

数据可视化分析软件CiteSpace在自测健康研究中的应用

刘凯¹, 许军¹, 夏旭²

1. 南方医科大学南方医院卫生经济管理科, 广东 广州 510515; 2. 南方医科大学图书馆, 广东 广州 510515

【摘要】目的:以自测健康研究为对象,利用数据可视化分析软件CiteSpace构建科学知识图谱,探讨该领域的研究热点及科学合作模式等内在规律。**方法:**在Web of Science数据库中检索1996~2015年发表的自测健康研究相关文献数据,使用CiteSpace软件绘制该领域国家(地区)、机构、作者合作图谱及关键词共现图谱,以进行可视化分析。**结果:**在自测健康研究领域,研究力量主要集中在欧美等发达国家,各国总体合作情况较好;科研机构众多,以高等学校为主,机构之间的合作联系比较密切;主要代表人物有Kawachi I、Subramanian SV、Kivimaki M等,研究方向包括社会资本、社会环境、社会支持、心理疾患、躯体健康与自测健康的关系等,但合作呈碎片化发展;研究热点主要包括死亡率、生活质量、失能/障碍、老年人、抑郁、体育锻炼、冠心病、多层分析、Meta分析、男性等。**结论:**利用CiteSpace软件构建科学知识图谱可以得到研究领域的研究主体及研究热点等,从而可为科技资源的优化配置提供决策依据及促进该领域理论及应用研究的发展。

【关键词】CiteSpace;数据可视化分析软件;科学知识图谱;自测健康

【中图分类号】R-05;R195

【文献标志码】A

【文章编号】1005-202X(2016)12-1291-06

Application of CiteSpace on self-reported health status

LIU Kai¹, XU Jun¹, XIA Xu²

1. Department of Health Economics and Management, Nanfang Hospital, Southern Medical University, Guangzhou 510515, China;
2. Library, Southern Medical University, Guangzhou 510515, China

Abstract: Objective Taking self-reported health status as research subject, the data visualization analysis software, CiteSpace, is used to set up scientific knowledge map and to discuss its inherent laws, such as research hotspots, and scientific cooperation models. **Methods:** The reference data on self-reported health status published from 1996 to 2015 in Web of Science database were retrieved. CiteSpace software was used to draw the maps of domain countries (regions), institutions, keywords co-occurrence, and cooperation map of authors, respectively. And the visualization analysis was performed. **Results:** In the domain of self-reported health status, the research was mainly focus on Europe and America and other developed countries. These countries cooperated well and formed a cooperation network with a large scale. The collages were in a dominant position among the scientific research institutions which had a close cooperation. The representative personages were Kawachi I, Subramanian SV, Kivimaki M and so on. The research directions included the relationship between social capital, social environment, social support, psychological disease, body health and self-reported health status, but the cooperation was fragmented. The research hotspots included death rate, living quality, disability, elder people, depression, physical training, coronary heart disease, multilevel analysis, Meta analysis, male and so on. **Conclusion:** Using CiteSpace software to set up scientific knowledge map can get the research subjects and research hotspots of self-reported health status, so as to offer decision basis for the optimal configuration of scientific resources and to promote the development of theory and application of self-reported health status.

Keywords: CiteSpace; data visualization analysis software; scientific knowledge map; self-reported health status

【收稿日期】2016-09-15

【基金项目】广东省自然科学基金(2015A030313267)

【作者简介】刘凯,男,研究方向:健康评价与健康管理、科技期刊评价, E-mail: victory_liu@163.com

【通信作者】许军,男,研究员,博士生导师,研究方向:健康评价与健康管理、卫生经济学、公共卫生政策与管理, E-mail: drugstat@163.com

前言

生物医学领域数据种类多、数量大、更新快,具备大数据的典型特征。大数据技术与生物医学的融合应用目前已成为国内外众多学者研究的热点。如何在海量数据中找出对我们有价值的信息逐渐成为科学研究的一道难题,故在客观上要求产生一种新型、高效、科学、准确且直观的方法,以从纷繁的前人海量研究数据中找到科研思路、总结出规律、预测该领域的发展前景并以直观的形式展示出来。CiteSpace信息可视化软件是基于 JAVA 语言编写的专门用于探测和监控学科领域发展演进和结构演化的分析工具。其功能强大,融合了多种数学算法、数据信息处理技术和聚类方法等手段,利用引文分析、图论、知识计量等理论,将大量的文献数据按照时间的演进绘制成文献的共被引网络图谱,通过文献节点对应不同年份的不同颜色,形象展示知识领域随时间演进的动态过程,并通过关键节点的概念展示学科领域知识转化和流动的关键路径以及不同聚类文献之间的逻辑关系^[1]。当前 CiteSpace 已经被广泛应用于计算机科学、信息科学及医学等 60 多个领域。

自测健康是由被调查者自己综合躯体、心理、社会功能、角色功能等各方面的情况,对自身健康状况进行总体评价,因此,自测健康是一种反映自身健康状况的综合性极强的健康衡量指标。在目前新的健康观和医学模式下,以自测为主的健康评价已成为国际上比较通用的健康测量方法之一,是传统健康测量方法的较好补充。同时,对自测健康的多项研究也表明自测健康与死亡率、医疗服务利用以及其他如机体功能、躯体疾病、心理及社会健康、社会人口学特征等有着密切的关系^[2-4]。故不论是对医学研究来说,或者是对临床实践来说,自测健康都是一个重要和不可忽视的有用指标,有必要对其进行深入细致的研究。

本研究对 Web of Science(WOS)数据库中检索到的 1996~2015 年发表的自测健康研究的科学文献数据进行整合,从中提取相关要素,运用数据可视化分析软件 CiteSpace 对其进行分析,构建科学知识图谱,探索出该领域的研究热点以及科学合作模式等内在规律,一方面为促进科技资源的优化配置提供决策依据,另一方面也进一步促进自测健康理论依据以及应用推广的发展。

1 概念模型和重要指标计算方式

基于“改变看世界的方式”这一设计理念,

CiteSpace 创造性地将引证分析(历时性)和共引分析(结构性)方法综合起来,创建了从“知识基础”映射到“研究前沿”的概念模型,用时间切片抓拍来显示研究领域的演变,即如果我们把研究前沿定义为一个研究领域的发展状况(如研究思路),那么研究前沿的引文就形成了相应的知识基础。一个研究领域可以被概念化为一个从研究前沿 $\psi(t)$ 到知识基础 $\Omega(t)$ 的时间映射 $\Phi(t)$, 即 $\Phi(t): \psi(t) \rightarrow \Omega(t)$, 其中 $\psi(t) = \{\text{term} | \text{term} \in S_{\text{Title}} \cup S_{\text{Abstract}} \cup S_{\text{descriptor}} \cup S_{\text{identifier}} \wedge \text{IsHotTopic}(\text{term}, t)\}$, $\Omega(t) = \{\text{article} | \text{term} \in \psi(t) \wedge \text{term} \in \text{article}_0 \wedge \text{article}_0 \rightarrow \text{article}\}$, 式中 S_{Title} 表示一系列标题专业术语, $\text{IsHotTopic}(\text{term}, t)$ 表示布尔函数, $\text{article}_0 \rightarrow \text{article}$ 表示 article_0 引用 article ^[5]。

本研究所涉及到的一些主要参数及指标的计算方式包括:(1)网络修剪方法—最小生成树(MST)算法:最小生成树指在一个网络图谱 $G=(V, E)$ 中,任意的顶点 $u, v \in V$, $\omega(u, v)$ 表示边 $(u, v) \in E$ 的权重,若存在一个生成子图 $T=(V, TE)$, $TE \subseteq E$, 且 T 无圈,使得 T 的权重 $\omega(T) = \sum_{(u, v) \in TE} \omega(u, v)$ 最小,则 T 为 G 的最小生成树。构造最小生成树的最常见方法有普里姆算法和克鲁斯卡尔算法;(2)聚类标签提取方法—对数似然(LLR)算法: $\text{LLR} = \log \frac{p(C_j/V_{ij})}{p(\bar{C}_j/V_{ij})}$, 式中 LLR 为词

W 对于类别 C_j 的对数似然比, $p(C_j/V_{ij})$ 和 $p(\bar{C}_j/V_{ij})$ 分别为在类别 C_j 和 \bar{C}_j 中的密度函数;(3)CiteSpace 依据网络结构和聚类的清晰度,提供了模块值(简称 Q 值)和平均轮廓值(简称 S 值)两个指标,作为评判图谱绘制效果的依据。一个网络的 Q 值越大,则表示网络得到的聚类越好。 Q 的取值区间为 $[0, 1]$, $Q > 0.3$ 时就意味着得到的网络社团结构是显著的。 Q 值计算公式如下: $Q = \frac{1}{2m} \sum_{ij} (a_{ij} - p_{ij}) \sigma(C_i, C_j)$, 其中 $A = a_{ij}$ 为实际网络的邻接矩阵; P_{ij} 为零模型中节点 i 与节点 j 之间连线边数的期望值; C_i 和 C_j 分别代表节点 i 和节点 j 在网络中所属的社团。若 i 和 j 属于同一个社团,那么 $\sigma = 1$; 否则 $\sigma = 0$ 。 S 值是用来衡量网络同质性的指标,越接近 1,反映网络的同质性越高; S 值为 0.7 时,聚类结果是具有高信度的; S 值在 0.5 以上,可以认为聚类结果是合理的。 S 值计算公式如下: $S_i = \frac{b(i) - a(i)}{\max\{a(i), b(i)\}}$, 得到 $-1 \leq S \leq 1$ 。其中, a 为点 i 与所在类中其他点的平均距离; b 为点 i 与最接近点 i 所在类中各点的平均距离;(4)中介中心性:其是测度节点在网络中重要性

的一个指标,中介中心性越高,节点的重要性也越大。计算公式如下: $BC_i = \sum_{s \neq i \neq t} \frac{n_{st}^i}{g_{st}}$,式中, g_{st} 为从节点 s 到节点 t 的最短路径数目, n_{st}^i 为从节点 s 到节点 t 的 g_{st} 条最短路径中经过节点 i 的最短路径数目;(5)网络节点的关系强度计算方法—夹角余弦距离(cosine)算法: $\cosine(C_{ij}, S_i, S_j) = \frac{C_{ij}}{\sqrt{S_i S_j}}$,其中 C_{ij} 为 S_i 和 S_j 的共现次数, S_i 为 i 出现的频次, S_j 为 j 出现的频次。

2 数据处理与分析

2.1 数据来源

数据库选择 Web of Science™ 核心合集集中的 SCI-EXPANDED,以检索式:TS=("self rated health") OR TS=("self assessed health") OR TS=("self reported health") OR TS=("self rated fitness") OR TS=("self assessed fitness") OR TS=("self reported fitness") OR TS=("self perceived health") OR TS=("self perceived fitness")进行检索,时间跨度为1996年至2015年,检索语言精炼为“English”,文献类型精炼为“ARTICLE”。本研究共检索到自测健康研究领域相关文献6 960条。

2.2 数据清洗

本研究中发现数据存在同词大小写形式、姓名混淆、数据缺失、数据重复等情况(例如 World Health Organization 与 WHO 等),如果不经清洗就应用软件分析,很容易影响整个分析结果,故利用文本处理软件命令及项目排序、统计进行人工的去重、清洗等工作。

2.3 软件设置与可视化

将检索到的文献数据导入 CiteSpace 后,分析节点类型分别设置为国家、机构、作者、被引作者(知识主体分析)及关键词(研究热点分析),起止时间均设置为1996~2015年,时间分区分别设置为2年、1年、4年、1年、4年,数据筛选分别设置为Top 50、Top 100、Top 100、Top 100、Top 30,图谱修剪均选择最小生成树法,其他默认,然后点击“GO”开始图谱绘制,即可得到自测健康研究领域国家(地区)合作图谱、机构合作图谱、作者合作图谱、作者共被引图谱及关键词共现图谱。

3 结果

3.1 知识主体

3.1.1 国家(地区)合作图谱 自测健康研究领域国家(地区)合作图谱见图1。从发文量这一指标来看,美国以7 924篇的数量遥遥领先于其他国家。从中心

度这一指标来看,美国、英国、埃塞俄比亚、加拿大、荷兰排名前5位(被紫色圈标识),代表这些国家的研究被更多的人所认可,在合作图谱中是关键枢纽。各个国家(地区)之间的合作开展时间主要集中在2004~2005年及2006~2007年,表现为浅绿色和绿色线条明显居多。从全球范围来看,全球性整体合作网络已经形成规模,总体合作情况较好。

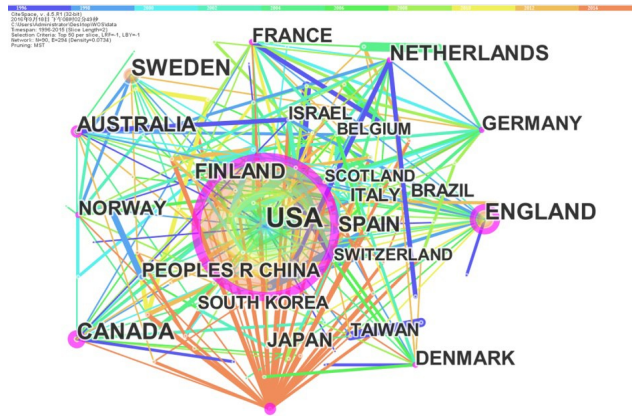


图1 国家(地区)合作图谱
Fig.1 Cooperation map of countries (regions)

3.1.2 机构合作图谱 自测健康研究领域机构合作图谱见图2。自测健康研究领域的科研机构众多,机构之间的合作联系比较密切,合作时间主要集中在1998~1999年及2005~2006年。另外,每一家机构的中心度都为0,表明尚没有一家机构在自测健康研究领域占有举足轻重的地位,各个研究机构在层次上属于齐头并进局面。其中贡献较多的研究机构基本上都是高等学校(包括其附属的公共卫生学院、预防医学研究所及医疗中心等),同时这些科研机构也主要分布在发达国家中,如发文量排名前10名的机构在美国的就有7所。

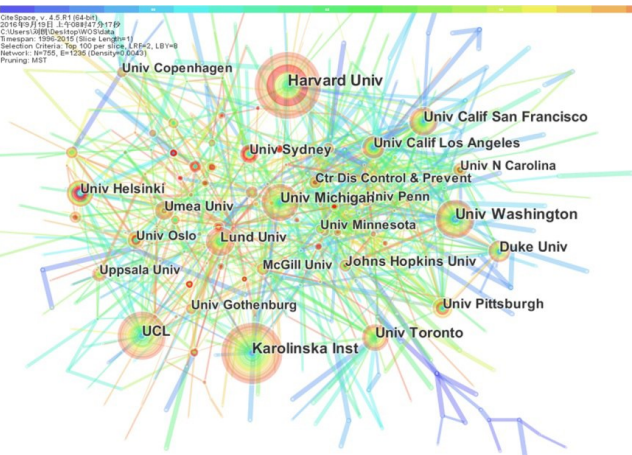


图2 机构合作图谱
Fig.2 Cooperation map of institutions

3.1.3 作者合作图谱 自测健康研究领域作者合作图谱见图3。国际上研究自测健康的学者众多,但之间的连线比较稀少,说明各位学者在研究方向上比较分散,在学术交流和合作上目前还不是很密切。但是在局部也形成了几个以一到两位学者为核心的研究集体,他们的合作时间主要在2004~2008年以及2012~2015年。例如发文量最多的Kawachi I,其于1996~2015年间共发表文章64篇,遥遥领先于其他作者;并且其与同一单位的Subramanian SV有着紧密的合作关系,经常共同署名发表文章。

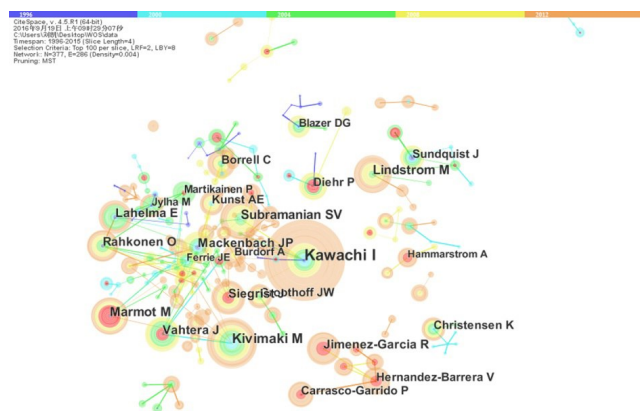


图3 作者合作图谱

Fig.3 Cooperation map of authors

3.1.4 作者共被引图谱 自测健康研究领域作者共被引图谱见图4。自测健康研究领域作者队伍庞大,作者之间共被引情况比较频繁。根据CiteSpace分析结果显示,该研究领域共有55位作者的被引次数大于100,其中6位作者的被引次数超过500,Idler EL以被引频次2 193、中心度0.48跃居榜首。这些高被引作者提供了高质量的科研文献,他们形成了研究领域的核心作者群。

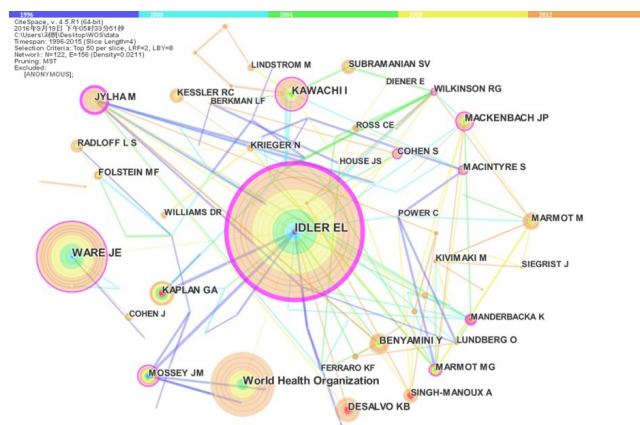


图4 作者共被引图谱

Fig.4 Co-citation map of authors

3.2 研究热点

自测健康研究领域关键词共现图谱见图5。从频次排序上来看,死亡率和生活质量是自测健康研究最为关注的指标,研究对象主要是老年人、抑郁患者,风险因素分析是自测健康的主要关注项目。从中心度来看,“体育锻炼”一词的出现表明自测健康研究开始就生理机能的正向积极转变对自测健康的心理状态、社会状况等的有利效应进行研究。另外,冠心病患者也进入了自测健康研究人员的视线内。从突变强度来看,存活者成为自测健康研究发展中的新研究对象;多层分析、Meta分析等手段成为自测健康研究的主要方法;针对男性的自测健康状况研究也成为近年热点。

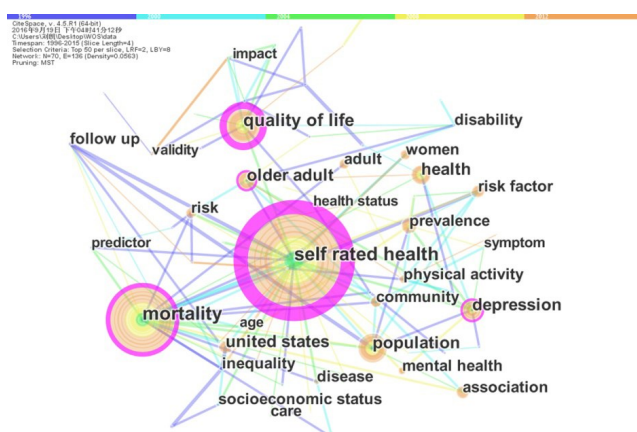


图5 关键词共现图谱

Fig.5 Keywords co-occurrence map

4 讨论

4.1 科技文本数据挖掘及可视化的意义

在当今的信息化社会,因缺少有效手段来分析大量数据使得人类对数据信息的有效利用率很低,这种现象已经成为科学研究的一道不可忽视的障碍^[6]。医学信息资源呈现庞杂、更新迅速的特点:一方面,现代医学经历了几百年的临床实践和基础医学研究,已经积累了海量的数据资源,医学文献数量约占全部科技文献总量的1/5至1/4^[7-8];另一方面医学文献的寿命最短、更新迅速,半衰期仅为3.5年^[9]。面对这些迅速海量增长的医学文献数据,通过传统手工检索的方法已经无法准确及时地捕捉到学科发展的脉动,难以解决文献数据中存在的“结构”类问题,如大规模文献数据中复杂的作者、机构合作关系及研究主题的结构及演化以及研究领域潜在的发展趋势等问题。如何从纷繁的前人海量研究数据中找到科

研思路、总结出规律、预测该领域的发展前景并以直观的形式展示出来等问题急待每一个科研工作者去解决。

科学知识图谱的手段是通过对某学科领域在特定时间段内发表的学术论文或者专著的作者、题名、关键词、作者机构等信息进行共被引分析,并对共被引分析的结果应用主成分分析、聚类分析等多元分析手段^[1],得出学科领域内在特定时期内形成的以作者、文献、期刊、机构等为节点的图谱,具有相似特征的节点在图谱中聚成一类,从直观上展现给研究者此学科领域的框架结构和发展脉络,特别是研究热点和前沿领域。科学知识图谱的学科背景较为复杂,它融合了信息科学、应用数学、计算机科学、科学计量学等学科的理论与实践,并利用引文分析和信息可视化分析系统,用以描述知识资源和知识载体,从而挖掘、分析、构建、绘制和显示知识之间的相互联系^[10]。陈悦等^[11]认为科学知识图谱的出现,一方面是揭示科学知识及其活动规律的科学计量学从数学表达转向图形表达的产物,另一方面又是显示科学知识地理分布的知识地图转向以图像展现知识结构关系与演进规律的结果。

科学知识图谱在医学领域的应用近几年逐渐开始有报道。国外有 Chen 等^[12]报道的“用知识图谱方法分析再生医学 2000~2011 年的知识结构和研究新趋势”一文,并在论文突显性图谱网络发现了日本学者 Yamanaka 的贡献突出(Yamanaka 也凭借突出贡献论文夺得 2012 年诺贝尔奖);有 Somekh 等^[13]用图谱知识分析并发现 mRNA 转录周期差距并建立系统生物学概念模型。国内有 Zhang 等^[14]运用共词分析和社会网络分析方法对病人治疗依从性研究的知识结构进行了知识图谱分析,以及马费成等^[15]以生物医学研究领域为对象,通过可视化分析研究了该学科的知识网络特征。

用 Java 语言开发的、基于引文分析理论的信息可视化分析软件 CiteSpace,其突出特征在于把一个知识领域浩如烟海的文献数据,以一种多元、分时、动态的引文分析可视化语言,通过巧妙的空间布局,将该领域的演进历程集中展现在一幅引文网络的知识图谱上;并把图谱上作为知识基础的引文节点文献和共引聚类所表征的研究前沿自动标识出来,显示出图谱本身的可解读性^[16]。这两大基本特征可以概括为“一图展春秋,一览无遗;一图胜万言,一目了然”。杨淑萍等^[17]运用 CiteSpace 聚类图谱分析揭示了当下美国儿童心理研究领域 8 个主流研究团队,这

些研究团队从儿童护理、家庭教养和社会发展等方面进行了相关研究。张明华等^[18]通过可视化分析揭示了认知神经科学领域的知识基础与研究热点。侯海燕等^[19]利用 CiteSpace 软件分析后认为 21 世纪后国际科学学的研究热点领域已经由科技政策与管理过渡到网络、信息计量学以及科学知识图谱可视化。总之,CiteSpace 能够有效地帮助人们更好的理解所从事的研究领域,它既能展示某个研究领域的整体状况,也能够突出显示那些在该领域发展历程中的一些特定重要文献。

4.2 CiteSpace 在自测健康研究中的应用

4.2.1 知识主体分析 在自测健康研究领域,排名前 10 位国家主要集中在欧美等发达国家,其中美国、英国、加拿大、澳大利亚、荷兰、挪威、丹麦整体实力较强,这些国家是自测健康研究领域的主要研究力量;同时各国整体合作网络已经形成规模,总体合作情况较好。国外自测健康研究领域的科研机构众多,以高等学校为主,机构之间合作联系比较密切;区域性合作集中在以美国为主的区域内。作者合作图谱中得到发文量排名靠前的作者及其研究方向(主要代表人物有 Kawachi I、Subramanian SV、Kivimaki M 等,研究方向包括社会资本、社会环境、社会支持、心理疾患、躯体健康与自测健康的关系等),他们以不同的研究背景,分别从不同的角度对自测健康进行了科学研究,但受到研究背景不同、研究学科种类多样和学科精细划分的影响,合作呈碎片化发展。作者共被引图谱中得到被引频次高的被引作者(包括 Idler EL、Jylha M、Manderbacka K),形成了 9 个合作团队。上述这些作者是高质量论文的保证,也形成了自测健康研究领域的高产作者群。

4.2.2 研究热点分析 本研究依据关键词的频次、中心度、突变强度等指标,发现国外自测健康研究热点主要包括以下内容:死亡率、生活质量、人群、发生率、失能/障碍、美国、老年人、抑郁、风险因素、体育锻炼、冠心病、存活、多层分析、Meta 分析、Whitehall ii 研究、SF-36、发病率、男性、初级保健等等。结合文献复习,将这些关键词进行组合分析,得出以下几个自测健康研究热点:死亡与自测健康的关系;生活质量与自测健康的关系;心理因素与自测健康的关系;生理疾患与自测健康的关系;人口社会经济特征(年龄、性别、工作状况、生活方式、社会经济地位)与自测健康的关系。

总之,应用数据可视化分析软件 CiteSpace 对自测健康进行分析研究,具有重要的学术价值与现实

意义:(1)可以展现当代国际上自测健康研究前沿的发展态势、重点研究方向以及国际科学合作状况等,从而辅助自测健康领域的研究人员分析本学科前沿及研究方向、选择前沿的科研课题、预见学科发展态势并选择合适的国际合作伙伴,这对于推动自测健康学科领域的发展具有重要的学术价值;(2)通过把握当代自测健康前沿领域的发展态势、追踪国际科技前沿,从而为科技部门、企业、高校、科研机构的科技项目选择、重大科技计划实施、科研经费合理分配、前沿科学技术的具体部署与项目选择等方面的工作提出科学、客观、可供参考的依据,这对于增强国家的科技创新能力和国际竞争力具有重要的辅助决策意义。

【参考文献】

- [1] 侯剑华. 工商管理学科主干理论的演进[D]. 大连: 大连理工大学, 2008.
HOU J H. Visualizing the evolution of main theories in business management[D]. Dalian: Dalian University of Technology, 2008.
- [2] ROSEN R C, CONTRADA R J, GORKIN L, et al. Determinants of perceived health in patients with left ventricular dysfunction: a structural modeling analysis [J]. *Psychosom Med*, 2015, 59(2): 193-200.
- [3] XU J, QIU J C, CHEN J, et al. Lifestyle and health-related quality of life: a cross-sectional study among civil servants in China [J]. *BMC Public Health*, 2012, 12: 330.
- [4] VIRTANEN M, FERRIE J E, SINGH-MANOUX A, et al. Long working hours and symptoms of anxiety and depression: a 5-year follow-up of the Whitehall II study [J]. *Psychol Med*, 2011, 41 (12): 2485-2494.
- [5] CHEN C M. CiteSpace II: detecting and visualizing emerging trends and transient patterns in scientific literature [J]. *JASIST*, 2006, 57(3): 359-377.
- [6] O'DRISCOLL A, DAUGELAITE J, SLEATOR R D. 'Big data', Hadoop and cloud computing in genomics [J]. *J Biomed Inform*, 2013, 46(5): 774-781.
- [7] YOUNG SD. A "big data" approach to HIV epidemiology and prevention [J]. *Prev Med*, 2015, 70: 17-18.
- [8] GOOSSENS K, VAN UYTFANGHE K, TWOMEY P J, et al. Monitoring laboratory data across manufacturers and laboratories--a prerequisite to make "Big Data" work [J]. *Clin Chim Acta*, 2015, 445: 12-18.
- [9] RAMOS-CASALS M, BRITO-ZERÓN P, KOSTOV B, et al. Google-driven search for big data in autoimmune geoepidemiology: analysis of 394 827 patients with systemic autoimmune diseases [J]. *Autoimmun Rev*, 2015, 14(8): 670-679.
- [10] CHEN C M, LEYDESDORFF L. Patterns of connections and movements in dual-map overlays: a new method of publication portfolio analysis [J]. *JASIST*, 2014, 65(2): 334-351.
- [11] 陈悦, 刘则渊, 陈劲, 等. 科学知识图谱的发展历程 [J]. *科学学研究*, 2008, 26(3): 449-460.
CHEN Y, LIU Z Y, CHEN J, et al. History and theory of mapping knowledge domains [J]. *Studies in Science of Science*, 2008, 26 (3): 449-460.
- [12] CHEN C M, HU Z G, LIU S B, et al. Emerging trends in regenerative medicine: a scientometric analysis in CiteSpace [J]. *Expert Opin Biol Ther*, 2012, 12(5): 593-608.
- [13] SOMEKH J, CHODER M, DORI D. Conceptual model-based systems biology: mapping knowledge and discovering gaps in the mRNA transcription cycle [J]. *PLoS One*, 2012, 7(12): e51430.
- [14] ZHANG J, XIE J, HOU W L, et al. Mapping the knowledge structure of research on patient adherence: knowledge domain visualization based Co-Word analysis and social network analysis [J]. *PLoS One*, 2012, 7(4): e34497.
- [15] 马费成, 陈潇俊, 刘向. 基于科学知识图谱分析的知识演化研究--以生物医学为例 [J]. *情报科学*, 2012, 30(1): 1-7.
MA F C, CHEN X J, LIU X. Study on the knowledge evolution based on mapping scientific domain--a case of the biomedicine field [J]. *Information Science*, 2012, 30(1): 1-7.
- [16] CHEN C M, IBEKWE-SAN JUAN F, HOU J H. The structure and dynamics of co-citation clusters: a multiple-perspective co-citation analysis [J]. *JASIST*, 2010, 61(7): 1386-1409.
- [17] 杨淑萍, 邱燕鸣, 魏新岗, 等. 当前美国儿童心理研究领域的主要代表人物与学术团体——基于美国 Child Development 杂志的可视化探析 [J]. *学前教育研究*, 2013(1): 38-43.
YANG S P, DI Y M, WEI X G, et al. Visualizing analysis on the representative thoughts of children psychology research field in the United States [J]. *Studies In Preschool Education*, 2013(1): 38-43.
- [18] 张明华, 雷二庆. 基于知识图谱的认知神经科学前沿与演化研究 [J]. *军事医学科学院院刊*, 2010, 34(1): 71-75.
ZHANG M H, LEI E Q. Frontier and evolution of cognitive neuroscience based on knowledge map analysis [J]. *Bulletin of the Academy of Military Medical Sciences*, 2010, 34(1): 71-75.
- [19] 候海燕, 刘则渊, 陈悦, 等. 当代国际科学学研究热点演进趋势知识图谱 [J]. *科研管理*, 2006, 27(3): 90-96.
HOU H Y, LIU Z Y, CHEN Y, et al. Mapping of science studies: the trend of research fronts [J]. *Science Research Management*, 2006, 27(3): 90-96.

(编辑: 黄开颜)