

中药智能产业的 ABCD 与区块链的关键作用

曹婷婷 王耘*

北京中医药大学中药信息工程研究中心

DOI:10.32629/fcmr.v2i1.909

[摘要] 针对中药产业面临着资源高度分散、质量影响因素众多、难以实现连续自动化、需求个体差异明显等产业难题,作者团队通过信息化与中药产业的融合与应用研究,提出以人工智能-区块链-云计算-大数据(ABCD AI-Blockchain-Cloud Computing-Big Data)信息技术体系为核心的解决方案,并对相关技术方案进行了研究与探索,构建了中药智能产业技术框架。在此框架中,区块链技术对于实现企业间的合作、数据资源共享、促进中药智能产业的落地具有重要意义。

[关键词] 中药产业难题; 人工智能-区块链-云计算-大数据信息技术体系; 区块链技术; 中药智能产业

中图分类号: R282; R857.3 文献标识码: A

The Key Role of ABCD and Blockchain in TCM Intelligent Industry

Tingting Cao Yun Wang*

Research Center of TCM-Information Engineering, Beijing University of Chinese Medicine

[Abstract] At present, the problems faced by the traditional Chinese medicine industry include highly dispersed resources, numerous factors affecting quality, difficulty in achieving continuous automation, and obvious individual differences in demand. Through the research on the integration and application of informatization and traditional Chinese medicine industry, we proposed a solution based on ABCD (AI-Blockchain-Cloud Computing-Big Data) information technology system. And the relevant technical solutions were studied and explored, forming the technical framework of Chinese medicine intelligent industry. In this framework, blockchain technology is of great significance for realizing cooperation between enterprises, data resource sharing and promoting the implementation of TCM intelligent industry.

[Keywords] Chinese medicine industry problems; AI-Blockchain-Cloud Computing-Big Data (ABCD) information technology system; blockchain technology; Chinese medicine intelligent industry

1 中药产业难题

中药产业是由中药种植业、中药工业,中药商业和中药知识产业等形成的一个产业体系,可进行中药的种植、生产、供销、科研、应用以及销售管理等经济活动,是我国独具特色和优势的民族产业,在我国医药市场一直处于举足轻重的地位^[1]。中药产业是一个复杂体系,其包含着与中药相关的企业、市场和政府等不同层次的机构与组织,以及各种相关因素如资源、技术、设备、人员组织、管理制度、运营机制、环境等^[2]。中药信息学则是应用信息科学的理论,以计算机技术为主要工具,对中药全产

业链(包括中药的种植、采收、加工、炮制、配伍、制剂和应用过程等)中信息运动规律和应用方法进行研究的一门学科,其贯穿中药产业链的全部过程^[3]。然而,中药产业的发展依然面临着挑战。

1.1 原材料高度分散

我国作为中药材的发展源地,中药资源十分丰富,根据第三次全国中药资源普查结果统计显示,目前我国可供药用的植物、动物、矿物药已达12807种^[4]。中药资源的分布与其所处的自然环境与地域条件等有着不可分割的关系,资源的种类以及其数量和质量均受自然环境与地质资源条件的制约,合宜的地

域及自然条件是传统道地药材的必然条件^[5]。我国地大物博,自然环境复杂,土地类型多样且分布不均衡,因此中药材种植基地相对独立、资源分布高度分散、种植规模及市场占有率各有不同。从而导致中药原材料在质量控制、中药资源管理以及中药材运输等方面面临着严峻的挑战。

1.2 质量影响因素多

中药质量是中医临床疗效与安全性的基础条件,其关乎着中医药行业整体的声誉。影响中药质量的因素众多,中药产业链具有繁琐的生产工艺流程,主要包括中药的种植、采收、产地加工、炮

制、制剂,最后到临床应用等,其中任何一个工艺环节,任何一项具体工作出错都会影响中药有效成分含量,导致中药质量下降,甚至丧失医疗作用。对于中药本身,其所含化学成分、不同阶段关键质量指标的辨析也是中药质量保障的关键。

1.3难以实现连续自动化

目前,我国中药企业虽然数目多,但绝大多数属于中小型制药企业,规模偏小,企业间相对独立,工艺落后、设备陈旧、质量控制水平低等。众多中药企业仍是沿袭几十年前的工艺技术,处于传统工艺与现代工艺并存的半机械化状态。我国中药制造业属于流程式生产,总体上呈现出集中度低、低水平重复操作的严重现状。在中药产业链全过程中,各阶段相应企业之间高度分散、联系不密切,了解程度低,无法形成合理、有效、连续的产业化质量控制与产品生产。

1.4个体需求差异明显

在市场需求不断变化的今天,少品种大批量的生产模式已经不能满足人们个性化、多样化的市场需求。随着经济的不断发展,企业的竞争形式也在发生变化,产品的价格、质量、数量只能作为部分竞争手段,而个性化生产将成为市场发展的主导方向。目前,个性化定制服务在各行业日益凸显,例如服装行业的个性定制、旅游业的个性定制,家电定制等行业个性化服务已深入人心^[6-8]。在医疗领域,人们对于精准医疗、个体化用药的服务需求也逐渐增长。

2 中药智能产业

针对以上问题,作者团队以人工智能^[9](Artificial Intelligence AI)、区块链^[10](Blockchain)、云计算^[11](Cloud Computing)、大数据^[12](Big Data)等构成 ABCD AI-Blockchain-Cloud Computing-Big Data) 信息技术体系,并以此作为核心指导内容,提出了“资源统合-中药设计-智能制造-满足需求”的中药智能产业解决方案(见图1)。方案具体如下:首先,通过“中药大数据与全程质量控制管理系统”等资源统合方法可对中药产业链各生产环节的工艺参数以及各指标数据

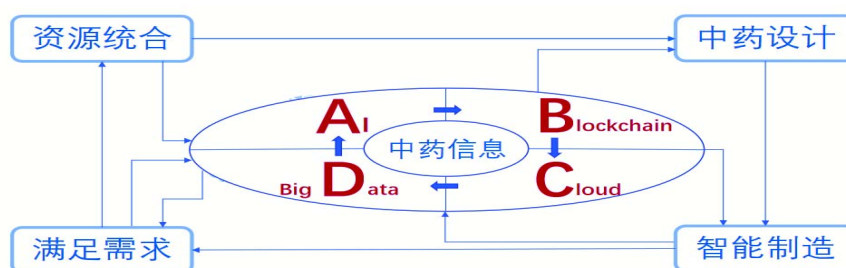


图1 中药智能产业解决方案

进行实时监控、存储、整理分析等,实现中药全产业链数据的资源统合,从而有利于中药资源的管理及其质量控制等;其次,在资源统合的基础上,以市场需求为导向,以中医药理论为依据,兼顾中药成分、药理作用、生物活性等最新研究成果,利用“中药作用机理解析”等平台进行个性化中药设计,以满足差异明显的个体需求;然后,基于“中药智能制造理论模型”的指导,研制智能化、信息化的生产系统,并对所设计的个性化中药产品进行智能制造,实现工艺的连续自动化、精准控制和生产过程的质量把控;最后,利用SIMPP等分析技术实现个体需求和企业产品的精准匹配来满足人们个性化用药需求,同时匹配结果作为数据信息纳入资源统合。

3 中药智能产业基本特征与关键技术

全球先后经历了分别以蒸汽机技术、电气自动化技术、信息技术为核心的第一次、第二次和第三次工业革命。随着物联网、传感器、云计算等新一代信息技术的创新发展,人们迎来了以智能化为主导方向的第四次工业革命^[13]。中药智能产业顺应工业智能化发展的趋势,不仅铭刻着时代的烙印,还具有自身的优势和特色。同时,中药智能产业解决方案的实施离不开技术的支持。

3.1 中药智能产业基本特征

中药智能产业基本特征主要体现在要素之间的沟通和系统协调方面。例如在中药智能产业中设备、管理,用户、医生、中药等相关要素之间的沟通与系统协调以及它们自身之间的“对话”与系统协调(如图2所示)。

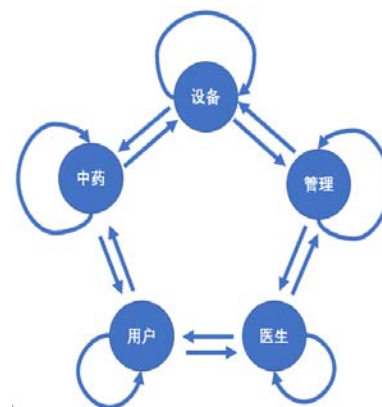


图2 中药智能产业中要素间的沟通与系统协调

3.2 中药智能产业关键技术

物联网、传感器、云计算、大数据等新一代信息技术的迅猛发展,为中药产业的发展注入了新鲜血液。本团队将信息学概念与信息技术融入中药产业发展中,以 ABCD (AI-Blockchain-Cloud Computing-Big Data) 信息技术体系为核心指导内容,对实施解决方案的关键技术进行了探索与研究,并取得了一系列的研究成果。

3.2.1 资源统合技术

(1) 中药物联网平台

中药物联网平台由传感器、智能采集器、智能网关以及数据集成平台等部分组成。在中药产业链中首先需要通过传感器感知指标信息,如空气、温度、土壤湿度以及加工过程中的工艺参数等;然后将检测到的模拟信号传送给智能采集器转换为数字信号;再通过智能网关将数字信号发送给云端数据集成平台从而构建中药物联网平台。目前,在传感器、智能采集器,互联网技术等方面都取得可喜的成绩,为中药物联网平台的构建奠定了技术基础。中药物联网平台的

构建有利于中药资源的统合,可使中药产业链各环节的检测与调控更加智能化,为中药质量的检测提供数据资源支持,有效合理的保证中药质量。

(2) 中药大数据与全程质量控制

本团队已构建中药饮片全产业链的质量树模型及其管理和控制系统。基于“质量源于设计的理念”将中药饮片全产业链划分为“种子种苗”、“中药材”、“中药饮片”3个模块,并对不同模块中的相关因素进行分析,找到影响质量的关键因素;依据故障树分析法(fault tree analysis, FTA)将上述影响质量的关键因素按照不同层级构建树形结构图,得到不同模块的质量树模型。3个模块的质量树模型结合在一起形成完整的中药饮片质量树模型。在模型中,技术要素与上一级要素之间的逻辑关系用“与”门或“或”门的关系表达(见图3)。



与门符号 或门符号

图3 质量树逻辑符号示意图

我们以“中药材”模块为例进行说明(见图4):其顶层节点是“中药材质量”,其量化指标是药材质量能够满足质量标准的概率,质量树的底层节点是影响中药材质量的质量指标、含量指标以及施肥、虫害、采收加工等因素。这几个方面作为输入事件必须同时满足质量要求时,作为输出事件的中药材质量才能满足质量要求。其中,对施肥、虫害、采收加工进一步分析,可得到更为具体的影响因素。例如影响施肥与田间管理的因素是人为施肥或某些相关指标,这些指标可以是农药残留、土壤成分等。

中药质量树理论模型分析并理清了中药饮片全产业链中所涉及的各种因素及其与中药质量之间的逻辑关系,为中药饮片生产全程中影响中药质量各种因素的检测、排除和调控提供理论指导。基于理论模型构建的中药质量树管理和控制系统既为管理者进行中药质量预测、风险评估和调控管理提供了实时决

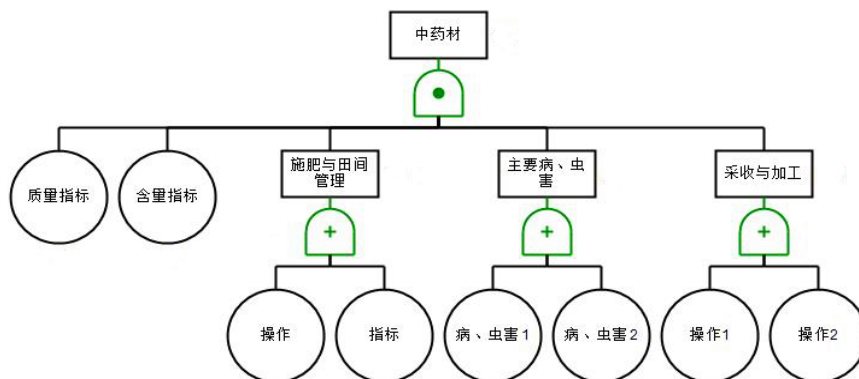


图4 中药材模块质量树

策上的理论支持并实现了中药质量过程控制的实时调控,并通过个性化Web界面,为不同企业提供了自己专属的质量体系,实现个性化服务。具体关于中药饮片全产业链的质量树模型及其管理和控制系统的论述详见参考文献^[14-15]。

3.2.2 中药设计

关于中药设计,本团队提供了两项关键技术:中药作用机理辅助解析平台和中医药生命科学智能平台。

(1) 中药作用机理辅助解析平台

在进行中药复方设计探索方面,本团队以实体语法系统 $G=(V, F, P, S)$ 为理论框架,整合中医药与生物蛋白、基因等相关数据,构建了“中药作用机理辅助解析系统”并形成面向用户的资源平台,可自动高效的绘制中药作用机制网络生物学模型。其中V代表构成实体的字符集,即生物网络中的各类节点,包括组方、单味药材、化学成分及其作用靶点、疾病及其相关靶点以及相互作用的生物蛋白或代谢分子等;F代表生物网络中各类节点组织方式及其关系类型,比如包含关系,抑制、促进关系等;P代表推理演绎的基本规则集,比如组方a包含某种单味药材b,单味药材b包含化学成分c,可得到组方a包含化学成分c,化学成分c抑制蛋白靶点j,蛋白靶点j抑制蛋白靶点p,可得化学成分c促进蛋白靶点p等;S代表系统的初始状态,即推理演绎的起始点。若以中药组方为起始点,通过P基本规则集中不同的规则可得到“组方—药材—化学成分—成分作用靶点—蛋白相互作用靶点—疾病靶点—疾病”的分子生物

网络。中药作用机理辅助解析系统及平台的具体构建流程详见参考文献^[16]。此外,本团队以具体问题为例进行应用研究验证,并发表了一个系列专题的文章,例如,“基于中药作用机理辅助解析系统”关于丹参治疗心血管疾病作用机制、大黄抗高血脂作用机制,金钗石斛降糖作用机制等方面研究,在一定程度上保证了其可靠性和科学性^[17-21]。

通过中药作用机理辅助解析系统及平台,可在分子层面和生物网络层面对中医药理论进行了更深层次的探讨,实现了中药作用机理解析的新突破,并为新复方药物的研究和开发提供了参考。

(2) 中医药生命科学智能平台

本团队已构建的中医药生命科学智能平台,包括17种功能,例如:单味药针对某疾病的作用机理解析;中药、中成药、方剂药性组合模式分析等。平台涉及中医诊断、中药方剂研究、疾病研究、用药研究及基因研究等方面,可为进行合理、科学、可靠的中药新复方剂提供指导。例如本团队通过平台开展了基于药性组合模式的调体保健食品设计方法的研究,即以玉屏风散的药性组合为模板,在药食两用、食物药性数据的基础上,利用二分图和贪婪算法得到与玉屏风散最为相近药性组合模式的调体保健食品新方^[22-23]。此外,还对中医药个性化健康服务平台构建开展了研究等^[24]。

3.2.3 智能制造

在以智能制造为主导方向的工业4.0时代背景下,针对中药发展智能制造所遇到的问题,本团队提出了中药智能

制造理论模型和在生产过程中依据质量标准进行中药制造设备的智能集成。中药智能制造理论模型是以实体语法系统为理论框架,具有柔性化、个性化的特征。其模型的构建详见参考文献^[25]。以中药智能制造理论模型为指导,在生产过程中依据质量标准,借助物联网、传感器、大数据等技术可进行智能系统或智能化模块设计,为真正实现智能制造提供了理论依据。

在信息时代中药生产过程主要包括各生产阶段数据的实时采集、数据的实时存储,及对该生产过程进行动态建模提供可视化环境,实现全过程的模拟和实时监控,增加设备之间的通讯能力与自适应决策能力,从而使设备在生产过程中能感知周围情境及与设备之间的关系,能根据工艺和产品功能需求实现对生产过程的智能化调控。

3.2.4 满足需求

中药产业的最终目标是满足需求,为了更好的满足需求,本团队提供的关键技术包括:产品需求的SIMPP分析法和中药疗效反馈设备。

(1) 产品需求的SIMPP分析方法

针对提高中药产品使用率和更好满足需求的问题,本团队提出产品需求的SIMPP(S:明确现状;I:识别关键要素;M:要素间关系建模;P:模式发现;P:模式匹配)中药大数据分析方法,通过对中药产品所适应的患者和市场进行细分,实现对该产品所适应市场以及用户的精准定位,做到无需改变药物,便可为企业产品进行市场分析,产品定位,更好地进行针对性的产品推广与使用,从而提高产品使用的有效率。

(2) 中药疗效反馈

针对用户对中药产品的需求与认可的问题,本团队提出应用中医疗效反馈设备,实现中医健康GPS与中药疗效反馈。利用传感器和数据模型对用户服药前后身体状态进行实时的辨识、检测、反馈以及对其发展趋势进行预测,让用户自己能够实时看到身体状态的变化,为中药大健康产品能得到人们的认可提供依据。在相关方面的研究中,本团队构

建了脉搏波数据-体质判定-中药保健食品为一体的个性化健康服务平台,可通过脉搏波数据自动进行中医体质的辨识,并自动推荐相适宜的中药保健食品方案,为不同用户提供了个性化的健康服务^[26]。

综上所述,在社会飞速发展的时代背景下,随着物联网、传感器、云计算等新一代信息技术的创新发展,本团队在中药智能产业方面进行了一系列的探索与研究,提供了系列的方案,在实现资源统合、中药设计、智能制造和满足需求四个环节中提供了技术支撑。

3.3 中药智能产业整体落地关键:区块链技术

中药智能产业“资源统合-中药设计-智能制造-满足需求”的各环节中,数据资源的共享与交换是一个专业度要求很高的工作,需要进行对多方面的综合考量,比如:数据的科学分级分类、数据的合理开放程度、数据信息的安全掌控等方面。在信息时代发展的背景下,区块链技术将对数据资源的开放共享和价值发挥等方面发挥着重要作用。

区块链(Blockchain)作为继信息技术之后的又一个革命性技术,受到了人们的日益关注,学者们也纷纷从商业、经济、技术、监管等角度对其进行了深入的研究与探索,对区块链研究的发展脉络和知识图谱有了一定的成果^[27-28]。区块链技术的发展为数据资源流通的实现提供了新契机,它是通过加密算法、P2P网络协议、分布式网络结构、点对点传输等技术的整合,实现对数据转移过程的记录、传递、存储、呈现并保证结果可信的一种新型数据库技术方案,具有去中心化、去信任、不可篡改性、可监督等特征^[29-30]。区块链去中心化的分布式结构,既保证了数据资源的安全性、可靠性,又节约了成本;中心节点透明化在数据交换过程中多方面参与和监督,保证了数据拥有者对数据资源流向、交换使用情况的掌控和数据交易的可信度;加密算法的应用和时间戳的自动验证保证了信息的真实性、不可篡改性并可方便溯源等^[31-34]。区块链实现了数据流通过

程中可控、可控、数据流速率加快,为数据的交流共享提供了保障,在数据提供者、中间商、用户等参与者间真正实现确权、许可、兑换、核算等目标。

区块链技术的迅猛发展为数据资源共享交流过程中,所存在的信任危机、数据所有权、信息真伪等一系列问题提供了解决办法。为实现企业之间的相互协作,资源交流共享,合作共赢的局面提供了保障。因此,也为形成中药物联网平台、中药大数据与全程质量控制、中药作用机理解析、中医药生命科学智能平台、中药智能制造、中药大数据分析方面的产业化机制提供了数据资源共享与共享的基础,为进行中药智能产业的发展提供了可能。

4 总结

针对中药产业所存在的资源高度分散,质量因素影响众多、难以实现连续自动化、个体需求差异明显等问题,中药产业需要在“资源统合-中药设计-智能制造-满足需求”各个环节,促进中药产业现代化、智能化发展。本团队将物联网、大数据、云计算、人工智能等新一代信息技术融合并应用于中药全产业链中,进行了广泛而深入的研究,从而在资源统合-中药设计-智能制造-满足需求方面提出了相关方案,并提供了相关技术支撑和技术平台,为中药产业的发展开辟了新天地。区块链技术去中心化的分布式结构和不可篡改的时间戳特征为数据交流共享提供了技术支持与保障,解决了目前中药新产业化发展所面临的问题。如今,这些中药新产业化发展进程中还有很多挑战需要面对、还有很多工作需要完成,还有很多技术难关需要攻克等等。这需要各相关部门、政府、企业、领域之间相互协作、相互扶持、共同发展,合作共赢,促进中药智能产业的发展。

[基金项目]

国家自然科学基金项目(No.81673697);
国家中药标准化项目(No. ZYBZH-YGS-10)。

[参考文献]

[1]周飞跃.中药产业竞争力提升战略研究[D].北京:中国农业大学,2005.

- [2]徐顽强.中药产业国际化的人力资源支持研究[D].武汉:华中科技大学,2005.
- [3]王耘,乔延江.中药信息学[M].北京:科学出版社,2018.
- [4]陈士林,肖培根.中药资源可持续利用导论[M].北京:中国医药科技出版社,2006:2.
- [5]许赣申.中药资源的可持续利用理论与方法研究[D].天津:天津大学,2005.
- [6]葛梦婷,陈建新,曹丹雯.基于大数据的服装个性化定制[J].电脑知识与技术,2017,13(27):276-278.
- [7]宋杰.达美国旅:深耕北美个性化定制旅游市场[J].中国经济周刊,2016,(35):70-71.
- [8]陈沛,徐雷,刘坤.面向家电产品个性化定制的模块化设计研究[J].制造业自动化,2017,39(2):142-144.
- [9]TADDEO M, FLORIDI L. How AI can be a force for good[J].Science, 2018, 361(6404):751-752.
- [10]ZHU L H, WU Y L, GAI K K, et al. Controllable and trustworthy blockchain-based cloud data management [J]. Future Generation Computer Systems—the International Journal of Escience, 2019,(91): 527-535.
- [11]Han Y. On the Clouds: A New Way of Computing [J]. Inf Technol Libr, 2010,29(2):87-92.
- [12]宋雪丰,唐国宁,孙茂杰.大数据技术进展与发展趋势[J].电子技术与软件工程,2018,(21):145-146.
- [13]赵宇龙.德国工业4.0下的汽车制造——西门子在汉诺威工业博会推出未来汽车生产线[J].现代零部件,2014,(4):24-27.
- [14]余文康,王耘.朝向中药饮片全程质量控制的中药质量树概念与分析方法[J].中华中医药杂志,2017,32(9):3972-3976.
- [15]余文康,董玲,裴文轩,等.基于中药质量树的中药饮片全程质量控制和管理系统的开发[J].中国中药杂志,2017,42(23):4488-4493.
- [16]张百霞,骆四君,颜静,等.中药作用机理辅助解析系统的构建[J].中国中药杂志,2015,40(19):3697-3702.
- [17]何帅兵,张百霞,王慧慧,等.基于“中药作用机理辅助解析系统”的丹参治疗心血管疾病作用机制解析[J].中国中药杂志,2015,40(19):3713-3717.
- [18]杜梨,袁斌,张百霞,等.基于“中药作用机理辅助解析系统”的大黄抗高血脂作用机制研究[J].中国中药杂志,2015,40(19):3703-3708.
- [19]李曼曼,张百霞,何帅兵,等.基于“中药作用机理辅助解析系统”的金钗石斛降糖作用机制研究[J].中国中药杂志,2015,40(19):3709-3712.
- [20]叶小彤,张百霞,王慧慧,等.基于“中药作用机理辅助解析系统”的杜仲抗高血压作用机制研究[J].中国中药杂志,2015,40(19):3718-3722.
- [21]王慧慧,张百霞,叶小彤,等.基于“中药作用机理辅助解析系统”的四逆散抗抑郁作用机制研究[J].中国中药杂志,2015,40(19):3723-3728.
- [22]李曼曼.基于计算系统生物学的个体化氨基酸组合方案设计[D].北京:北京中医药大学,2017.
- [23]董昉,颜素容,马莉,等.基于方剂药性组合模式的调体保健食品设计方法研究[J].中国中药杂志,2015,40(18):3660-3663.
- [24]马莉.基于药性组合的中医药个性化健康服务平台的构建[D].北京:北京中医药大学,2014.
- [25]曹婷婷,王耘.中药智能制造理论模型的构建[J].中国中药杂志,2019,44(14):3123-3127.
- [26]张毅,王宏宇,吕朝磊,等.基于脉搏波的中医体质自动辨识系统研究初探[J].世界科学技术—中医药现代化,2017,19(10):1687-1691.
- [27]Xu C, Wang K, Guo M. Intelligent resource management in blockchain-based cloud datacenters[J]. IEEE Cloud Comput,2018,4(6):50-59.
- [28]KO D, CHOI S, PARK S, et al. Where is current research on blockchain technology? – A systematic review[J]. Plos One,2016,11(10):0163477.
- [29]TSCORSCH F, SCHEUERMANN B. Bitcoin and beyond: A technical survey on decentralized digital currencies[J]. IEEE Commun Sur Tutor. 2016,18(3): 2084-2123.
- [30]Underwood S. Blockchain beyond bitcoin[J]. Commun ACM, 2016, 59(11):15-17.
- [31]HUAN B T, Li Z G, Chen J H, et al. Behavior pattern clustering in blockchain networks[J]. Multimed Tools Appl,2017,76(19):20099-20110.
- [32]ADAMS R, PARRY G, GODSOFF P, et al. The future of money and further applications of the blockchain[J]. SC. 2017,26(5):417-422.
- [33]邵奇峰,金澈清,张召,等.区块链技术:架构及进展[J].计算机学,2018,41(5):969-988.
- [34]于丽娜,张国锋,贾敬敬,等.基于区块链技术的现代农产品供应链[J].农业机械学报,2017,48(S1):387-393.

作者简介:

王耘(1973--),男,汉族,山东郓城人,博士生导师,教授,研究方向: 中药信息融合。