

本文引用:高远,忻煜,余钰嵘,晏峻峰,宋舒娜,彭清华. 基于序参量思想构建证素辨证的数理模型:以干眼为例[J]. 湖南中医药大学学报, 2023, 43(6): 1086-1091.

## 基于序参量思想构建证素辨证的数理模型 ——以干眼为例

高远<sup>1</sup>, 忻煜<sup>2</sup>, 余钰嵘<sup>3</sup>, 晏峻峰<sup>1\*</sup>, 宋舒娜<sup>2\*</sup>, 彭清华<sup>1</sup>

1. 湖南中医药大学, 湖南长沙 410208; 2. 北京大学, 北京 100871; 3. 山东中医药大学, 山东济南 250355

**[摘要]** 证素辨证面临诸多挑战,包括未涵盖所有病种;诊断权值无法动态调整;如何科学解读中医辨证原理。因此,尝试将刻画复杂系统有序度的“序参量”思想引入证素辨证的研究之中,提出构建基于人体主观、客观实测数据的证素序参量模型。并以干眼为例,提出研究思路及技术路线,开展定性分类下的定量研究,构建参数相空间,进一步挖掘序参量与证素的函数关系。有望开创“序参量+机器学习”的智能模式,从而实现动态调整干眼的证素辨证诊断权值,科学解读中医辨证。

**[关键词]** 序参量;证素;复杂系统;干眼;数理模型;中医诊断;人工智能

**[中图分类号]**R241 **[文献标志码]**A **[文章编号]**doi:10.3969/j.issn.1674-070X.2023.06.020

### Constructing mathematical model of pattern element differentiation based on order parameter: Taking dry eye as an example

GAO Yuan<sup>1</sup>, XIN Yu<sup>2</sup>, SHE Yurong<sup>3</sup>, YAN Junfeng<sup>1\*</sup>, SONG Shuna<sup>2\*</sup>, PENG Qinghua<sup>1</sup>

1. Hunan University of Chinese Medicine, Changsha, Hunan 410208, China; 2. Peking University, Beijing 100871, China;  
3. Shandong University of Chinese Medicine, Jinan, Shandong 250355, China

**[Abstract]** Pattern element differentiation faces many challenges as follows. It has not covered all diseases; the diagnostic weight cannot be adjusted dynamically; it's difficult to scientifically interpret the differentiation principles of Chinese medicine. Therefore, this paper attempts to introduce the idea of "order parameter" to depict the order degree of complex systems into the study of dialectics, and proposes to construct an order parameter model of pattern element based on subjective and objective measured data of the human body. Dry eye is set as the example, new research ideas and technical routes are proposed, quantitative research under qualitative classification is carried out, parameter phase space is constructed, and the functional relationship between order parameter and pattern element is further explored. It is expected to start an intelligent mode of "order parameter+machine learning", so as to dynamically adjust the differential diagnostic weight of dry eye and scientifically interpret TCM differentiation.

**[Keywords]** order parameter; pattern element; complex system; dry eye; mathematical model; TCM diagnosis; artificial intelligence

证素辨证是朱文锋在原有中医辨证理论基础上提出的,其思维过程可总结为“根据证候→辨别证素→组成证名”<sup>[1]</sup>,揭示辨证思维的原理和内在逻辑。证素辨证为了应用于中医数字辨证机而诞生,适

用于计算机辅助辨证诊断,有助于推动中医辨证数字化发展。证素辨证在学科内部实现了对多种辨证体系的统一;在学科之间实现中医学与数学、计算机等学科的交叉<sup>[2]</sup>。在中医智能辅助辨证发展的过程

**[收稿日期]**2023-03-23

**[基金项目]**科技创新 2030—“新一代人工智能”重大项目(2018AAA0102100);湖南省研究生科研创新项目(QL20220183, QL20220184);湖南省教育厅重点项目(21A0250);湖南中医药大学中医学一流学科开放基金项目(2022ZYX08, 2021ZYX31);湖南中医药大学研究生创新课题(2022CX02)。

**[第一作者]**高远,男,博士研究生,研究方向:目诊数字化研究。

**[通信作者]**\*晏峻峰,女,博士,教授,博士研究生导师, E-mail: junfengyan@hnuocm.edu.cn; 宋舒娜,女,博士, E-mail: songshuna@pku.edu.cn。

中,证素辨证依然面临诸多挑战。据此,笔者分析证素辨证在当今面临的挑战,将刻画复杂系统有序态的“序参量”思想引入证素辨证的数理模型研究中,并以干眼为例,基于序参量思想构建证素辨证的数理模型,以期证素辨证的数字化发展提供新思路。

## 1 证素辨证面临的挑战

### 1.1 尚未涵盖所有病种,需要调整专科辨证体系

朱文锋<sup>[1]</sup>提出:专注研究某个系统或单病种疾病的证候、证素、证型的分布及演变规律,可以通过流行病学调查,建立数据库进行研究,其证候、证素与证型根据不同的数据库而发生变化。这一观念符合中医学倡导的“三因制宜”思维,因时、因地、因人制宜,即疾病诊疗过程中,充分考虑疾病、季节、地域与患者体质的关系。《证素辨证学》中的诊断权值基于“证素辨证数据库”中的5800例资料,虽然涉及数百种疾病,“证候辨证素量表”涉及证候637个,但未明确五官、骨伤等专科证候和证素<sup>[1]</sup>。

目前,临床应用中,证素辨证的定位为大病域通用辨证模式,即不同的疾病、不同的专科运用同样的权值表。例如,咳嗽在肺系疾病与心系疾病中的辨证意义不同,如果使用相同的诊断权值,其合理性值得商榷<sup>[2]</sup>。梁昊等<sup>[3]</sup>指出,眼科、皮肤科、骨伤科等疾病具有独特的诊断体系,是证素辨证尤其需要单独研究的病种。JIANG等<sup>[4]</sup>认为,提取眼科专科证素并量化,可创立独具眼科特色的数字化诊疗模式。李灿东等<sup>[5]</sup>创造性地拓展证素辨证体系的运用范围,基于证素提出中医状态学的状态要素,运用中医学语多维度表达人体全生命周期状态;对于提升证素辨证多维度的诊断范围,还需根据不同专科建立专科辨证体系,亟待与数学、计算机、复杂系统科学等学科相结合,为临床决策支持系统以及人体生命全周期的状态辨识奠定基础。因此,调整专科辨证体系,提升证素辨证的诊断范围,定量刻画涵盖人体全生命周期的状态,构建面向复杂临床应用的中医诊断和康复预测是当今的重要挑战。

### 1.2 诊断权值不能动态调整,需要基于数据优化权值

证素辨证研究对象是人体这一开放的复杂巨系统,研究的方法论尤其要注重从定性到定量综合集成。证素辨证学的顶层设计是基于这一方法论,首先,对证素分类,即定性研究;其次,挖掘整理证候、证素、证型之间的权值关系,即定量研究。然而,现阶段证素辨证学的大部分临床研究多为定性研究,即对不同类型的疾病进行证素(病性、病位)的统计,定量研究基本处于停滞状态。

众多中医临床诊疗指南在疾病的辨证分型中,将诊断依据中的诊断信息分为主症、次症、兼症等,说明各个临床诊断信息对诊断结果的权值各不相同,证素辨证也是如此。《证素辨证学》的核心算法是“双层频权剪叉算法”,即在“证素辨证数据库”中,遵循“高频症状权值轻、低频症状权值重”的原则。因权值与病种相关,通过对病种分类和相关症状大数据收集,再运用证素辨证算法,可以得到该病种的权值。例如,邓文祥对20000余份心内科病历进行挖掘分析,基于Python的自然语言处理等工具建立了心系证素挖掘模型“TCMGO”,有利于实现心系疾病的智能辨证<sup>[6]</sup>。

然而,从定性到定量的权值确定过程十分繁杂,在临床上很难快速推广,如何在大数据时代实现动态化、智能化调节权值,是证素辨证面临的重要课题。随着神经网络、深度学习等人工智能技术的不断发展,构建可学习的证素智能辨证系统时机正在成熟。余振苏提出基于复杂系统的智能中医知识网络系统,通过自主调节网络连接权值和择优策略函数中的参数,实现从经验事实中学习规律,改善、改良决策判断效果的网络知识进化动力学模拟<sup>[7]</sup>,神经网络的层次之间存在自下而上和自上而下的双向因果作用关系(基于中医原理和机器学习)<sup>[8]</sup>。在人工智能的辅助下,让每一个案例都成为智能辨证系统进行学习的过程,网络权值结构可调节优化,动态调整证素诊断权值,实现一种随着数据案例增加,其智慧度逐渐增加的辨证系统,最终形成中医的阿尔法狗(AlphaGo)。

### 1.3 中医辨证具有模糊性,需要科学解读微观指标的辨证意义

曾小珂对近20年证素相关研究文献进行可视化分析发现,证素研究早期多以现代数字辨证理论研究为主,中后期的研究多倾向于对疾病的临床研究<sup>[9]</sup>,寻找疾病的证素特点以及分布规律,或者运用统计分析的方法,探求患者客观信息与证素之间的相关关系。然而,尚未出现定量刻画客观信息与证素的数理模型研究,以及二者之间的关联原理性解读。中医四诊信息采集较为主观,受限于客观环境因素以及采集者自身的评判标准不同,即使运用标准的“证候辨证素量表”采集四诊信息,其证素辨证结果也会因人而异。因此,如果证素辨证结果缺乏与客观信息的定量刻画,无法相互验证,就难以解决中医辨证的模糊性问题,限制了中医辨证的客观化发展。

究其原因,证素辨证的发展应突破当代中医的经验性、模糊性的论述框架,提炼中医思维与主观、客观信息的逻辑关联,即多维度、多层次的证素辨

证模型,解读中医辨证的科学原理,采用计算机逻辑语言进行表达。数理模型是计算机逻辑语言的基础,也是构建中医智能辅助辨证的基础,是实现中医数字化、现代化的重要环节。严名扬<sup>[10]</sup>运用数理模型初探中医辨证模式,于荣霞等<sup>[11]</sup>运用数理模型展现名家辨治思维,在探索中医辨证的数理特点上做出一定的贡献,但距离临床应用依然有较大的距离。面向临床应用的中医辨证数理模型依然发展缓慢,背后是该领域内由于学科差异导致的两难困境:中医学者缺乏复杂系统建模的数理基础,难以将中医诊断理论运用数学语言表达;而计算机学者也不理解中医思维,更不了解中医学者对中医诊断的具体需求以及人体的认识,仅能够做到简单的、经验性的数据关联。因此,研究者的专业壁垒限制了证素辨证数字化、智能化发展,中医专家与计算机专家之间缺乏数理模型作为纽带,导致证素辨证在疾病临床研究中创新成果较少。实际上,中医数字化是一个跨学科领域的创新<sup>[12]</sup>,需要具有综合知识背景的复杂系统科学专家的支撑。具体到证素辨证的深化研究,需要构建包括微观参数、中观参数、宏观参数等多层次、多维度参数的人体数理模型。例如,干眼分析仪的微观指标与证素之间的相关关系,结合系统功能的主观、客观信息演化,二者相互验证,为证素辨证的科学解读奠定一定基础。

## 2 序参量思想的数理模型引入证素辨证研究

### 2.1 序参量思想蕴涵着复杂系统的演化规律

序参量思想与复杂系统学的发展密切相关。1937年,物理学家朗道提出了一个新概念——序参量,用以描述超导体的相变过程,即认为序参量表征了系统有序程度。哈肯创造性地将朗道的“序参量”思想引入复杂系统研究之中,来刻画非平衡系统的演化行为,通过描述系统的演变受其内部的一种状态参量支配——即序参量支配着系统。意大利物理学家乔治·帕利西通过重新定义序参量,发现隐藏的对称破缺机制,由此获得2021年的诺贝尔奖。复杂系统科学涉及从生命到宇宙再到人类社会等意义重大的科研问题,其介于混沌与秩序之间,由于已经无法求解方程或者不知道方程,传统的分析方法较难派上用场,而借助序参量思想有望实现对复杂系统科学的研究突破。

余振苏在多年的湍流等复杂系统的研究中,拓展了朗道的序参量思想,建立了“结构系综理论”<sup>[13-14]</sup>。序参量,就是此时系统的统计结构在宏观所展现出来的相似变量。所以,即使不知道方程或者无法求解方程,但是通过对称性分析,也可以从实测数据中

把握相似变量,也就是序参量。根据序参量满足的变换不变性,可以获得该问题物理解的解析表达。通过实测数据把握相似性原理的序参量思想,与中医学“取类比象”原理高度一致,运用序参量思想来解决中医诊断的定量化、数字化难题具有指导意义<sup>[15-16]</sup>。

### 2.2 序参量思想引入人体复杂系统的研究

中医学者提出,将序参量思想引入人体复杂系统的研究中来。例如,郭蕾等<sup>[17]</sup>提出“阴阳”是人体系统的序参量;吴邦惠等<sup>[18]</sup>提出,“气”是人体系统的序参量;陶必修<sup>[19]</sup>提出,“信息”和“气血”是人体系统的序参量。但是,这些讨论仍停留在理论假设层面,并没有提出具体的数理模型以及开展定量的实验验证。

将序参量思想引入人体复杂系统的研究,需要与人体实测数据相互关联。“一元二面多维多层次”的系统思维框架以及“从定性到定量”的综合集成法为科学研究人体复杂系统提供了认识论和方法论的指导<sup>[20]</sup>,而序参量的核心思想就是定性分类下的定量研究,通过“多层表述,逐级定量,多次迭代,逐步近似”<sup>[8]</sup>,凝练出背后隐藏的关键序参量,实现对多维度、多层次的人体复杂系统进行不同有序度地定量刻画。进一步根据多种约束条件,可以直接写出序参量满足的方程,构建“序参量”思想的数理模型。例如,将人体序参量理论应用于人体系统,构建了基于序参量的三层次的新型冠状病毒免疫模型<sup>[21]</sup>,这一工作发表后受到了多方关注,显示了序参量模型研究的有效性。根据序参量的解析表达式,可以进一步刻画实测数据。在这个过程中,探索序参量的演化规律,发现背后的普适规律与原理。

### 2.3 基于人体实测数据,构建证素序参量模型

人体复杂系统是非常特殊的复杂系统,除了具有非线性、多组分、多尺度等一般复杂系统具有的特点外,人体系统还有丰富的意识活动,与周围环境时刻发生着物质、能量和信息交换。因此,采集实测数据,应该既包括主观感受,也包括客观的生物信息,形成虚、实两面的完整刻画。中医四诊正是对人体主观、客观信息的采集,通过对主观、客观信息量化,提取序参量,可构建具有中医原理的神经网络学习的可解释性框架,建立证素辨证的案例可学习、权值可调节模型。

证素辨证是对中医辨证系统这一非线性复杂巨系统的降维,将较为抽象的中医辨证论治思维转化为具象的计算模型<sup>[9]</sup>。中医复杂病机与证型均可通过“降维”分解为最基本的诊断单元,即证素,而证候要素又可以相互组合“升阶”,形成复杂的病机<sup>[22]</sup>。

人体健康态处于动态变化中,因此,要突破当下基于大数据平均统计的认识方法,构建动态化、个体

化的诊断模型。证素包括病位和病性两部分,构建序参量模型,需要对这两部分进一步量化。因此,需要抓住刻画人体病理状态各个维度的关键参数,构建相空间分布,进而在中医辨证思维和机器学习方法互参中,凝练出能够反映人体不同有序度的序参量,形成对证素的定性分类(划分亚类)。在定性分类的基础上,再通过对疾病严重程度的量化分析,得到该亚类内部的定量刻画,即实现对健康态的诊断与预测。

### 3 基于序参量思想构建干眼的证素辨证数理模型

#### 3.1 研究背景

干眼是目前影响视觉与生活质量最常见的眼表疾病,全球发病率为5.5%~33.7%,影响着全球数亿人口<sup>[23]</sup>。由于我国国情的特殊性,干眼危险因素较多且重,导致干眼的发病率为10%~33%,其发病率有逐年增高的趋势<sup>[24-25]</sup>。既往研究显示,中医药在改善干眼的临床症状,延长泪膜破裂时间,改善角膜荧光染色等方面确有疗效<sup>[26]</sup>,成为当今中西医结合研究的一个热点,值得我国科研人员深入研究。目前,医家往往根据自身经验对干眼进行治疗,辨证分型种类繁多,制约了中医优势的发挥。

#### 3.2 研究思路

笔者基于“序参量”思想,提出构建干眼证素辨证的数理模型思路框架。首先,基于干眼的中医学认识以及大量临床经验报道,构建干眼证素辨证的框架。其次,通过现代仪器设备、采集四诊信息等对干眼患者进行主观、客观信息采集,建立干眼临床信息库。再次,将刻画有序态的关键参量“序参量”思

想引入人体复杂系统,运用机器学习技术,根据证素辨证原理,发现干眼证素辨证的序参量,构建干眼客观信息与证素之间的数理模型。最后,应用于临床,验证干眼客观信息与证素之间的数理模型,进一步调整干眼证素辨证的诊断权值,为调整干眼证素辨证的诊断权值探索新方法。研究思路流程图详见图1。

#### 3.3 技术路线

**3.3.1 运用复杂系统框架收集多维数据** 在“从定性到定量”的综合集成法指导下,运用干眼分析仪提取目诊信息、脉搏波采集器提取脉诊信息,应用四诊信息采集表<sup>[1]</sup>对干眼患者进行主观信息采集,建立干眼的主观、客观信息库。依据朱文锋主编的《证素辨证学》<sup>[1]</sup>,运用“WF文锋-Ⅲ中医(辅助)诊疗系统”规范,提取干眼患者的证素特点。

**3.3.2 定性与定量——证型分类与疾病严重程度评估** (1)定性研究:中医学认为引起干眼的外邪主要为燥邪、热邪、风邪<sup>[27]</sup>。肖文峰等<sup>[28]</sup>将干眼的病机归为肝失调达、阴津亏虚,神珠失其所养,发为干涩。《国际中医临床实践指南》将干眼分为邪热留恋证、肝经郁热证、脾胃湿热证、肺阴不足证、肝肾阴虚证、气阴两虚证<sup>[29]</sup>。根据对干眼证素的文献分析<sup>[30-31]</sup>,病位证素主要涉及肝、肾、肺等,病性证素主要涉及阴虚、热、气虚、湿、血虚、血热、燥、津亏等。基于以上文献调研和长期临床经验,对干眼证型的定性划分以六大类为主,并借助已有的证素辨证,增加兼证判断。

(2)定量研究:对某一类证型或综合证型,进行偏离程度的量化评估。基于《中国干眼专家共识:检查和诊断(2020年)》<sup>[23]</sup>,评估主要量化指标,如泪河高度、睑板腺检查等,并增加症状的持续时间作为参

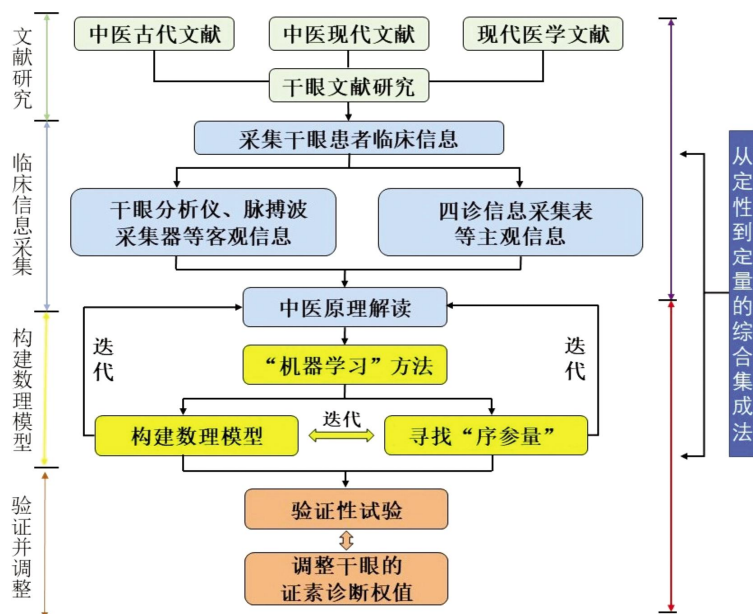


图1 基于序参量思想构建干眼的证素辨证数理模型研究思路流程图

考指标。中医对证的认识是人体阴阳自和的能力下降,出现阴阳偏颇,即偏离。并且阴阳偏离的程度越大,则说明离健康状态越远,反映该证的严重程度。这一定量评估对应干眼的严重程度,并需要在多个维度(如寒热、虚实)进行偏离度(过剩还是不足)评估。

以上的定性和定量评估均是基于对问诊条目和干眼诊断的量化,即以此作为初始评估的金标准。

**3.3.3 人机结合,构建参量相空间** 根据上文对干眼辨证的认识,对采集的脉搏波信息和目诊信息,提炼关键参数。例如,针对目诊信息,提炼眼红指数、睑板腺缺失及开口情况等作为评估的关键参量;针对脉搏波信息,提炼脉象的脉位、脉力、脉率为评估的关键参量<sup>[22]</sup>。进一步,运用机器学习的方法,将已有评估分类的干眼证型案例参数作为数据集,检验关键参数相较于一般参量对于识别不同证型的敏感程度。经双向验证后,得到辨识干眼证型的脉搏波和目诊关键参量,构建划分证型亚类的参量相空间。构建这一相空间的优势在于,研究案例在相空间的位置分布具有量化解读中医原理的价值,如脉力与寒热相关,脉位与虚实相关,实现了对模糊中医辨证概念的多维度、科学化解读。脉位、脉力参数构建的相空间与干眼证型关联示意图详见图 2。

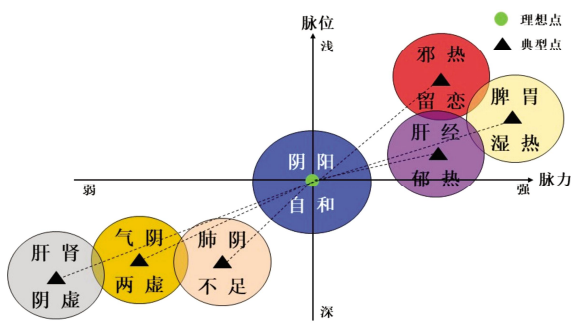


图 2 脉位、脉力参数构建的相空间与干眼的证型关联示意图

**3.3.4 结合机器学习,挖掘亚类内部的序函数关系** 在参数相空间中,基于对高质量数据集的学习,通过

多次迭代,构建关键参量与证型亚类辨析的智能学习算法,提炼出可划分不同层次有序度的序参量。

首先,基于相空间的参量,凝练出可以划分不同亚类的序参量,即实现证型包括兼证的诊断,此过程为定性的辨析。

其次,在相空间亚类的内部,找到关键参量的偏离程度(或者亚类内部辨析严重程度的序参量)与证素之间存在初等函数关系时(例如: $y=kx+b$ ),即序函数。

例如,已有文献报道,眼红指数与阴虚的病性相关<sup>[33]</sup>。因此,眼红指数可能是干眼的病性证素阴虚的序参量,定量刻画眼红指数与阴虚积分的函数关系。眼红指数与证素阴虚积分的函数关系示意图详见图 3。基于序参量思想构建干眼证素的数理模型,可实现通过客观实测数据定量刻画多维度、多层次的人体状态。也可通过调整数理模型中的参数,反推干眼的证素诊断权值,建立干眼专病的证素辨证的案例可学习、权值可调节模型。

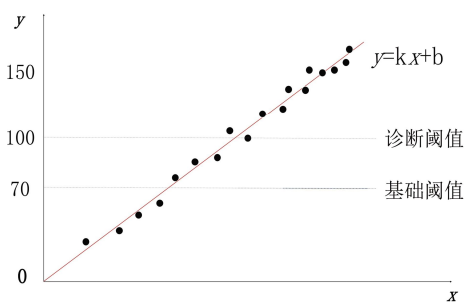


图 3 眼红指数与证素阴虚积分的函数关系示意图  
注:序参量 x.眼红指数;y.证素阴虚积分。

**3.3.5 临床检验与迭代,基于动态数据优化模型参数** 以上的干眼序参量证素模型结合了主观的感受和客观测量信息。序函数中的参数设置与具体的疾病、季节、地域和患者体质相关。通过系统跟踪某亚类患者的治疗与康复过程,将发现干眼证素辨证权值的演化规律,由此可形成越来越准确的健康态诊断与预测。构建干眼的参量相空间示意图。详见图 4。

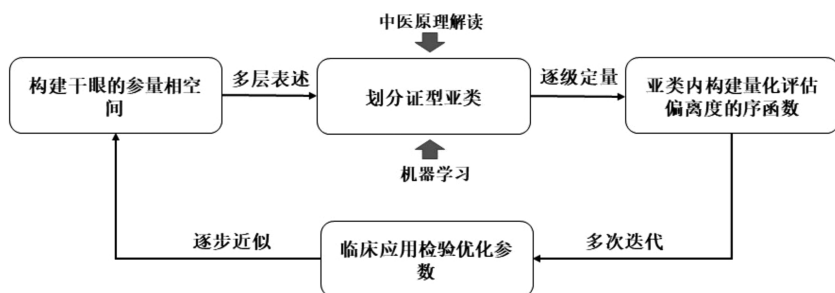


图 4 构建干眼的参量相空间示意图

## 4 结语

基于序参量思想,构建干眼的客观信息与证素辨证的数理模型,属于一项创新性的研究。传统数据驱动的机器学习具有计算量庞大和缺乏可解释性的难题,而通过事先构建参数相空间,挖掘序参量的函数关系,将突破传统由大数据驱动的机器学习模式。开创“序参量+机器学习”的智能模式,实现复杂度降维带来的计算量锐减和中医原理的可解读性。

证素辨证主要运用于内科疾病,根据眼科疾病灵活调整证素辨证诊断权值,更加符合临床实际。因此,针对干眼这一具体疾病,在序参量思想指导下构建数理模型,调整干眼的证素辨证诊断权值,拓宽了调整专科、专病的证素辨证的诊断权值的新思路。更能把握专科、专病的证素辨证特点以及疾病特征,为探索干眼证素辨证数字化发展提供新思路,具有较好的应用前景。

## 参考文献

- [1] 朱文锋. 证素辨证学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2008: 53, 66-67, 69, 88-89, 90, 181, 232.
- [2] 叶桦, 冯全生, 温川飙, 等. 证素辨证的基本原理与问题分析[J]. 中华中医药学刊, 2019, 37(12): 2840-2842.
- [3] 梁昊, 余怡婷, 丁长松, 等. 证素辨证学研究中的问题及发展前景[J]. 中华中医药杂志, 2021, 36(11): 6281-6284.
- [4] JIANG P F, PENG J, ZHOU Y S, et al. Ophthalmic syndrome differentiation system and digital Chinese medicine [J]. Digital Chinese Medicine, 2018, 1(1): 9-13.
- [5] 李灿东, 甘慧娟, 鲁玉辉, 等. 基于证素辨证原理的健康状态辨识研究[J]. 中华中医药杂志, 2011, 26(4): 754-757.
- [6] 邓文祥. 证素辨证学心系辨证知识图谱的建立及其应用[D]. 长沙: 湖南中医药大学, 2020.
- [7] 余振苏, 倪志勇. 论思维的复杂系统模型暨新一代专家系统的设想[J]. 北京大学学报(自然科学版), 2011, 47(5): 960-968.
- [8] 余振苏, 倪志勇. 人体复杂系统科学探索[M]. 北京: 科学出版社, 2012: 6.
- [9] 曾小珂, 孙贵香, 孙豪娴, 等. 2000—2021年证素研究文献可视化分析[J]. 中国中医药信息杂志, 2023, 30(2): 55-61.
- [10] 严名扬. 中医辨证意向性序式考察的数理初探[J]. 中华中医药杂志, 2021, 36(6): 3423-3429.
- [11] 于荣霞, 马会霞, 徐静, 等. 消渴病代表医家典型医案的中医数理解析[J]. 中医杂志, 2017, 58(2): 123-127.
- [12] ZHOU X Q. Digitalization is a bridge for TCM striding towards information age[J]. Digital Chinese Medicine, 2022, 5(4): 353.
- [13] SHE Z S, CHEN X, HUSSAIN F. Quantifying wall turbulence via a symmetry approach: A Lie group theory[J]. Journal of Fluid Mechanics, 2017, 827: 322-356.
- [14] CHEN X, HUSSAIN F, SHE Z S. Quantifying wall turbulence via a symmetry approach, Part 2: Reynolds stresses[J]. Journal of Fluid Mechanics, 2018, 850: 401-438.
- [15] SONG S N, SHE Z S. Quantum theory-based physical model of the human body in TCM[J]. Digital Chinese Medicine, 2022, 5(4): 354-359.
- [16] SONG S N, SHE Z S. A new interpretation of TCM pulse diagnosis based on quantum physical model of the human body[J]. Digital Chinese Medicine, 2022, 5(4): 360-366.
- [17] 郭蕾, 王永炎, 张俊龙, 等. 阴阳: 人体系统序参量解读(一)[J]. 中医药学刊, 2004, 22(11): 2023-2025.
- [18] 吴邦惠, 马烈光. 从人体“序参量”看中医的特色和优势[J]. 四川中医, 1998, 16(5): 17.
- [19] 陶必修. 主导人体健康的序参量[J]. 贵州科学, 2015, 33(4): 26-29.
- [20] 余振苏. 复杂系统学新框架: 融合量子与道的知识体系[M]. 北京: 科学出版社, 2012: 8-22.
- [21] ZHANG L H, LI R, SONG G, et al. Impairment of T cells' antiviral and anti-inflammation immunities may be critical to death from COVID-19[J]. Royal Society Open Science, 2021, 8(12): 211606.
- [22] 张启明, 于东林, 王永炎. 中医证候要素的确认方法[J]. 中医杂志, 2013, 54(20): 1732-1735.
- [23] 亚洲干眼协会中国分会, 海峡两岸医药卫生交流协会眼科学专业委员会眼表与泪液病学组, 中国医师协会眼科医师分会眼表与干眼学组. 中国干眼专家共识: 检查和诊断(2020年)[J]. 中华眼科杂志, 2020, 56(10): 741-747.
- [24] MALIK K, MATEJTSCHUK P, THELWELL C, et al. Differential scanning fluorimetry: Rapid screening of formulations that promote the stability of reference preparations[J]. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis, 2013, 77: 163-166.
- [25] 中华医学会眼科学分会角膜病学组. 干眼临床诊疗专家共识(2013年)[J]. 中华眼科杂志, 2013, 49(1): 73-75.
- [26] 黄鑫玲, 陈向东, 宋焰. 干眼的中西医疗新进展[J]. 中国中医眼科杂志, 2020, 30(6): 443-446.
- [27] 刘培, 蒋鹏飞, 周亚莎, 等. 干眼环境病因及中医外邪属性的理论探讨[J]. 湖南中医药大学学报, 2022, 42(1): 68-72.
- [28] 肖文峥, 谢立科, 侯乐, 等. 疏肝养阴法治疗干眼的理论探讨[J]. 北京中医药大学学报, 2013, 36(9): 589-591.
- [29] 世界中医药学会联合会. 国际中医临床实践指南 干眼(2021-12-14)[J]. 世界中医药, 2022, 17(16): 2235-2239, 2244.
- [30] 李书楠, 刘培, 彭俊, 等. 基于证素辨证的干眼证候评分体系的建立[J]. 中医药信息, 2020, 37(6): 55-59.
- [31] 赵艳青, 李青松, 黄丽, 等. 干眼中医证型分布规律及症状相关性研究[J]. 中国中医眼科杂志, 2019, 29(1): 19-24.
- [32] LEUNG Y L A, GUAN B H, CHEN S, et al. Artificial intelligence meets traditional Chinese medicine: A bridge to opening the magic box of sphygmopalpation for pulse pattern recognition[J]. Digital Chinese Medicine, 2021, 4(1): 1-8.
- [33] 海妹德, 艾扎提古丽·卡的尔, 吴永娟, 等. 150例干眼症中医辨证分型与眼表微观指标间的相关性研究[J]. 新疆中医药, 2020, 38(2): 6-8.

(本文编辑 贺慧娥)