究，一方面必须充分运用当今人工智能及其相关领域的新理论、新方法和新技术，抓住中医辨证这个核心环节展开研究，包括中医专家知识与辨证规则的发现与归纳、大规模病案的数据挖掘与整理和中医辨证过程的形式推演方法等；另一方面，要充分利用比较成熟的智能多媒体信息处理技术，解决好四诊信息的获取与分析问题，包括舌象、脉象、面象信息源的获取与处理，结合闻诊的语音处理与电子鼻技术和问诊的自然语言对话接口处理等。只有切实有效解决上述中医诊断过程各个环节的智能实现方法与技术，才能在此基础上给出实际有效的智能中医诊断系统一般构建方法与系统。

如图 1.1 所示，通常一个智能中医诊断系统由五大部分构成，即四诊数据获取、病案训练数据库、规则知识库、辨证推演引擎、用户接口界面等。其中，四诊数据获取主要是指中医望、闻、问、切四种症状诊察途径的诊断信息获取，需要采用客观化的机器手段来处理；病案训练数据库则是为得到中医诊断知识与规则的机器归纳形成而准备的，一般需要大规模的数据量；规则知识库指的是通过手工录入或机器学习形成的中医诊断规则知识，一般为“IF-THEN”形式存放，为机器诊断过程所运用；辨证推演引擎是机器诊断的核心模块，采用某种推演计算方法，依据获得的四诊信息和诊断规则来进行中医病证推演，从而得出诊断结果；最后的用户接口界面主要是为机器诊断系统的使用者服务的，其中的“解释程序”是在人机之间建立相互交流的一种平台，提供一个良好的、个性化的、便于使用者理解的人机界面，也是机器中医诊断系统的一个十分重要的环节。

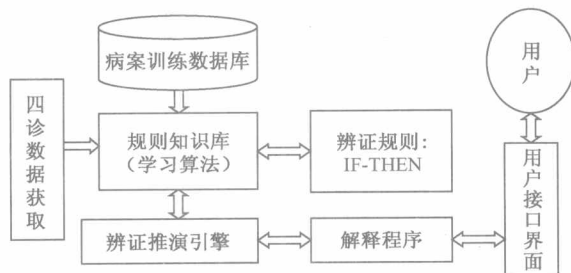


图 1.1 智能中医诊断系统的一般框架

从上面智能中医诊断系统构成原理的描述中无疑可以看出，开展智能中医信息处理研究工作必然会涉及如下五个方面的研究内容。

(1) 建立中医辨证逻辑推演方法。研究中医辨证论治思想的逻辑基础，构造

一种适合中医临床诊断实践要求、符合中医辨证思维规律的逻辑形式化系统及其相应的机器推理技术,作为智能中医诊断方法体系的逻辑基础。这部分的研究特别要解决中医诊断中的辨证思维规律的形式化问题,并提出符合缺省、模糊与矛盾条件下的中医辨证逻辑及其机器推理技术。

(2) 中医诊断智能系统构成技术。研究开发任何复杂的机器智能系统,都离不开选择或构建某种智能系统的构成方法和实现技术。因此,如何利用当前人工智能先进计算方法与技术,比如模糊计算、神经网络、遗传算法、产生式技术、真值维护方法、多智能体方法,甚至量子计算、基因计算、免疫计算等方法,以及多种方法的融合技术,来给出先进的中医诊断智能系统构成技术,并最终用于形成中医诊断推演引擎的实现方案,还有待研究。

(3) 中医诊断知识的数据挖掘技术。研究海量中医诊断数据的挖掘方法,从而建立起中医专家知识和中医病历信息的有效数据、规则的自动归纳、整理和发现的基本方法,给出具体有效的算法及其程序系统,并与系统构成技术所选择的知识表示方法相结合,形成用于完整推断病证的推理规则知识库。

(4) 中医诊断信息获取与分析技术。分别针对四诊信息不同媒介的不同表现形式,采用不同智能多媒体技术来进行四诊症状信息提取与分析的方法,形成不同症状源信息的获取与分析技术,从而有效地解决中医诊断信息的获取与分析的机器实现问题,为智能中医辨证的机器实现提供客观化病症表现信息。

(5) 智能中医诊断系统界面技术。要使开发的智能中医诊断系统不仅诊断有效,而且使用方便及有丰富的辅助功能。为此,除了上述研究内容外,还需要研究良好的人机接口界面,包括①需要实现中医问诊自然语言对话技术,即运用成熟的自然语言处理方法与技术,结合先进的可视化人机界面技术,提供一种更加自然的人机交互方式;②三维动态显示技术,将诊断过程的有关信息用图像和动画显示方式进行动态呈现,为中医诊断的计算化研究提供必要的界面显示技术。

总之,智能中医诊断信息处理的研究,除了涉及中医诊断学本身的内容外,主要将涉及许多具体的人工智能理论、方法与技术,因此有效的机器智能中医诊断系统的研发也必将是一项长期的工作,需要大量人力与经费的投入。

开展智能中医诊断信息处理的研究工作,不仅对于推动中医现代化进程,丰富中医诊断的客观化、形式化、规范化方法与技术,增强我国中医科技创新及相关产业的国际竞争力和自主创新能力,有着重要的学术价值;而且对于加快医疗服务的社区化建设进程,也有着十分重要的现实意义。

目前,在我国大部分地区,特别是经济基础比较欠发达的地区,人们看病难依然是一个亟待解决的问题。特别在目前医疗服务网点比较少、社区医疗服务不够健全的情况下,如果能够提供切实有效的各类具体的智能中医诊断系统,就可

以充分体验快捷简便的诊断方法,投放社区医疗服务网点可进行一般性健康状况的体检诊断,比如亚健康体检诊断,这对于改善我国的社区医疗健康服务条件,无疑有着十分积极的建设性意义。

1.1.2 历史简要回顾

我国在智能中医诊断信息处理技术方面的研究肇始于20世纪50年代。最近20年来,针对中医现代化的要求,中医诊断智能信息处理研究除了中医脉象信息获取与处理及中医诊断专家系统开发外,还广泛开展了有关四诊客观化方面的研究,呈现了一种良好发展的态势^[1]。

首先,在过去的四诊诊断信息获取技术研究中,为了满足中医四诊客观化的需求,主要在切诊与望诊方面开展了较为广泛的研究,并已经应用于中医临床的实践中。

在切诊方面,主要是脉象信息获取与处理方面的研究^[1~5]。从20世纪50年代起,许多不同学科的学者开展了脉诊客观化的研究^[6~8]。这些研究主要运用了现代检测技术、方法和手段,将脉象的物理特征描绘、记录下来,对所得到的脉图进行定性和定量相结合的识别和分析。自20世纪50年代朱颜率先将杠杆式脉搏描记器引入中医脉诊研究当中起^[9],研究人员运用现代测试技术和方法,研制出了多种形式的脉象检测、记录仪器。除了脉象信息的定量化研究外,主要的研究包括脉象信息的单触头压力检测方法的研究^[10~17]、脉象信息的多触头压力检测方法研究^[18~22]、非机械压力式检测方法研究^[23~27]。目前,脉象的检测方法、检测技术研究开展得相当活跃,并正朝着多方法、多学科协同的研究方向深化^[28~29]。

半个世纪以来,国内外有众多学者都致力于中医脉诊客观化、脉象检测现代化的研究,期望用现代医学方法及电子仪器设备来解决中医脉诊“指下难明”的问题。尽管这些研究都取得了一定的进展,形成了许多有效的脉象信息检测方法,研制出了多种多样的脉象检测仪器,但是,众多研究者在脉象检测的方法学上尚未达成一致,主要表现在:①对脉象特性缺乏统一的认识;②对脉象的表述没有一致的方法;③在脉象测试仪器的性能、规格以及测试方法上还未形成统一的标准,测试数据达不到规范化、结构化的要求。这使得脉象检测以及脉诊客观化的研究在今天还远未成熟^[30~32]。因此,进一步丰富和完善脉象信息的检测方法,充分利用电子测量、人工智能等相关领域的新技术,将多重传感系统有机地集成起来,在脉象传感器技术上取得突破,并结合智能化的信息和数据处理方法,设计、研制出具有高时空分辨率的脉象检测、分析仪器,就成为新的发展趋势。

在望诊方面,则主要是有关舌象信息获取方面的研究^[33~36],并在最近10年

得到极大的发展, 已经开始了实用化的临床应用。这样成果的取得, 首先应该归功于北京工业大学信号与信息研究室的沈兰荪、卫保国课题组所作的努力, 他们在这方面进行了长期系统的研究, 发表了 20 余篇论文^[37~51], 并开发了“中医舌象分析仪”。其次则是厦门大学与上海中医药大学中医信息处理联合实验室所开展的工作, 他们也开展了较为系统的研究, 发表了 18 篇论文^[52~68], 开发了“WZX 舌色分析系统”。

当然其他还有一些相对分散的研究工作, 也都为此作出了贡献, 比如上海交通大学周越课题组的工作等(包括如香港、日本、韩国、澳大利亚、美国等开展的研究), 总计也有近 20 篇论文^[69~86]。迄今为止, 所有这些相关的研究工作已经涉及舌体与舌苔的颜色、形质、动态、歪斜、纹理(裂痕、点刺)、厚薄、胖瘦、润燥等所有方面。可以说, 有关舌象信息获取与处理的研究工作已经相当深入和成熟。

遗憾的是, 在望诊的其他方面却还处在空白阶段, 目前尚无这方面的研究报告。我们知道, 除了望舌外, 在望诊中属于同等重要的就是望神(眼神)、望面色和望形体等。从四诊信息获取与处理上看, 研究的范围更不够全面, 除了上述介绍的舌诊与脉诊外, 其他方面的望诊、问诊和闻诊, 几乎都是空白, 因此需要开展的工作还有很多。

中医诊断专家系统的研究起步较晚, 直到 20 世纪 70 年代中期, 人工智能技术才开始运用于中医领域^[87]。到了 80 年代, 全国范围内完成研制的中医诊疗专家系统共约 140 多个, 基本上都是采用基于规则的决策推理方法来实现的。比如, 知识库采用树型结构, 从节点生长出辨证推理树和施治推理树; 推理过程则是对节点可信度的判定, 利用回溯机制从初始态到目标态来寻找最优途径; 或者规则是产生式规则, 通过逆向推理获取专家知识; 或者用数组、矩阵表达知识, 以多级极大值搜索法建立启发式联想推理机。有时, 为了向着中医的整体思维靠拢, 在推理机制方面, 往往采用多种推理技术的综合^[88~93, 110]。

比较深入的研究则出现在 20 世纪 90 年代。随着中医理论形式化的研究深入, 中医专家系统实现技术, 更多采用突破传统“专家系统”概念的先进人工智能技术。如根据模糊判别模式模拟临床经验进行中医辨证^[92~96]、采用协同分布式方法进行中医诊断^[97~98]、广泛采用神经网络模型建立中医辨证系统^[99~105]、应用数据挖掘技术和决策树方法进行中医证型分类^[106~108]、采用基于信息熵的决策树算法^[109]等。

国外的有关研究也类似, 主要针对中医诊疗系统的构建, 或利用语义网络描述中医知识信息, 或基于假设-测试的方法作为推理策略, 以及基于决策支持系统和模糊推理方法等^[110~113]。比如日本东京大学研制的慢性肝炎中医诊疗系统, 利用语义网络描述中医知识信息, 基于假设-测试的方法作为推理策略, 用 pro-