

面向智慧健康的知识管理与服务*

马费成 周利琴

摘 要 智慧健康是一种全新的医疗保健模式,对其产生的海量、异构、多源健康大数据进行有效的获取、组织、查询与分析,是实现健康保健“智慧化”的关键。在把握智慧健康知识管理的内涵、定位、目标及体系架构的基础上,探究面向智慧健康的领域知识库构建、健康数据管理分析平台的建设与实施、知识服务机制等问题,提出从本体库构建的粗粒度匹配、多种知识融合模式的细粒度匹配及用户画像构建三种方案的知识服务机制,并指出面向智慧健康知识管理与服务研究需要进一步突破与落实的方向。图5。参考文献44。

关键词 智慧健康 知识管理 知识服务 公众健康知识库 个人健康大数据 用户画像

分类号 G254

Knowledge Management and Services for Smart Health

MA Feicheng & ZHOU Liqin

ABSTRACT

With the rapid development and integration of modern information technologies (such as Big data, Cloud computing, Internet of Things, and Mobile Internet), waves of “Internet + medical” and artificial intelligence have swept the world, driven rapid expansion of health intelligent terminals, and promoted intelligent transformation of healthcare related products. The traditional “disease-centered post-treatment” model cannot solve problems of continuous healthcare and chronic disease management. It is necessary to establish a “health-oriented big health concept” as an overall response to a wide range of health-influencing factors, and create a “knowledge-prevention-medical-care-foster” integrating Smart Health models in health tracking, prediction, disease prevention, patient health management and personalized treatment in an all-round and life-cycle way. However, there exists a common problem: the spatial distribution, composition structure, type format and representation of the massive, heterogeneous and multi-source health data are becoming more and more complicated and make medical information management particularly difficult. How do we effectively obtain, organize, query and analyze a large number of health data and successfully apply them to modern medicine?

* 本文系国家自然科学基金国际(地区)合作与交流项目“基于慢病知识管理的智慧养老平台研究”(编号:71661167007)和国家自然科学基金重点国际(地区)合作研究项目“大数据环境下的知识组织与服务创新”(编号:71420107026)的研究成果之一。(This paper is an outcome of the international cooperation and exchange program “Research on Intelligent Home Care Platform Based on Chronic Disease Knowledge Management”(No.71661167007) and the major international (regional) joint research project “Research on Knowledge Organization and Service Innovation in the Big Data Environment”(No. 71420107026) supported by National Natural Science Foundation of China.)

通信作者:马费成, Email: fchma@whu.edu.cn, ORCID: 0000-0003-0187-0131 (Correspondence should be addressed to MA Feicheng, Email: fchma@whu.edu.cn, ORCID: 0000-0003-0187-0131)

This study aims to apply knowledge management, knowledge service theory and methods from the field of information resources and management to the field of Smart Health through constructing the Public Health Knowledge Base and Personal Health Big Data Management Platform to integrate decentralized personal health data, medical data, and smart health knowledge. On the basis of grasping the connotation, orientation, objectives and system structure of smart health knowledge management, the Public Health Knowledge Base is designed based on the construction of Knowledge Graph in an open network environment, which provides decision support for smart health service. The process can be divided into steps of health information collection, health knowledge extraction, representation, organization, assessment, and fusion. In addition, the Personal Health Big Data Management Platform is constructed to monitor the physical state of the public, assist doctors in making accurate diagnosis and medication decisions, and even remind patients to quit bad habits. On this foundation, the smart health knowledge service mechanism is constructed based on user need and health portraits. The coarse-grained matching based on ontology, fine-grained matching based on multiple knowledge fusion, and user portrait construction pattern are proposed to provide smart health knowledge service for the public, medical and nursing staff, and professional medical institutions.

In summary, constructing the Public Health Knowledge Base, the Personal Health Big Data Management Platform and the smart health knowledge service mechanism can facilitate monitoring and understanding health status in real time, and push smart health knowledge to achieve self-health management, although the research we have done is basic and theoretical exploration. In order to realize the Health China strategy of “constructing and sharing, the health of whole people”, it is necessary to raise the Smart Health to the national strategic level. Closely combined the great advantages of intelligent city, standing at the strategic height, Smart Health must make breakthroughs in four aspects: 1) Strengthening the construction of think tanks in the field of Smart Health; 2) Establishing Standards for Smart Health Data and enhancing healthcare data collection; 3) Promoting the utilization and sharing of personal health big data; 4) emphasizing user demands and forming a smart health industrial system covering the whole life cycle. 5 figs. 44 refs.

KEY WORDS

Smart health. Knowledge management. Knowledge service. Consumer health knowledge base. Personal health big data. User profile.

0 引言

2016年8月,习近平总书记在全国卫生与健康工作大会上明确指出:“没有全民健康,就没有全面小康;要把人民健康放在优先发展的战略地位。”随着工业化、城镇化、人口老龄化的快速发展,以及生态环境和生活方式的急剧变化,公众的健康管理问题日益严峻。不健康的

生活方式、工作压力过度、健康管理观念薄弱等问题致使慢性病年轻化、亚健康等问题突出。根据《2017年上海白领健康指数白皮书》显示,我国城市白领人群中60%处于过劳状态,白领体检异常比例高达95.68%^[1]。因此,人们迫切需要及时了解自己的身体状况,获得饮食调养、运动监测、日常保健等方面的科学指导,从而实现自我健康管理。自我管理主要是指借助健康量表、健康评估软件、可穿戴设备等,通

过实时监测自身的健康状况,对自我身体的健康信息和健康危险因素进行分析、预测和预防的全过程^[2]。随着大数据、云计算、物联网、移动互联网等现代信息技术的高速发展与融合,“互联网+医疗”和人工智能的浪潮席卷全球,带动可穿戴设备等健康智能终端的快速发展,促进健康医疗相关产品的智慧化转型,智慧健康应运而生。智慧健康(Smart Health)是在电子健康(E-Health)和移动健康(M-Health)基础上发展而来,其可看作是在智慧城市范围内对移动健康的补充^[3]。目前,智慧健康概念还未形成严格、统一的界定,但当下比较热的“互联网+医疗”“智慧医疗”“移动医疗”“移动健康”“物联网健康”等概念,本质上都属于智慧健康的研究范畴,都是运用现代化信息技术、网络技术、智能技术与移动设备等,改进传统的医疗保健模式,利用智慧的手段促进自我健康管理,从而为人类健康提供智能化服务。

智慧健康作为一门新兴的交叉学科,已得到计算机、管理学、医药卫生等领域学者的广泛关注,产生了许多有影响力的项目和成果^[4]。然而,不同学科领域对智慧健康的研究侧重点各有不同。如在计算机科学领域,学者们侧重于对智慧健康系统的设计与开发以及新兴信息技术在智慧健康领域的应用^[5-6];在管理学领域,学者们侧重于探索健康信息行为、智慧健康服务体系、产业运营模式和相关政策实施推广^[7-8];而在医药卫生领域,学者们更加侧重于从临床角度探测影响健康的具体因素,以及智慧健康设备的使用疗效等^[9-10]。其中,一个共性的关键问题是:产生的海量、异构与多源健康数据信息的空间分布、组成结构、类型格式与表现方式等愈加复杂,致使医疗信息化管理尤为困难,如何对其进行有效的获取、组织、查询与分析,是有效发挥健康医疗大数据的价值并成功应用于现代医学的关键。

另外,在当代信息技术和医学、社会学与计算机科学等多学科知识的驱动下,病患在医疗保健过程中开始扮演愈加重要的角色。传统依

靠“以疾病为中心的病后救治”模式难以继续解决不断释放的健康保健、慢病管理等方面的问题,需要确立“以促进健康为中心”的“大健康观”,统筹应对广泛的健康影响因素,全方位、全生命周期地进行健康追踪与预测、疾病预防、病患健康管理以及个性化治疗,打造“知(健康知识普及)—防(预防为主)—医(医疗服务)—护(养护康复)—养(健身养生)”一体化智慧健康模式。其具体表现在^[11]:①可以通过各种移动可穿戴设备采集个人健康数据和信息,主动感知健康状况;②可以通过智慧健康系统和平台对个人健康大数据进行管理和频繁模式挖掘、分析,实时监控身体健康状态,实现疾病预警;③根据用户的健康状态和需求,及时推送智慧健康知识,实现自我健康管理。因此,本文也旨在将信息资源管理领域的知识管理、知识服务理论和方法应用到智慧健康领域,通过构建公众健康知识库和个人健康大数据管理分析平台,解决分散的个人健康数据、医疗数据和智慧健康知识融合的问题,并在此基础上根据用户需求画像和用户健康画像构建智慧健康服务机制,从而为公众、医疗医护人员以及专业医疗机构等提供决策支持和个性化服务,全面提升我国智慧健康管理水平以及实现智慧健康服务模式创新。

1 智慧健康知识管理的定位和服务架构

1.1 智慧健康知识管理的内涵和定位

世界经济合作与发展组织将知识划分为四类:Know-What(“知道什么”)、Know-Why(“知道为什么”)、Know-How(“知道怎样做的知识”)和 Know-Who(“知道谁拥有的知识”)^[12]。智慧健康知识主要侧重于 Know-How,即知道怎样做的知识,或称“技能知识”。根据知识管理理论和智慧健康知识的特点,可将智慧健康知识分为两种:一是存在于医疗服务人员大脑中的主观医疗保健知识,包括诊疗疾病的能力、经验和技能等,也可称为隐性知识;二是记录在各种医

学文献、网络资源中的客观医疗保健知识,包括文档、报告、专利等,可称为显性知识。主观医疗保健知识通过记录、外现转化为客观知识,客观医疗保健知识通过学习、吸收成为主观知识,二者相互转化,相互依存。智慧健康知识作为医生诊疗的经验、病人康复的常识,应该标准化,并且能够在医生和患者间得到广泛的共享。但医疗数据和健康知识来源分散以及表达方式的不确定性和不一致性,导致鉴别、掌握、分享和有效运用智慧健康知识存在较大困难。为实现显性知识和隐性知识的共享和转化,需要运用群体智慧,对多源异构的智慧健康知识进行管理,构建统一、规范的智慧健康知识管理体系,以辅助个性化的自我健康管理。

目前,对智慧健康知识管理还未形成统一的界定,也未形成系统规范的智慧健康知识管理模型。由于智慧健康知识具有时序性、复杂性、概念多样性、一致性要求高和半衰期短等特点,智慧健康知识管理不仅要考虑一般知识管理所具有的共性,还需要考虑各类型用户对智慧健康知识不同层次的需求。根据知识管理的一般定义^[13],可将智慧健康知识管理理解为:一是从狭义角度,将智慧健康知识管理定义为对智慧健康知识的产生、获取、组织、融合、共享、服务和利用等过程的管理;二是从广义角度,将智慧健康知识管理定义为对与智慧健康知识有关的各种资源和无形资产进行全方位和全过程的管理,包括医疗组织、医务人员、病患、医疗设施、健康知识资源和健康知识服务活动等。而本体^[14]和语义网技术^[15]的引入和发展,扩展了智慧健康知识管理的内涵,为智慧健康知识管理研究提供了切实有效的行动方案。Buranarach 等^[16]设计了一个语义网框架来支持慢病医疗中的知识管理和知识服务,该框架集中于本体库、病人记录和可信的医疗保健资源库这三种知识资源的融合,采用基于本体的知识获取和知识建模方法,为获取和实践专家的临床知识与指导意见提供了一个有效的知识工程机制。Pedreira 等^[17]设计了一个促进医生和

病人之间交流的知识管理系统,收集每个病人的信息及其治疗管理任务,用本体来定义信息及其分类的独特性,并根据用户的偏好和访问权限实现信息推荐。智慧健康知识管理实现了由模型构建到系统开发的发展过程。

健康大数据对智慧健康知识管理系统的运行提出了更加智能化的要求,对知识管理方法、技术与应用都产生了重大影响。智能手机和可穿戴设备的惊人增长导致大规模个人健康数据的产生,Rehman 等^[18]对个人生态系统中的数据获取、知识发现过程、知识管理、可视化执行过程等进行梳理和归纳,建立了基于个人健康大数据的知识管理模型,为个人健康数据中的数据挖掘、信息分析和知识提取提供有效途径。Liang 等^[19]在社会化媒体上收集数据,并结合大量的电子健康记录、医学研究文献和可穿戴设备中的个人健康数据,提取涉及疾病症状和治疗的方案以及与健康相关的情绪反应,通过挖掘患者的社会沟通信息等相关知识,推断出药物的不良反应,为患者提供决策支持,实现个性化的医疗服务和社区服务。当前,大数据环境拓宽了智慧健康知识管理的研究视角和研究内容,为智慧健康知识管理研究提供了新的思路。在大数据环境下构建智慧健康知识管理体系,不仅需要整合分布在互联网、科学文献数据库、专科诊疗数据集等多个地方的医疗保健常识、医学研究文献、临床诊疗案例库知识,还需要通过智能手机、可穿戴设备,以及智慧健康云平台所收集处理的日常监测数据和专科体检数据,实时感知用户的智慧健康需求,及时提供智慧健康知识服务。

1.2 智慧健康知识管理的目标与服务架构

智慧健康知识管理主要有以下几个任务和目标:①多源异构智慧健康知识融合,构建智慧健康领域知识库;②采集个人健康数据,实现持续的个人健康管理和监督;③实时监控个人健康状态,及时提供健康预警;④研究用户画像,全面、多维度刻画用户,了解用户健康状态和用户

需求;⑤主动推送智慧健康知识服务,实现健康咨询、情感支持和日常激励、病理分析、精准医

疗,进行自我健康管理。据此,本文构建出面向智慧健康的知识管理与服务体系架构,如图1所示。

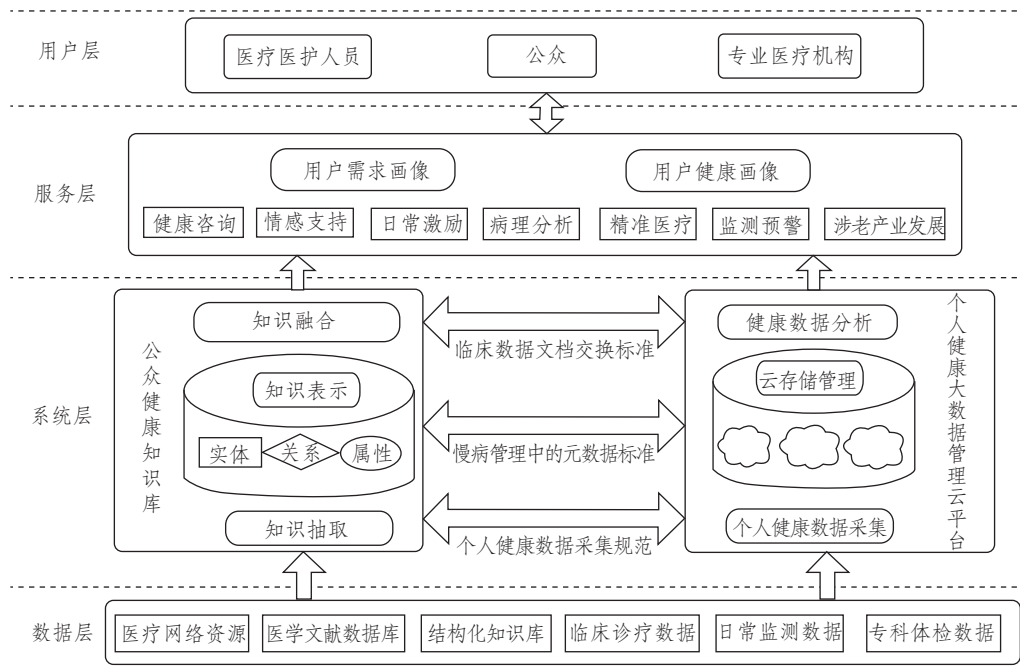


图1 面向智慧健康的知识管理与服务体系架构

该体系架构主要由数据层、系统层、服务层和用户层组成。数据层涵盖大数据环境下智慧健康知识的各种来源,主要包括医疗网络资源(网页和社区)、医学文献数据库(专业医学文献)、结构化知识库(本体、知识图谱等)、临床诊疗案例库、日常监测数据、专科体检数据等;系统层主要是将不同来源和途径的数据、信息和知识分别纳入到智慧健康领域知识库和个人健康大数据管理云平台中,通过统一的数据标准和规范实现数据交换与知识共享;服务层主要是在智慧健康领域知识库与个人健康数据相结合的基础上,形成面向智慧健康的知识服务机制,包括智慧健康知识咨询、情感支持、日常激励、病理分析、精准医疗、健康状态监测预警、涉老产业发展等,为上层用户提供决策支持和服务;同时在服务层还需要对用户的健康状态和需求进行画像研究,从而为其提供个性化的知识服务;用户层主要包括公众、医疗医护人员以

及专业医疗机构等,特别需要关注的是公众的自我健康管理。

2 智慧健康领域知识库构建

智慧健康领域涉及广泛的交叉学科知识,其数据、信息和知识呈现高度复杂性。由于公众对智慧健康知识的迫切需求,需要构建一个统一规范的公众健康知识库,以辅助个性化的智慧健康服务。公众健康知识库是指包含着各种健康主题以及各种健康知识概念和属性之间关系特征的常识性知识库^[20]。目前,国外关于公众健康知识库的构建理论、质量评估、应用实施等研究都已较为成熟,如全球知名的公众健康知识库 MedlinePlus^[21]、WebMD^[22]、罕见病知识库 Orphanet^[23]、糖尿病健康教育知识库 Brainfood^[24]等,都为公众健康咨询和决策提供了有利支持和帮助。而国内关于公众健康知识库方

面的研究才刚刚起步,虽有一些有意义的理论探索^[25-26],但是还未形成有一定影响力、可以规模应用的知识库;而且现有的健康信息服务网站大多是由企业主导,缺乏专业化的信息分类和信息评估,各类信息真假难辨,用户难以快速找到自己所需的智慧健康知识。因此,需要借鉴国外构建公众健康知识库的成功经验和先进信息技术,在充分了解我国公众健康知识需求的基础上,构建符合我国国情的智慧健康领域知识库。

根据开放网络环境下知识图谱的构建思路^[27],本文设计了公众健康知识库的构建流程,如图2所示。首先,对不同来源的数据和信息进行采集和预处理,用人工或者自动的方法从非结构化数据源中抽取具体知识,包括实例、属性、域值、关系、概念等;然后,根据已有结构化

知识资源对智慧健康知识中涉及的专业术语进行规范化映射,构建公众健康词表(Consumer Health Vocabulary, CHV),以解决普通公众术语和专业医学词汇之间的数字鸿沟问题,从而保证公众健康知识的有效组织和共享;在此基础上,对开放网络环境下不同数据源中获取的知识进行真值评估,解决知识之间的冲突和不一致性问题;最后,通过实例融合、域集融合、属性融合、关系融合和概念融合这五种知识融合模式,将验证为正确的知识进行融合扩充,从而形成可以解决具体问题的公众健康知识库,为智慧健康服务提供决策支持。在智慧健康领域知识库构建过程中,需要重点关注以下几个问题:①健康数据采集和知识抽取;②健康知识表示和组织;③健康知识评估和融合。

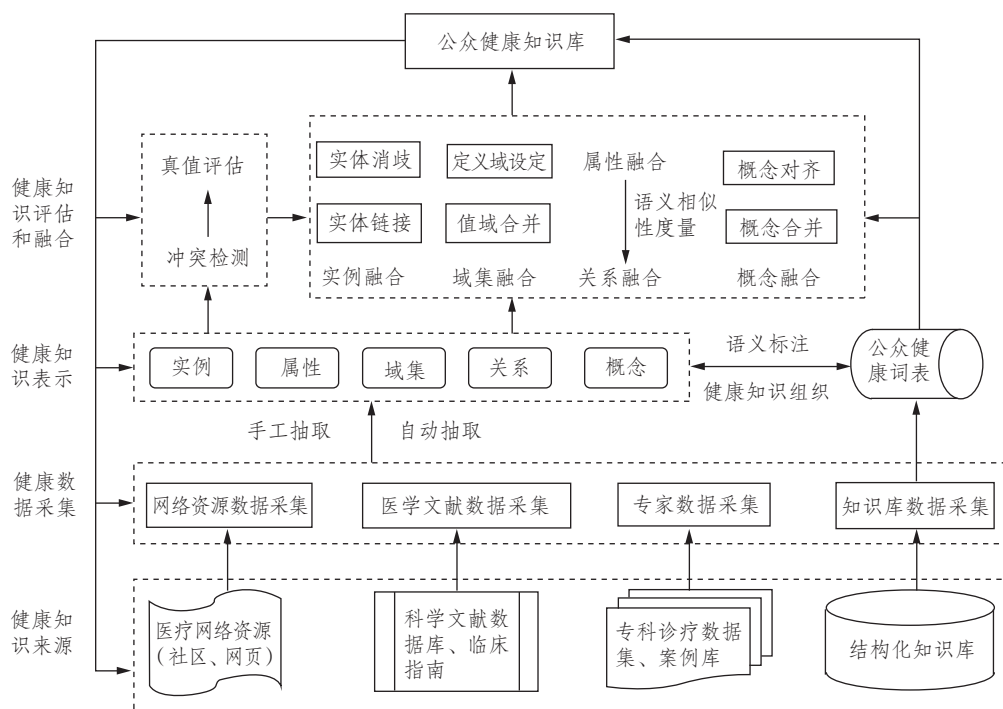


图2 智慧健康领域知识库构建流程

2.1 健康数据采集和知识抽取

在大数据环境下,构建智慧健康领域知识

库需要整合多方资源,包括分布在互联网、科学文献数据库、专科诊疗案例库、结构化知识库等

多个地方的医疗保健常识、专业医学文献、专家知识和结构化本体等。这些数据资源类型多样、质量不一,其文件格式、信息形式和存储载体都存在差异,因此,需要对不同来源的数据和信息进行采集和预处理,将其转化为统一的形式;然后在领域专家的指导下,采用知识抽取方法,将不同来源不同性质的知识元素分门别类,形成知识体系结构。

健康知识抽取主要是指从健康数据文档中抽取可以表示知识的实体、属性,以及实体与实体之间、实体与属性之间的关系。根据健康数据资源的结构化程度,可将知识抽取对象划分为结构化知识库、半结构化网页文本数据和非结构化自由文档。其中,结构化知识库和半结构化网页文本数据非常丰富,具有规范的知识结构,容易进行知识抽取;而非结构化自由文档表达方法灵活,词汇歧义性很高,需要借助大规模的词表、细粒度的语义识别工具和资源,以及自然语言处理(Natural Language Processing, NLP)相关技术对其进行分析^[28]。

目前,常用的知识抽取方法有手工抽取和自动抽取两种^[29]。手工抽取是指根据领域专家编写的知识抽取规则,通过人工标注和语义理解的形式从数据资源中提取知识元素。这种方式需要专家对该领域知识具有一定的了解,从而编写出合适的规则。虽然操作方式单一,但是工作量大,抽取过程中需要投入大量的人力物力。而自动抽取是指基于机器学习和人工智能算法,通过系统自动地学习经过标注的语料来获取实例、属性、关系等抽取规则,抽取相关知识元素。这种方式可以大幅减少工作量,在抽取大规模网页信息时具有巨大优势,但抽取规则缺乏普适性,容易引发语义漂移现象。

在健康知识抽取过程中,可以借助已有的结构化临床术语词表和疾病本体,如临床医学系统术语 SNOMED-CT、一体化医学语言系统 UMLS、医学主题词表 MeSH 等,构建公众健康词表;然后利用知识抽取方法从非结构化自由文档中抽取与本体匹配的事实知识或实例知

识,对公众健康词表进行扩充。

2.2 健康知识表示和知识组织

为解决多源健康知识的异构问题,需要对健康知识进行统一表示。知识表示是知识组织的基础,是将知识进行符号化、形式化和模型化的过程,也是实现知识管理包括知识抽取、知识转换、知识融合、知识重用等过程的前提。传统的知识表示方法包括状态空间法、谓词逻辑法、生成式规则法、框架法等。随着学科交叉和被表述知识复杂性的增加,知识表示方法发展出神经网络法、模糊集法、面向对象法和本体法等^[30]。现阶段许多研究都采用 Web 的思想,通过构建本体来精确规范某个领域的概念及其之间的关系,对知识进行表示和知识库构建^[31]。本体作为一种结构化的知识表示方法,可以在不同的构建方法、规范、语言和工具之间进行翻译和映射,能够将某个领域内重要实体、概念、属性及其之间的相互关系进行形式化描述,为知识库的构建提供基本的结构,实现应用领域概念的统一和知识的共享与重用^[32]。为此,本文基于 OWL2^[33] 和 Pérez 等^[34] 本体体系的知识表示方式,将健康知识表示成五元组形式{实体,属性,域集,关系,概念}。其中,实体表示概念类的实体对象,属性用来描述概念的特征,域集用来对属性的定义域和值域加以描述,关系表示概念之间的作用关联(如父子关系、函数关系、永真断言等)、概念通常用类来定义。知识本体的五个基本表示元素,反映出从知识到实体抽象到概念的建模过程及其层次结构。

健康知识组织是将抽取到的健康知识元素按照本体五元组的形式组织成顶层本体库,以备进一步使用的过程。其根本任务是将无序、分散的健康数据、信息和知识整理成为有序的信息资源,以保证用户的有效获取和利用。对健康信息资源的描述、标引、分类和整序都属于健康知识组织的研究范畴。健康知识组织中最重要的环节是利用现有的医学本体、医学词表中的概念、术语及语义关系来揭示和表达健康

数据资源的语义,并对其进行语义标注。语义标注是指通过语义元数据为网络资源添加语义信息和语义关联的过程,使得机器可对资源进行明确识别并进行深层次理解和处理^[35]。根据公众健康词表对健康数据资源的组成部分进行语义标注,一方面可以帮助准确识别知识实体,提高领域信息的查准率和查全率,另一方面可以帮助充分理解语义信息,从而获得更多的领域实例,实现知识库的扩充^[36]。对健康数据资源进行语义标注,需要关注三个基本要素:一是标注对象,即各类健康数据资源,包括网页、文档、医学图像、视频等;二是标注知识,主要是指公众健康词表中的语义元数据,包括各类医学实体、概念、实例、属性等;三是选择标注方式,主要包括内嵌式标注和非内嵌式标注^[37]。开展语义标注之后,知识组织系统就能够自动识别健康数据资源中的语义特征和语义关联,并将其扩充到公众健康词表和顶层本体中;然后,可以利用知识推理和语义检索技术对公众健康知识库中的知识进行组织和重构,从而形成全面科学的公众健康知识网络体系。

2.3 健康知识评估和知识融合

为解决大数据环境下不同健康数据源中获取知识之间的冲突和不一致,需要对健康知识的真值进行评估,只有将验证为正确的知识扩充到知识库中才更有意义。目前,比较常用的知识评估方法主要有以下几种:基于贝叶斯估计的知识评估、基于 D-S 证据理论的知识评估、基于模糊集的知识评估和基于图模型的知识评估^[27]。这些方法通过对获取的健康知识进行真值计算和综合评估,在一定程度上消除了多源异构知识的冲突和不确定性,对提高公众健康知识库的可靠性、置信度和实用性起到至关重要的作用。

在健康知识评估的基础上,为解决知识的复用和知识共享问题,需要对多源异构健康知识进行融合。知识融合是随着知识服务需求的变化、知识管理研究的发展而产生的一个崭新

的研究主题。通过知识融合,可以将网络中碎片化的知识关联起来进行重构,从而形成可以解决具体领域问题的知识库,为决策者提供支持,同时可以保障知识库的开放性和动态扩展性^[38]。

在健康知识融合过程中,单一地对健康知识实体或知识概念进行融合,或者将各个融合过程分离开来考虑,都是不够全面的。从基于本体的知识表示视角,将知识融合模式划分为实例融合、域集融合、关系融合、属性融合和概念融合五种模式,能够从语义层面解决知识融合过程中知识结构的差异性问题的。而这五种知识融合模式在公众健康领域知识库的构建过程中也同样适用。不同的知识融合模式产生不同的知识融合结果。实例融合产生新的知识实例集合,域集融合对知识概念属性的值域进行了重新定义,关系融合产生了新的关系,属性融合对知识概念的特征属性进行了重新定义,概念融合构造了新的知识概念。无论是关系融合、属性融合还是概念融合,都在一定程度上改变了原有的知识模式,产生了新的知识,是知识创新的过程。而实例融合只是在一致性、正确性、有效性以及数量上对知识集的元素进行改变,并没有改变知识模式的结构,可以看作是知识显化和发现的过程。域集融合则是从知识发现到知识创新的过渡阶段,没有改变原有知识模式的结构,但改变了知识概念的值域范围。

知识融合的目的是知识创新,知识创新则是为了提供更好的知识服务。知识融合、知识创新和知识服务三者之间的关系如图 3 所示。知识创新的实现需要分阶段来进行。从知识组织、知识重用到知识发现、知识挖掘,涵盖了知识创新的主要阶段。与知识融合的实现相似,知识创新的实现也是一个反复迭代、逐步增量的过程。虽然不能够将知识融合的模式与知识创新的阶段直接对应起来,但两者实现过程的共同特征决定了可以将知识融合的模式与知识创新的过程有机统一,进而可以依据用户需求,更加精准有效地提供知识服务。

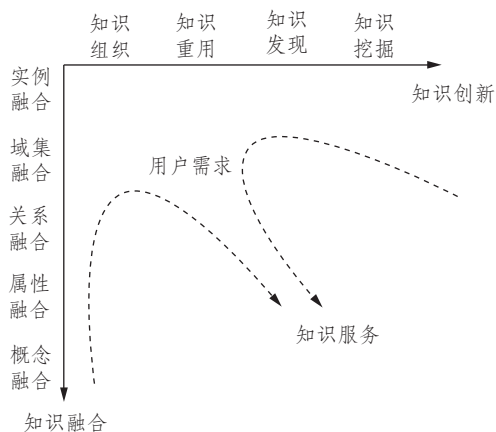


图3 知识融合、知识创新、知识服务之间的关系

3 个人健康大数据管理分析平台建设与实施

构建面向个人的健康数据管理分析平台的目标主要包括：①监控病患的身体状态，改善不良生活习惯；②协助社区及基层卫生机构的医生对单个患者做出准确诊断和用药决策；③自动汇总和统计分析，进行流行病、慢性病的自动筛查、趋势分析，甚至爆发警报。为此，可从以

下三个方面介绍大数据环境下的个人健康数据管理分析平台的构建。

3.1 个人健康大数据

个人健康数据可大致分为三种：日常监测数据、专科体检数据和临床诊疗数据。日常监测数据通常包括睡眠数据、饮食数据、生理数据等。而根据不同用户个性化的需求，还包括运动数据、情绪数据和环境数据等。该类数据的特点是数据量大，且数据采集方式及数据结构等具有多样性、异构性和实时性。专科体检数据是指在医院或专业医疗机构进行的病理检查或体检而获得的数据，具有专业性、科学性和准确性，是个人健康状况判断和预测的重要依据。临床诊疗数据包括个人病历、病理诊断、医疗记录、用药方案、病程记录等，是医疗机构对门诊、住院患者（或保健对象）临床诊疗和指导干预的数字化医疗服务工作记录，是医疗机构以电子化方式创建、保存和使用的。

3.2 个人健康大数据管理分析平台体系架构

根据个人健康数据的类型和结构，笔者设计了个人健康大数据管理分析平台，其体系架构如图4所示。

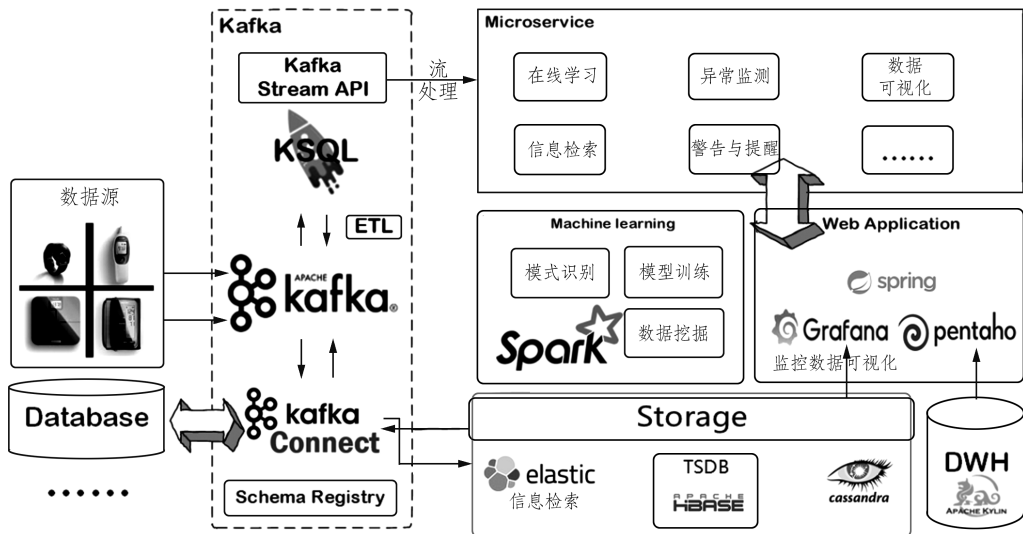


图4 个人健康大数据管理分析平台体系架构

不同用户的可穿戴健康监测设备,将作为独立的数据源,周期性地将个人健康监测数据上传到云端(Kafka 集群管理器中),并集中保存在统一的数据中心云平台。云平台在存储个人健康数据时,可以通过用户 ID 对其进行标识,同一用户可以通过不同的终端设备对个人健康数据进行检索、浏览。同时,存储在云端的数据,可以与其他医疗机构(比如社区医院、急救中心等)实现共享,甚至可以与上层大区域级、国家级信息系统进行数据交换。在经过个人用户授权后,其他医疗机构,可以通过云平台提供接口,访问并获取患者的个人历史健康信息,以此辅助确定治疗方案。

在获得各类健康监测数据之后,可以采用 Docker 云计算模式,对大规模用户群、多维度实时体征流数据进行实时监控和异常警报。同时,还可以对慢病历史数据进行各种机器学习和模型训练,实现历史多维体征数据频繁模式离线挖掘与在线匹配。最后,可以结合各类可视化图表,生成针对慢病患者个人健康状况趋势、不同指标间的相关性变动等,通过量化自我来分析、处理和监控人们的身体状态,帮助改善不健康的生活习惯,实现自我健康管理。

3.3 个人健康大数据管理与分析平台的功能

个人健康大数据管理分析平台功能的具体实现主要包括四个步骤:①个人健康数据模拟生成。包括静态、半静态、实时数据三个部分。静态数据是按照自定义的统计概率生成,如姓名、性别、籍贯、出生年月等用户基本信息;半静态数据(或半实时数据)是模拟用户在中心医院、社区医院等各类诊疗机构在诊疗、体检等过程中产生的相关数据,包括疾病、体检、用药等数据,随时间生成,频率较低,以周为单位产生;实时动态体征数据,模拟智能穿戴式设备采集的实时体征数据,包括收缩压、舒张压、心率、体温、计步、经纬度等多个维度,随时间生成,采样频率高,每 30 秒钟一次。②多维体征流式大数据处理。根据用户实际监护需求,采用云计算

模式,对大规模用户群和多维度实时体征数据进行流式分析处理。③服务部署及可视化。使用 Docker 集群,通过 Docker Swarm 进行流程编排(Orchestration),完成镜像生成、镜像入库、容器(Container)生成、服务(Service)启动、并行计算等一系列操作。④多维体征数据频繁模式离线挖掘。对慢病历史数据,进行各种机器学习、挖掘分析,采用 PCA 进行多维数据的降维处理,并按照滑动窗口的方式,获取并处理时间序列中的各子序列,挖掘分析其中频繁出现的模式。

通过上述步骤,个人健康大数据管理分析平台可以实现以下主要功能:①数据集群管理,负责对 Kafka 存储的数据资源进行监控与管理,主要用于管理员的管理等;②实时数据监控与警报,主要针对实时的体征数据进行实时流式查询和监控预警等;③模式挖掘与匹配,通过已经确诊为患有某种病的患者,挖掘出有价值的模式,然后再将这些模式应用于疑似患有该病的人身上,从而在线给出一些警报;④用户分析,主要针对个人和多人进行实时数据分析和历史数据分析;⑤疾病信息分析,主要针对静态的个人数据进行分析、汇总、关联等工作并进行可视化。

4 面向智慧健康的知识服务机制

面向智慧健康的知识服务主要是研究如何在公众健康知识库和个人健康大数据管理分析平台的基础上为用户提供知识服务。研究思路遵循“需求建模—需求与资源匹配—知识服务提供”的路线,首先对用户健康画像和用户需求画像进行研究;然后使用关联数据技术对用户知识需求进行建模,构建用户需求语义网络,把用户需求与公众健康知识库资源进行匹配;最后根据用户的个性化需求,从不同维度和切面为用户提供知识服务。面向智慧健康的知识服务实现路径如图 5 所示。

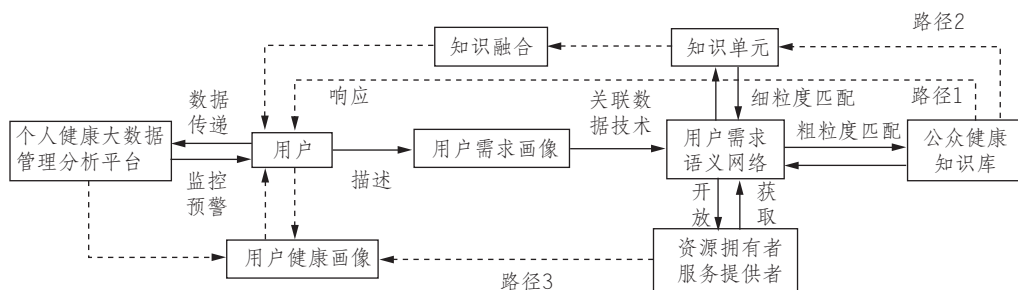


图5 面向智慧健康的知识服务实现路径

4.1 用户需求画像构建

用户需求的发现和建模是提供知识服务的前提,是知识服务中的研究重点和热点。目前,关于用户需求的研究主要集中在基于本体的用户需求建模、用户兴趣建模、基于用户实时搜索行为的需求建模等方面^[39]。随着智能手机和移动互联网技术的迅速发展,人们的行为开始呈现出网络化趋势,用户的行为数据也呈现出指数增长态势。在这种情况下,用户画像研究开始引起大数据分析领域学者的广泛关注。用户画像是指从丰富的用户数据中挖掘出用户的人口统计学特征、社会网络关系和行为模式等,将其总结、抽象为标签化形式,从而多维度、全面立体地刻画用户^[40]。

目前,关于用户画像的内涵、实现流程和技术方法还没有形成普遍认识。在智慧健康领域,可通过个人健康大数据管理分析平台对用户的各项基本数据和指标(例如体重、心率、血糖、血压、体脂量、疾病史等)进行分析,构建用户健康画像,来判断用户各项身体机能是否健康,从而为其推荐合理的膳食和运动营养策略。同时,可以进一步根据用户的交互行为的信息(如浏览内容、浏览行为、背景知识等)和用户兴趣,提炼用户的自然属性、兴趣属性、社交属性和能力属性,构建用户的需求画像。用户需求画像是描述用户需求,探索个性化用户知识推荐的重要环节。同时,如何利用用户需求画像和用户健康画像进行精准化智慧健康知识推荐,是实现智慧健康服务的前提。

4.2 用户需求语义网络构建

提供针对用户需求的知识服务,需要实现用户需求与知识服务在语义级别上的匹配,解决这一问题的最好途径之一,是用机器可理解的形式化知识表示用户的知识需求和可以提供的知识服务,即构建用户需求语义网络^[41]。需求语义网络的构建思路主要是借鉴关联数据中数据网络(Web of Data)构建的方法,嵌入关联数据技术,构建类似于数据网络的需求语义网络。通过客户端应用等渠道获取用户需求信息后,使用关联数据技术对各种需求节点的内部关联进行规范化语义描述,形成需求网络,实现需求信息的互联、整合与局部共享。其中需要重点解决的是:①将用户需求信息发布成关联数据过程中的相关问题;②需求信息的定义与描述;③需求信息的详细程度、开发和共享的程度;④用户交互界面的设计;⑤用户发布需求信息过程中的协作、交流机制,包括各个环节之间的交流和通信协议,包括用户和需求之间、不同需求之间、匹配服务与需求节点之间的通信协议等。

4.3 面向智慧健康的知识服务实现路径

需求语义网络构建后,需要研究如何将需求语义网络与健康知识资源进行匹配,进而提供细粒度、可定制的知识服务。图5展示三条知识服务的提供路径。路径1是将需求语义信息与公众健康知识库进行粗粒度匹配,并直接通过基于本体知识库的对话式检索服务,向用户提供智慧健康知识;路径2是将需求语义信息与

从公众健康知识库中抽取出的知识单元进行细粒度匹配,对知识单元进行不同维度和切面的融合,向用户提供面向内容的、深层次的知识服务;路径3是研究如何向第三方资源拥有者和服务提供者开放需求信息的接口,允许经过授权的服务提供者对需求语义网络进行抓取,直接根据用户健康画像,对其提供相应的知识服务。实现这三条知识服务的路径需要重点解决几个问题:①复杂需求的分解问题;②匹配的机制与算法;③个性化推荐的思路和方案设计。

5 发展思考

目前,我们所做的研究属于基础性、理论性探索。智慧健康领域知识库、个人健康大数据管理分析平台、面向智慧健康的知识服务机制等还处于起步阶段。要实现“共建共享,全民健康”的健康中国战略,需要将智慧健康提升至国家战略层面,紧密结合智慧城市的巨大优势,站在战略高度对智慧健康进行目标定位,立足于实践,又服务于实践。基于这些思考,面向智慧健康的知识管理与服务应该从以下四个方面进行突破和落实。

5.1 加强智慧健康领域智库构建

目前,国内还没有权威的公众健康知识库,公众难以在纷繁复杂的网络环境中找到需要的智慧健康知识。因此,需要加强公众健康知识库和智慧健康领域智库构建,为提高公众健康水平、攻克医学难题、改进卫生政策打好坚实基础。智慧健康领域智库建设是人口健康与社会发展的迫切需要,是推进健康中国建设、实现精准医疗新模式的必要保障^[42]。在大数据环境下建设智慧健康智库,将医学与智慧健康知识紧密结合,不仅可以为政府决策者提供具有科学性的施政方案和权威性的理论支持,还可以促进卫生服务体系制定,引导医疗行业和舆论导向健康发展。

随着国际社会对健康决策咨询的需求日益

增多,健康智库的建设引起国内外学者的广泛关注。早在20世纪中期,国外就涌现出一大批高质量的健康智库成果,研究方向主要集中在公共健康政策、卫生保健标准、提升医疗保健质量等方面。国内在新医改和国家发展健康服务业的导向下,也成立了各类相关研究院、所、中心以及民间智库等,在新医改方案的咨询和制定中发挥着重要作用^[43]。但是,目前国内健康智库建设缺乏统筹规划,具有影响力的重大研究成果很少,缺乏权威性,研究水平离国外发达国家还有较大差距。因此,针对国内健康智库的建设现状,需要做好顶层设计,探索符合我国国情的智慧健康智库,助推健康卫生事业的发展。同时,在智慧健康智库构建过程中,需要重视智库知识成果的时效性和共享效率,定期对其进行重新测试和更新,构建智库共享平台,实现智库知识成果共享。另外,由于智慧健康智库建设所需要的知识和数据涉及健康人群和患者的隐私,需要注意数据安全和个人健康数据的隐私保护等问题。

5.2 制定智慧健康数据标准,加强数据汇集

智慧健康以数据为驱动,实现价值聚变。个人健康大数据在智慧健康管理中发挥着重大作用,但是,由于缺乏顶层设计和统一的标准体系,个人健康大数据的数据汇集功能还有待加强。各个厂商开发的智慧健康产品和智能设备基本自成体系,彼此并不兼容,在资源的整合和利用方面存在很多重复建设、沟通不畅等问题。因此,需要建立智慧健康数据标准与规范体系,建立统一的设备接口、规范化数据表示格式、采用统一的数据传输协议和计量标准,实现不同设备间的数据信息开放和共享。

智慧健康数据标准与规范主要包括以下三个方面:①个人健康数据采集规范:个人健康档案(Personal Health Record, PHR)是基于空间和时间轴上的所有健康和医疗数据生态的有序整合;须依托于行业级别的标准共识。从纸质病历、电子病历到文档格式化、统一标准化,需要建立统一的语法、语义和词汇集,对个人健康档案

PHR 组件数据类型及功能支持等进行统一定义,实现患者与医务人员、医疗机构、医疗设备间的互动。②智慧健康管理中的元数据标准:通过制定规范体系,统一各厂商生产设备的业务功能、数据标准和数据交换协议,一方面可指导各地个人健康档案和智慧健康管理软件的开发与改造,另一方面可向基层卫生服务机构提供规范、专业的疾病防治指导,帮助个人掌握健康“金钥匙”,最大限度推迟和避免疾病发生。③临床数据文档交换标准:目前,临床数据文档(CDA)还处于初期的探索阶段,建立临床数据文档交换标准,将公民的个人健康信息以统一形式存储,并为个人、医疗机构、公共卫生机构所具有,这将大大提升个人健康、促进医疗事业的发展,同时可以为宏观的医疗管理提供必要的基础。

5.3 促进个人健康大数据的利用和开放共享

目前,大多数企业的着眼点都局限在智能穿戴设备、智能家居和智慧医疗领域相关产品上,忽略针对采集到的个人健康大数据的分析和利用。利用数据挖掘和机器学习算法对个人健康大数据进行分析,并把分析得出的有效结果反馈给用户,提醒用户注意预防疾病、改善不良生活习惯、调整生活作息规律、提高生命质量,对个人的健康有很大的帮助。个人健康大数据可以应用于疾病预防、临床辅助决策、科学研究、医疗评价、健康管理、个性化治疗等多个方面^[41],但是目前都处于探索阶段。

另外,个人健康大数据的开放和共享是未来的趋势,只有开放和共享才能产生更大的价值。目前,美国在数据共享方面已经积累很多成功的经验,建立了较多成熟的数据开放平台。但是我国在这方面还缺乏经验,很多数据仅供内部使用或者科研使用。在智慧健康管理中,

政府作为健康数据标准和规范的制定者和相关政策的发布者,应该重视个人健康数据治理和公众的隐私保护问题,从法律层面和技术层面为个人健康数据的开放和共享创造有利条件。同时,企业方面应该倡导个人健康数据的开源和互联,避免数据重复采集和资源浪费。最后,应该加强政府、企业、医疗机构以及科研机构之间的数据开放和共享,最大化发挥个人健康大数据的价值,为人类健康做出贡献。

5.4 重视需求对接,形成覆盖全生命周期的智慧健康产业体系

随着科技的进步、社会经济的发展、生活水平的提高,人们对智慧健康的各项要求不断提高,个性化、异质性的服务需求大量涌现。但是,目前的智慧健康都在客户端发力,忽略了用户需求的对接。不同身体状况和年龄状况的人对智慧健康的需求略有不同,因此,需要对多元化、多层次、多类型的用户需求进行画像研究,开发适合不同年龄层次人群的可穿戴设备,搭建智慧健康知识共享平台;同时,根据用户的健康画像,对用户的需求和能力进行评估,为其推荐个性化的智慧健康知识和有针对性的智能健康产品,实现传统医疗健康服务模式的改造升级,形成覆盖全生命周期的智慧健康产业体系。

总的来说,智慧健康是“大、云、物、互、移”技术的融合。大数据时代,个人健康大数据将是下一个IT产业的“石油”和“金矿”;云计算技术,可以互联医疗卫生机构的系统和设备,发挥海纳百川的聚集功能;物联网手段,可以实现健康服务“关口前移”,帮助用户主动感知自身健康状况,及时进行智能交互;互联网和移动技术,为智慧健康提供了新的网络环境和实现模式,为用户提供个性化的智慧健康服务。

参考文献

- [1] FSG. 2017上海白领健康指数白皮书[EB/OL]. [2018-07-14]. <http://www.orz520.com/a/health/2017/0814/2547700.html?from=haosou>. (FSG. 2017 white paper on health index of white-collar workers in Shanghai)

- [EB/OL]. [2018-07-14]. <http://www.orz520.com/a/health/2017/0814/2547700.html?from=haosou>.)
- [2] 傅华, 李光耀. 健康自我管理手册[M]. 上海: 复旦大学出版社, 2009:2-3. (Fu Hua, Li Guangyao. Health self-management manual [M]. Shanghai: Fudan University Press, 2009:2-3.)
- [3] Solanas A, Patsakis C, Conti M, et al. Smart health: a context-aware health paradigm within smart cities[J]. IEEE Communications Magazine, 2013, 52(8):74-81.
- [4] 韩晓丹, 金新政. 智慧健康研究热点分析[J]. 智慧健康, 2016, 2(6):2-7. (Han Xiaodan, Jin Xinzhen. Analysis of research hotspots in Smart Health [J]. Smart Health, 2016, 2(6):2-7.)
- [5] Saeedi R, Amini N, Ghasemzadeh H. Patient-centric on-body sensor localization in smart health systems[C]// Signals, Systems and Computers, 2014, Asilomar Conference on. IEEE, 2014:2081-2085.
- [6] Manogaran G, Varatharajan R, Lopez D, et al. A new architecture of internet of things and big data ecosystem for secured smart healthcare monitoring and alerting system[J]. Future Generation Computer Systems, 2018(82): 375-387.
- [7] Abbasi A, Shaker R, Huesch M D, et al. Social media analytics for smart health[J]. IEEE Intelligent Systems, 2014, 29(2):60-80.
- [8] Stroetmann K A. Achieving the integrated and smart health and wellbeing paradigm: a call for policy research and action on governance and business models[J]. International Journal of Medical Informatics, 2013, 82(4): 29-37.
- [9] Evans M. Smart health choices: how to make informed health decisions[J]. Evidence-Based Nursing, 2001, 4(3):72-72.
- [10] Gastaldi L, Corso M. Smart healthcare digitalization: using ict to effectively balance exploration and exploitation within hospitals[J]. International Journal of Engineering Business Management, 2012, 4(9):1-13.
- [11] 倪荣, 居斌, 江涛, 等. 从数字卫生迈向智慧健康[J]. 中国卫生信息管理杂志, 2013, 10(2):105-108. (Ni Rong, Ju Bin, Jiang Tao, et al. From digital health to smart health [J]. Chinese Journal of Health Informatics and Management, 2013, 10(2):105-108.)
- [12] Holste J S, Fields D. Trust and tacit knowledge sharing and use[J]. Journal of Knowledge Management, 2010, 14(1):128-140.
- [13] 邱均平, 段宇锋. 论知识管理与竞争情报[J]. 图书情报工作, 2000(4):11-14. (Qiu Junping, Duan Yufeng. On knowledge management and competitive intelligence[J]. Library and Information Science, 2000(4): 11-14.)
- [14] Razmerita L, Angehrn A, Maedche A. Ontology-based user modeling for knowledge management systems[C]// User Modeling 2003, International Conference, Um 2003, Johnstown, Pa, Usa, June 22-26, 2003, Proceedings. DBLP, 2003:213-217.
- [15] Davies J, Lytras M, Sheth A P. Guest editors' introduction: semantic-web-based knowledge management[J]. IEEE Internet Computing, 2007, 11(5):14-16.
- [16] Buranarach M, Supnithi T, Chalortham N, et al. A semantic web framework to support knowledge management in chronic disease healthcare[J]. Communications in Computer & Information Science, 2009:164-170.
- [17] Pedreira N, Aguiarpulido V, Dorado J, et al. Knowledge management for chronic patient control and monitoring [C]. International Conference of Computational Methods in Sciences & Engineering. American Institute of Phys-

- ics, 2014;747-750.
- [18] Rehman M H U, Liew C S, Wah T Y, et al. Mining personal data using smartphones and wearable devices: a survey[J]. *Sensors*, 2015, 15(2):4430.
- [19] Liang Y, Guo N, Xing C, et al. Chronic knowledge retrieval and smart health services based on big data[C]// Revised selected papers of the international conference on smart health. Springer-Verlag New York, Inc. 2015: 231-240.
- [20] 张兴厅,雷健波. 公众健康知识库研究综述[J]. 中国卫生信息管理杂志, 2017, 14(3):413-417. (Zhang Xingting, Lei Jianbo. A review of consumer health knowledge base [J]. *Chinese Journal of Health Informatics and Management*, 2017, 14(3):413-417.)
- [21] Miller N, Lacroix E, Backus J E. MEDLINE plus: building and maintaining the National Library of Medicine's consumer health Web service[J]. *Bull Med Libr Assoc*, 2000, 88(1): 11-17.
- [22] Deshpande A, Abreu M. WebMD—IBD section. Available from www.webmd.com[J]. *Gastroenterology*, 2008, 135(3):1014-1015.
- [23] Central B M. Orphanet journal of rare diseases[J]. *Orphanet Journal of Rare Diseases*, 2008, 3(1):1-17.
- [24] Bell J A, Patel B, Malasanos T. Knowledge improvement with web-based diabetes education program: brainfood. [J]. *Diabetes Technology & Therapeutics*, 2006, 8(4): 444-448.
- [25] 俞思伟,董慧,姜赢,等. 基于本体的面向多用户医学知识管理模型研究 [J]. 医学信息学杂志, 2009, 30(6): 8-10. (Yu Siwei, Dong Hui, Jiang Ying, et al. Research on multi-user-oriented medical knowledge management model based on ontology [J]. *Journal of Medical Informatics*, 2009, 30(6): 8-10.)
- [26] 张悦悦,许鑫.基于主题词表的亚健康人群食疗知识库设计与构建[J]. 图书情报工作, 2015, 59(14): 4. (Zhang Yueyue, Xu Xin. Design and construction of the diet therapy knowledge base for sub-healthy people based on thesaurus [J]. *Library and Information Service*, 2015, 59(14): 4.)
- [27] 林海伦,王元卓,贾岩涛,等. 面向网络大数据的知识融合方法综述[J].计算机学报, 2017(1):1-27. (Lin Hailun, Wang Yuanzhuo, Jia Yantao, et al. Network bid data oriented knowledge fusion methods: a survey [J]. *Chinese Journal of Computers*, 2017(1):1-27.)
- [28] 刘鹏博,车海燕,陈伟. 知识抽取技术综述[J]. 计算机应用研究, 2010, 27(9):3222-3226. (Liu Pengbo, Che Haiyan, Chen Wei. Survey of knowledge extraction technologies [J]. *Application Research of Computers*, 2010, 27(9):3222-3226.)
- [29] 周利琴,范昊,潘建鹏. 网络大数据中的知识融合框架研究[J]. 情报杂志, 2018,37(1):145-150. (Zhou Liqin, Fan Hao, Pan Jianpeng. Research on knowledge fusion framework in network big data [J]. *Journal of Intelligence*, 2018,37(1):145-150.)
- [30] Kong G L, Xu D L, Yang J B. Clinical decision support systems: a review on knowledge representation and inference under uncertainties [J]. *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 2008, 1(2): 159-167.
- [31] Antezana E, Kuiper M, Mironov V. Biological knowledge management: the emerging role of the semantic web technologies[J]. *Briefings in Bioinformatics*, 2009, 10(4):392-407.
- [32] Maedche A, Staab S, et al. Ontology learning for the semantic web[J]. *IEEE Intelligent Systems*, 2001, 16(2): 72-79.

- [33] Ougouti N S, Belbachir H, Amghar Y. A new OWL2 based approach for relational database description[J]. International Journal of Information Technology & Computer Science, 2014, 7(1):48-53.
- [34] Perez A G, Benjamins V R. Overview of knowledge sharing and reuse components: ontologies and problem-solving methods[C]//Proceedings of the IJCAI-99 workshop on Ontologies and Problem-Solving Methods (KRR5). Stockholm, Sweden, 1999:1-15..
- [35] 徐雷, 王晓光. 叙事型图像语义标注模型研究[J]. 中国图书馆学报, 2017, 43(5):70-83. (Xu Lei, Wang Xiaoguang. Narrative image annotation ontology for semantic web [J]. Journal of Library Science in China, 2017, 43(5):70-83.)
- [36] 王昊, 谷俊, 苏苏宁. 本体驱动的知识管理系统模型及其应用研究[J]. 中国图书馆学报, 2013, 39(2):98-110. (Wang Hao, Gu Jun, Su Xinning. Research on the model and its application of ontology-driven knowledge management system [J]. Journal of Library Science in China, 2013, 39(2):98-110.)
- [37] 傅柱. 语义标注研究综述[J]. 图书馆学研究, 2016(4):10-17. (Fu Zhu. A review of semantic annotation [J]. Research on Library Science, 2016(4):10-17.)
- [38] Dong X L, Gabrilovich E, Heitz G, et al. From data fusion to knowledge fusion[J]. Proceedings of the Vldb Endowment, 2014, 7(10):881-892.
- [39] 茆意宏. 面向用户需求的图书馆移动信息服务[J]. 中国图书馆学报, 2012, 38(1):76-86. (Mao Yihong. Library mobile information service: a user's needs oriented service mode [J]. Journal of Library Science in China, 2012, 38(1):76-86.)
- [40] 余传明, 田鑫, 郭亚静, 等. 基于行为-内容融合模型的用户画像研究[J]. 图书情报工作, 2018, 62(13):54-63. (Yu Chuanming, Tian Xin, Guo Yajing, et al. User profiling based on the behavior and content combined model [J]. Library and Information Service, 2018, 62(13):54-63.)
- [41] 陈烨, 赵一鸣. 一种新的用户需求组织方式: 需求语义网络[J]. 图书情报工作, 2014(17):125-130, 91. (Chen Ye, Zhao Yiming. A new method of user need organization: semantic web of need [J]. Library and Information Service, 2014(17):125-130, 91.)
- [42] 翟拥华. 基于知识管理的医疗与健康特色智库构建策略研究[J]. 农业图书情报学刊, 2017, 29(10):25-27. (Zhai Yonghua. Strategy research on medical and health think tank construction based on knowledge management [J]. Journal of Library and Information Services in Agriculture, 2017, 29(10):25-27.)
- [43] 王悦, 李静. 中国健康智库建设的价值探析[J]. 医学与哲学(A), 2017, 38(2):60-62. (Wang Yue, Li Jing. Discussion on the importance of chinese health think-tank construction [J]. Medicine & Philosophy (A), 2017, 38(2):60-62.)
- [44] 戴明锋, 孟群. 医疗健康大数据挖掘和分析面临的机遇与挑战[J]. 中国卫生信息管理杂志, 2017, 14(2):126-130. (Dai Mingfeng, Meng Qun. Opportunities and challenges in data mining and data analysis of health care big data [J]. Chinese Journal of Health Informatics and Management, 2017, 14(2):126-130.)

马费成 武汉大学信息管理学院教授、信息资源研究中心首席科学家, 教授, 博士生导师。湖北 武汉 430072。

周利琴 武汉大学信息管理学院博士研究生。湖北 武汉 430072。

(收稿日期: 2018-08-09)