

基于知识图谱和综合征的科学环境知识挖掘 ——以民勤荒漠化为例^①

孙强强, 姜宛贝, 孙丹峰

(中国农业大学土地科学与技术学院 北京 100193)

摘要: 科学环境知识是实现区域土地可持续利用和管理的依据。民勤作为典型的荒漠化区域,对其荒漠化的发展过程及机制等科学环境知识的认识有助于指导干旱区土地荒漠化的防治。因此基于知识图谱方法结合传统的文献综述方法,挖掘民勤科学环境知识并运用综合征框架进行知识组织管理。研究发现,常兆丰等、肖笃宁等、颀耀文等、康绍忠等、孙丹峰等、冯起等几个较成熟的团队在民勤进行了大量且较为成熟可信的研究,是本文获取科学环境知识的基础;民勤土地荒漠化研究主要集中于土地利用/覆被、荒漠化监测、景观格局变化、水资源利用及监测、荒漠植被演化和保护、环境变化及沙尘暴以及气候和人类活动的驱动5个相互联系耦合的热点方面;近60 a民勤土地荒漠化主要分为1949—1998年和1998—2010年主要的两个阶段,1949—1998年呈现耕地增长和荒漠化加剧的恶性循环过程,1998—2010年呈现荒漠化减弱以及地下水位下降的减缓,但仍表现为耕地的增长和自然植被的减少过程;并以民勤荒漠化的发展过程及机制为基础建立了综合征框架——民勤土地荒漠化是一个人类和自然综合作用下,土地利用/覆被、水资源、植被以及区域环境之间相互联系、相互影响的过程;科学环境知识综合征框架的挖掘集成可为后期系统建模与情景分析提供支持,为后续政策响应和措施制订提供参考。

关键词: 科学环境知识; 挖掘; 知识图谱; 综合征; 民勤

中图分类号: P941 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-6060(2018)02-0426-09(0426~0434)

DOI:10.13826/j.cnki.cn65-1103/x.2018.02.025

干旱区土地退化(荒漠化)对粮食安全和环境质量有着重要影响,是当前全球所面临的重要环境问题之一^[1]。联合国防治荒漠化公约(UNCCD)确立了于2030年实现全球土地退化零增长(Zero Net Land Degradation, ZNLD)的目标^[2],但是区域系统的复杂性和地域性是实现土地退化零增长所面临的巨大挑战^[3-5]。而研究当地土地退化过程,驱动因素及其互动(农户、政府、自然)等综合的科学环境知识有助于实现区域土地可持续管理^[6]。

尽管近10 a学者相继提出了人地系统耦合分析框架——干旱区发展模式(Drylands Development Paradigm, DDP)^[5],脆弱性框架(Vulnerability Framework)^[7]和社会-生态系统(Social-Ecological Systems, SESs)^[8]等,但各学科知识的集成是一个巨大的挑战。综合征(Syndromes)通过典型的、动态的、协同进化的人类与自然相互作用模式来综合描

述和评价变化过程的手段^[9],能够为分散的学科和不同的过程提供组织框架,是集成描述科学环境知识最有利方法之一^[10]。

前人就土地荒漠化进行了大量的实地实证研究,这些研究中包含了大量的科学环境知识。相比于传统的文献综述方法,知识图谱(Knowledge Mapping)结合多学科理论方法,用可视化的图谱展示文献结构和研究热点,可以更直观准确的把握文献的核心以及结构特点^[11-12],降低文献梳理的工作量。但是,知识图谱也有自己的局限性,仅限于文献基本分析^[13],共引分析^[14],共词分析^[15],以及研究流派分类^[16]等文献分析,而对文献进行更深层次的挖掘仍需要结合传统的文献分析方法。

甘肃民勤作为西部绿洲荒漠典型代表,其土地荒漠化过程以及治理受到政府和学术界的高度关注,并且在民勤开展了大量的研究。所以,本研

^① 收稿日期: 2017-11-04; 修订日期: 2018-02-03

基金项目: 国家自然科学基金项目(41071146, A1130526); 土地勘测规划院项目(2017101109125)

作者简介: 孙强强,男,博士生,主要从事土地利用/覆被遥感应用研究。E-mail: qiangsun@cau.edu.cn

通讯作者: 孙丹峰,男,博士,教授,主要从事资源环境信息技术与土地利用/覆被研究。E-mail: sundf@cau.edu.cn

究以近 60 a 左右的甘肃民勤土地荒漠化研究文献为基础,运用 CiteSpaceIII 软件^[17]进行知识图谱分析,并结合传统的文献综述方法,挖掘民勤环境知识,采用退化综合征框架集成科学环境知识,为石羊河综合治理后期(2015—2020 年)决策服务提供参考。

1 研究方法

1.1 数据的获取

在中国知网(China National Knowledge Internet, CNKI)中的中国学术期刊网络出版总库中,以“主题 = 民勤或者主题 = 民勤绿洲并且主题 = 荒漠化或者主题 = 退化(精确匹配)”作为检索条件,1996—2016 年共获取 227 篇文献,经过逐篇整理,剔除报道、会议征稿等不符合要求的文献,选择其中的 129 篇作为分析研究对象。在 Web Of Science(WOS)选择其核心合集数据库,以“主题 = Minqin and 主题 = Desertification”为检索式,发现文献数量偏少,再次以“主题 = Minqin”为检索式。并获得 1996—2016 年 175 篇文献,逐篇整理并剔除不符合本研究所需的文献,得到 73 篇符合要求的文献。

1.2 研究方法

分别从 CNKI 和 WOS 中导出符合要求的文献,导出内容包括:作者、标题、来源出版物、关键词、作

者单位等信息。格式转换后导入到 CiteSpaceIII 软件,对作者合作网络、单位合作网络、关键词网络及其聚类等进行可视化分析。基于 CiteSpaceIII 软件基本可视化分析结果进行研究团队划分,以及运用 CiteSpaceIII 软件中的对数似然比方法(Log-Likelihood Ratio, LLR)^[18]进行聚类得到目前的研究热点。然后根据较成熟团队的研究成果以及研究热点,结合传统的文献综述方法进行科学环境知识的提取和挖掘并集成综合征框架(图 1)。综合征框架可以通过系统过程模型直观地表示状态变量随着时间的变化以及相互作用过程,为荒漠化的过程(多因果关系和累积压力)以及结果的预测提供一个建模范式^[10]。本研究采用民勤综合征假设框架^[19],将得到了民勤土地荒漠化的各阶段过程,关键参数等知识系统集成。

2 结果与分析

2.1 知识图谱分析

2.1.1 文献数量分析 由图 2 可以看出,2000 年以来民勤荒漠化研究成为热点,如果考虑研究的滞后性,文献数量和国家对民勤土地荒漠化的关注度呈现较大相关性(如:2001 年左右国家开始关注民勤荒漠化,2007 年石羊河流域治理开始实施,以及 2010 年末石羊河流域综合治理第一阶段完成)。此外,2013 年后,英文文献数量开始超越中文文献数量,说明对高标准文章的追求逐渐提升,同时也说明国际对民勤乃至中国荒漠化的关注度日益上升。

2.1.2 研究团队划分 基于 CNKI 中文文献和 WOS 英文文献分别分析 1996—2016 年作者合作网络以及单位合作网络,根据结果划分主要的研究团

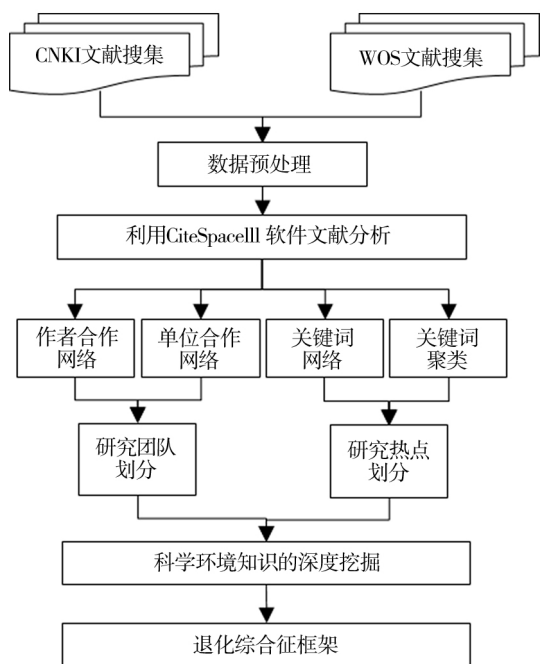


图 1 研究流程图

Fig. 1 Research flow chart

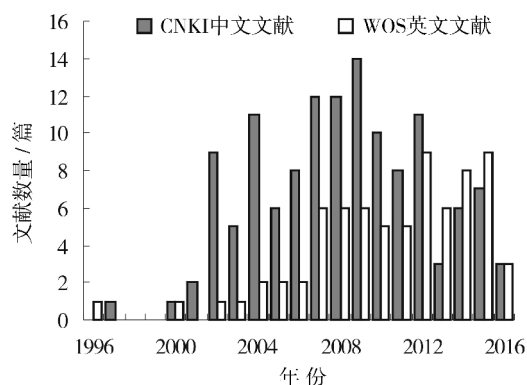


图 2 文献数量分析

Fig. 2 Analysis of literature quantity

队(表1),包括:常兆丰等组成的以研究荒漠植被特征及其变化的研究团队;肖笃宁等组成的致力于地下水利用和景观格局变化的研究团队;颜耀文等组成的进行生态环境演变和绿洲动态监测团队;孙丹峰等组成的土地退化遥感监测评价和驱动力分析的研究团队;康绍忠等组成的进行地下水演变监测的研究团队以及冯起等组成的地下水演化的研究团队。此六个团队具有不同的研究方向及其特点,但均以民勤土地荒漠化为研究载体,在各个方面取得了很多有成效、可信度高的研究成果,为我们科学环

境知识的后续提取奠定了良好的基础。

2.1.3 研究热点划分 对中文文献和英文文献分别进行关键词网络分析,由图3a、3b可以看出,中文文献和英文文献关键词具有较大的差异。中文文献关注较高的关键词依次有土地利用/覆被、水资源、全球变暖、荒漠植被以及景观格局,英文文献关注较高的关键词依次为环境变化、演化、地下水、人类活动以及沙尘暴。

运用对数似然比方法进行关键词聚类分析,如图3c、3d,根据聚类结果进一步合并为五类热点,由

表1 民勤荒漠化研究主要团队

Tab.1 The main research teams of desertification in Minqin

研究团队	主要单位	主要研究内容	文献类型
常兆丰 韩福贵等	甘肃省治沙研究所	荒漠植被的特征、变化和修复,以及气候等因素对荒漠植被的影响;土地利用及荒漠化变化监测	中文
肖笃宁 宋冬梅等	沈阳应用生态研究所 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所	地下水资源、景观格局动态监测,生态安全分析	中文和英文
颜耀文 陈发虎等	兰州大学	生态环境演变和绿洲动态监测	中文和英文
孙丹峰 李保国等	中国农业大学	荒漠化遥感分类评价及人为(农业)驱动因素分析	中文和英文
康绍忠等	中国农业大学	地下水时空分布模拟研究,以及人类对地下水及陆表环境影响	英文
冯起等	中国科学院寒区旱区环境与工程研究所	地下水演化及时空变化,生态安全保障	中文

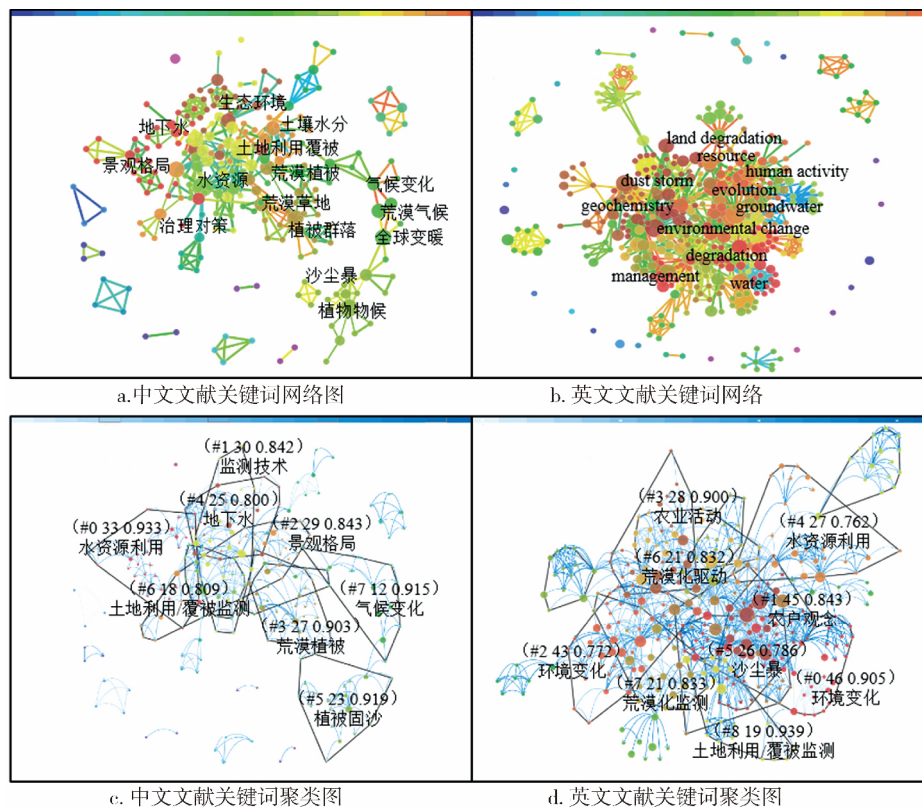


图3 文献关键词网络及聚类图

Fig.3 Keywords network and clustering graphs

注: 关键词聚类标注为“ID Size Silhouette”聚类结果(ID 为聚类编号; Size 为聚类规模; Silhouette 为聚类相性)

表 2 看出,中文文献和英文文献关注点有较大的差异,中文较为关注土地荒漠化以及土地利用/覆被的遥感监测和荒漠植被变化,英文文献较为关注土地荒漠化的驱动因素(气候、社会经济、农户观念行为等)以及沙尘暴等环境变化,此现象可以指导我们在不同研究热点选择不同类型的文献进行分析挖掘。

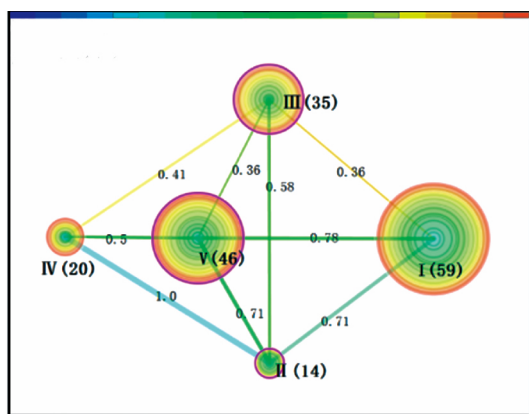
图 4 显示,五类热点之间存在一定的相互关系,说明这五类热点并不是相互独立的,而是相互联系、相互影响、动态耦合的。此外,当地荒漠化治理实践也是主要的一部分,但由于这部分文献主要出现于 2007 年之后,而且研究较为初步,所以没有出现在

聚类中,在后面的知识挖掘中也会适当的融入这一部分。

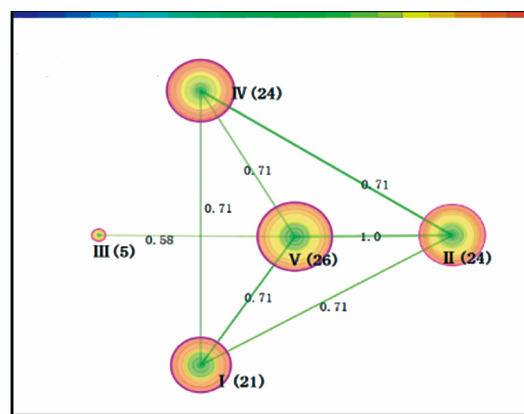
表 2 研究热点

Tab. 2 Research hotspots

类别	解释	聚类编号	
		中文热点聚类	英文热点聚类
I	土地利用/覆被,荒漠化监测,景观格局变化	#1 #2 #6	#7 #8
II	水资源利用及监测	#0 #4	#2 #4
III	荒漠植被演化和保护	#4 #6	-
IV	环境变化及沙尘暴	-	#0 #5
V	气候和人类活动的驱动	#7	#1 #3 #6



a. 中文文献热点网络



b. 英文文献热点网络

图 4 文献热点网络图

Fig. 4 Literature hotspot network graphs

注: I 为土地利用/覆被,荒漠化监测,景观格局变化; II 为水资源利用及监测; III 为荒漠植被演化和保护; IV 为环境变化及沙尘暴; V 为气候和人类活动的驱动

2.2 科学环境知识挖掘和综合征梳理

为了科学环境知识挖掘的方便性和准确性,通过文献的判读,考虑文献滞后性(目前文献研究时间点多为 2010 年左右)根据民勤土地荒漠化发展以及其主导因素大致分为三个阶段,分别为: 1949 年之前的自然因素主导下以农业生产为主的灌溉绿洲逐渐代替了自然绿洲过程^[20-21]; 1949—1998 年的耕地扩张和荒漠化加剧的恶性循环阶段; 1998—2010 年为区域荒漠化治理阶段。根据文献分析 1949—1998 年和 1998—2010 年两阶段民勤五个热点方面的科学环境知识,并以此为基础构建综合征框架(图 5)。

2.2.1 1949—1998 年 1949 年以来,随着中上游地区灌溉面积和工业的持续发展^[22],1956 年到 19 世纪末,在出山口径流量未显著减少的情况下,下游

红崖山水库的入库量减少了 63.1%^[23]。为了满足日益增加的农业活动,取而代之的是使用地下水进行农业生产^[24],导致地下水水位持续下降^[25-26]和水质的恶化^[27-28]。农业活动导致地表径流大幅减少、地下水超采,使地下水水位急剧下降,成为植被退化^[29-32]和土地荒漠化加剧^[33-35]的最直接的根源^[29,36-38]。此外,为了提高经济效益,民勤不断开垦耕地,而耕地增加又会导致地下水下降、林地减少^[33-34]、荒漠化加剧以及景观的多样性呈现下降趋势^[39],形成恶性循环的过程。全球气候的变化、大风日数降低导致此阶段沙尘暴次数呈下降趋势^[40-41]。总体上来看,在此阶段先由政府政策对土地荒漠化的防治(主要集中于沙化的工程防治),农户行为也没有得到限制,在社会经济利益驱动下,民勤土地荒漠化呈现恶性循环的过程。

2.2.2 1998—2010 年 1998 年国家开始实施退耕还林政策,2002 年以后民勤土地荒漠化治理进入新的阶段,国家开始关注民勤土地荒漠化问题,制定了区域水资源调控以及跨流域调水确保民勤农业收益和生态用水,推广应用集约农业技术(日光温室和养殖暖棚)、水土保持措施以及节水灌溉技术^[50],政策对绿洲生态系统的影响至关重要^[51]。此阶段前期(2002—2007 年)民勤绿洲的地下水埋深逐渐增大、地下水水质也不断恶化^[52],但 2007 年之后,由于上游来水增加,地下水下降趋势和矿化度上升趋势逐渐减轻^[53]。同时,此阶段荒漠化土地面积总体呈缓慢减少趋势,同时荒漠化程度也趋于减轻态势,荒漠化发展得到了初步遏制^[54]。此阶段,民勤以局地性沙尘暴为主,年际变化呈现明显减少的趋势。农田防护林以及绿洲边缘的防护措施在沙尘暴减弱方面具有很大作用^[55]。可行性较好且具有较好效果的荒漠植被恢复方法有封育保护和破坏土壤结皮。节水农业发展是根本,近些年以来,国家及地方政府实施的关井压田、水权分配、转变经济发展方式等一系列综合措施也在不断改善区域的环境和农业生产技术及结构,民勤农民在耕地上留作物残茬、塑料薄膜覆盖以及免耕等农业行为可以降低土壤风蚀风险^[45-46]。但是农业收益的提高会刺激农户加大农业种植规模,所以此阶段耕地仍呈现上升趋势,占用了大量的林草地,导致林地持续下降^[56]和景观多样性的下降^[57],考虑到不断增加耕地的灌溉需求,生态用水很难达到其需水量。因此,2007 年植被仍

然在持续退化,植物种类的降低,面积减少与植物死亡,优势种的优势度增大。

总的来说,在此阶段,虽然民勤的土地荒漠化程度呈现下降的趋势,但由于耕地面积的增加导致民勤土地荒漠化的风险不降反升,而且农业用水占用生态用水,使得民勤自然植被的恢复面临较大的困难,但是,环境友好型农业技术和生产措施的运用在一定程度上也会减缓了该区域土地退化的风险。

2.2.3 综合征框架 根据以上科学环境知识挖掘,本研究在民勤综合征假设框架基础上进一步梳理并简化,得到文献研究期间民勤土地退化综合征框架(图 5)。民勤的土地荒漠化过程在于人类活动占主导的人与自然相互作用导致的一系列土地生物物理退化过程和人类福祉的降低,地表水资源的减少以及地下水埋深的下降是主导民勤生物物理过程变化的直接因素,政府和农户之间互动形成的耕地面积上升不但会间接影响当地水资源从而导致生物物理退化,也会直接影响土地生物物理过程,政府和农户互动形成的环境友好型农业技术和生产措施可以降低土地退化的风险;土地生物物理的退化也反馈于当地人类,激发或者遏制当地农业活动。

民勤实现区域土地可持续管理的关键在于找到土地生物物理的恢复和对人类福祉的追求平衡点,在不破坏当地生态环境的基础上进行农业生产等活动。当前,民勤荒漠化形势已趋于好转,地下水水位和水质下降速率也得到遏制,但是增长的耕地占用生态用水以及破坏林草地是目前民勤生态退化所面

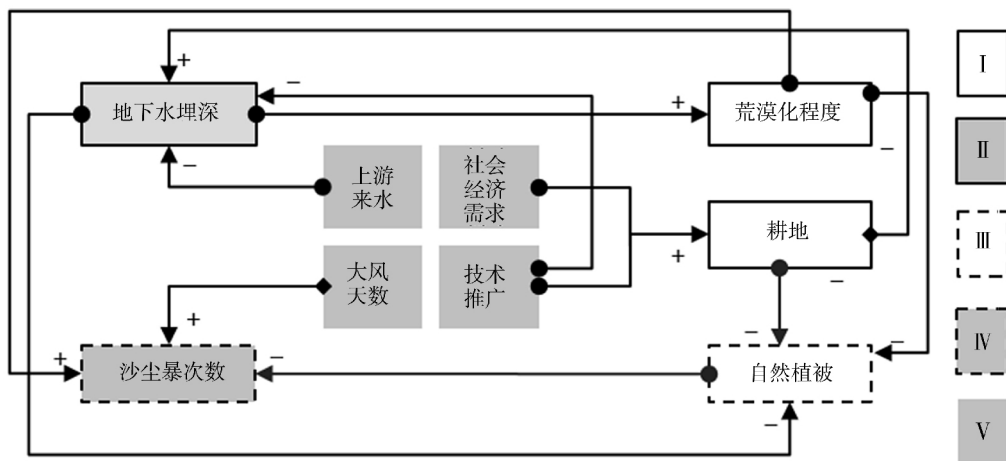


图 5 综合征框架

Fig. 5 Syndrome framework

注: + 为正反馈, - 为负反馈; I 为土地利用/覆被, 荒漠化监测, 景观格局变化; II 为水资源利用及监测; III 为荒漠植被演化和保护; IV 为环境变化及沙尘暴; V 为气候和人类活动的驱动

临的主要风险。民勤在短期内压减耕地可能性不大,要降低耕地占用林草地带来的退化风险,就必须进一步提高环境友好型农业技术的推广力度,加快经济结构调整从而摆脱对农业的依赖,加快水权建设,以及林地和草地的确权 and 生态补偿机制以确保林草地得到当地农户的保护。

就民勤荒漠化研究来说,对环境知识的监测获取方法内容多样,尽管结果之间可以直观比较,但无法进行变化特征量化,孙丹峰等人建立的基于稳定物理端元空间的土地利用/覆被分类和退化监测,可提供景观尺度上的时间序列量化比较^[58-59]。其次对土地退化的自然和社会过程综合研究缺乏,尤其缺乏人地耦合系统生态修复完整性和关键生态属性(土壤、植被、水、盐等)长期系统性监测与研究。此外,本文所采用的 CNKI 和 WOS 文献资源虽然可以同时挖掘科学环境知识,但同时对于当地农户和政府等非结构性知识的挖掘具有局限性,需要在后续工作中进一步的挖掘梳理。

3 结论

本文以民勤土地荒漠化为研究内容,运用 CiteSpaceIII 软件进行知识图谱分析,并结合传统的文献综述方法,挖掘民勤科学环境知识并总结退化综合征框架,得到以下结论:

(1) 常兆丰等、肖笃宁等、颜耀文等、康绍忠等、孙丹峰等、冯起等几个团队就民勤土地荒漠进行了大量成熟的研究,取得很多可信度较高的研究成果,是本文获取科学环境知识的主要基础所在。

(2) 运用知识图谱理论方法可以清晰的分析出民勤土地荒漠化研究的主要热点以及它们相互联系耦合的方式,体现了土地荒漠化的复杂性。此外,中文文献和英文文献的关注点大体一致,但是也有很大的区别,体现在中文文献主要关注荒漠化各个现象的监测,而英文文献更关注荒漠化现象发生的机制。

(3) 民勤土地荒漠化是一个人类和自然综合作用下,土地利用/覆被、水资源、植被以及区域环境之间相互联系、相互影响的过程,主要是由于各个时期气候变化、农业生产活动,以及政府政策的差异性导致了民勤土地荒漠化的过程和机制的不同。一方面呈现耕地增长和荒漠化加剧的恶性循环过程;另一方面呈现荒漠化减弱以及先进科学技术的推广一定

程度导致耕地的增长和自然植被减少的过程。进一步表明目前当地农户严重依赖农业经济和短期经济利益优先的发展目标。

(4) 土地退化综合征框架将挖掘的各相互作用的退化环境知识在不同阶段的参数、作用程度集成,可为后期系统建模与情景分析提供支持,可为后续政策响应和措施制订提供参考。

参考文献(References)

- [1] MEA. Ecosystems and human well-being: Desertification synthesis [R]. Washington, DC: World Resources Institute, 2005.
- [2] UNCCD. Zero net land degradation. A sustainable development goal for Rio + 20 [R]. 2012.
- [3] LIU J G, DIETZ T, CARPENTER S R, et al. Complexity of coupled human and natural systems [J]. *Science*, 2007, 317(5844): 1513-1516.
- [4] GRAINGER A. Is land degradation neutrality feasible in dry areas? [J]. *Journal of Arid Environments*, 2015, 112: 14-24.
- [5] REYNOLDS J F, SMITH D M, LAMBIN E F, et al. Global desertification: Building a science for dryland development [J]. *Science*, 2007, 316(5826): 851-874.
- [6] FLESKENS L, STRINGER L C. Land management and policy response to mitigate desertification and land degradation [J]. *Land Degradation & Development*, 2014, 25(1): 1-4.
- [7] TURNER B L, KASPERSON Roger E, MATSON P A, et al. A framework for vulnerability analysis in sustainability science [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2003, 100(14): 8074-8079.
- [8] OSTROM E A. Diagnostic approach for going beyond panaceas [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2007, 104(39): 15181-15187.
- [9] PETSCHHEL-HELD G, BLOCK A, CASSEL-GINTZ M, et al. Syndromes of global change: A qualitative modelling approach to assist global environmental management [J]. *Environmental Modeling & Assessment*, 1999, 4(4): 295-315.
- [10] REYNOLDS J F, GRAINGER A, SMITH D M S, et al. Scientific concepts for an integrated analysis of desertification [J]. *Land Degradation & Development*, 2011, 22(2): 166-183.
- [11] SHIFFRIN R M, BORNER K. Mapping knowledge domains [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2004, 101(S1): 5183-5185.
- [12] MOYAANEGON F, VARGASQUESADA B, HERREROSOLANA V, et al. A new technique for building maps of large scientific domains based on the co-citation of classes and categories [J]. *Scientometrics*, 2004, 61(1): 129-145.
- [13] 汤建民. 国内教育学科论文合著情况研究—1998-2007 CSSCI 文献计量和作者合作图谱分析 [J]. *浙江树人大学学报: 人文社会科学版*, 2010, 10(5): 55-60. [TANG Jianmin. Thesis collaboration situation for national pedagogical studies for recent ten years: Based on cssci data from 1998 to 2007 and a spectrogram a-

- analysis of collaboration among authors [J]. Journal of Zhejiang Shuren University 2010 ,10(5) : 55 - 60.]
- [14] 秦长江. 基于期刊共引分析法的学科关系知识图谱的实证研究[J]. 现代情报 ,2010 ,30(5) : 9 - 11. [QIN Changjiang. The empirical research of the knowledge domains map between subject relationship based on journal co-citation analysis method [J]. Journal of Modern Information 2010 ,30(5) : 9 - 11.]
- [15] 姜春林, 杜维滨, 李江波. 经济学研究热点领域知识图谱: 共词分析视角[J]. 情报杂志 ,2008 ,27(9) : 78 - 80. [JIANG Chunlin ,DU Weibin ,LI Jiangbo. Economy papers map of co-occurrence analysis based on CSSCI [J]. Journal of Information 2008 ,27(9) : 78 - 80.]
- [16] 刘旭, 侯海燕, 杨虹. 基于作者共被引分析的国外知识管理领域流派研究[J]. 图书馆学研究 ,2010 ,(1) : 14 - 18. [LIU Xu , HOU Haiyan ,YANG Hong. Research on the foreign knowledge management field based on the author co-citation analysis [J]. Researches in Library Science 2010 ,(1) : 14 - 18.]
- [17] CHEN C M. Searching for intellectual turning points: Progressive knowledge domain visualization [J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America ,2004 ,101 (SI) : 5303 - 5310.
- [18] DUNNING T. Accurate methods for the statistics of surprise and coincidence [J]. Computational Linguistics ,1993 ,19(1) : 61 - 74.
- [19] SUN D F. Detection of dryland degradation using landsat spectral unmixing remote sensing with syndrome concept in Minqin County ,China [J]. International Journal of Applied Earth Observation & Geoinformation 2015 ,41: 34 - 45.
- [20] 颜耀文, 陈发虎, 王乃昂. 近 2000 年来甘肃民勤盆地绿洲的空间变化[J]. 地理学报 ,2004 ,59(5) : 662 - 670. [XIE Yaowen , CHEN Fahu ,WANG Naiang. Spatial change of Minqin Oasis in Gansu over the last 2000 years [J]. Acta Geographica Sinica , 2004 ,59(5) : 662 - 670.]
- [21] 颜耀文. 民勤绿洲的开发与演变 [M]. 北京: 科学出版社 , 2008. [XIE Yaowen. The development and evolution of Minqin Oasis [M]. Beijing: Science Press 2008.]
- [22] ZHANG X Y ,WANG X M ,YAN P. Re-evaluating the impacts of human activity and environmental change on desertification in the Minqin Oasis ,China [J]. Environmental Geology ,2008 ,55(4) : 705 - 715.
- [23] 李小玉, 肖笃宁, 石羊河流域中下游绿洲土地利用变化与水资源动态研究[J]. 水科学进展 ,2005 ,16(5) : 643 - 648. [LI Xiaoyu ,XIAO Duning. Dynamics of water resources and land use in oases in middle and lower reaches of Shiyang River Watershed , northwest China [J]. Advances in Water Science ,2005 ,16(5) : 643 - 648.]
- [24] CHENG L ,WANG Y ,QIU G Y. Water and energy consumption by agriculture in the Minqin Oasis region [J]. Journal of Integrative Agriculture 2013 ,12(8) : 1330 - 1340.
- [25] 宋冬梅, 肖笃宁, 张志城, 等. 石羊河下游民勤绿洲生态安全时空变化分析[J]. 中国沙漠 ,2004 ,24(3) : 335 - 342. [SONG Dongmei ,XIAO Duning ,ZHANG Zhicheng ,et al. Change of ecological security of Minqin Oasis in Shiyang River Basin [J]. Journal of Desert Research 2004 ,24(3) : 335 - 342.]
- [26] 丁宏伟, 王贵玲, 黄晓辉. 红崖山水库径流量减少与民勤绿洲水资源危机分析[J]. 中国沙漠 ,2003 ,23(1) : 84 - 89. [DING Hongwei ,WANG Guiling ,HUANG Xiaohui. Runoff reduction into hongyashan reservoir and analysis on water resources crisis of Minqin Oasis [J]. Journal of Desert Research ,2003 ,23(1) : 84 - 89.]
- [27] 赵华, 马金珠, 朱高峰, 等. 甘肃省民勤盆地地下水环境变化及原因探讨[J]. 干旱区研究 ,2004 ,21(3) : 210 - 214. [ZHAO Hua ,MA Jinzhu ,ZHU Gaofeng ,et al. Study on the change of the groundwater environment and its causes in the Minqin Basin ,Gansu Province [J]. Arid Zone Research 2004 ,21(3) : 210 - 214.]
- [28] 李小玉, 宋冬梅, 肖笃宁. 石羊河下游民勤绿洲地下水矿化度的时空变异[J]. 地理学报 ,2005 ,60(2) : 319 - 327. [LI Xiaoyu ,SONG Dongmei ,XIAO Duning. The variability of groundwater mineralization in Minqin Oasis [J]. Acta Geographica Sinica , 2005 ,60(2) : 319 - 327.]
- [29] 彭鸿嘉, 傅伯杰, 陈利顶, 等. 甘肃民勤荒漠区植被演替特征及驱动力研究—以民勤为例[J]. 中国沙漠 ,2004 ,24(5) : 628 - 633. [PENG Hongjia ,FU Bojie ,CHEN Liding ,et al. Study on features of vegetation succession and its driving force in Gansu desert areas [J]. Journal of Desert Research 2004 ,24(5) : 628 - 633.]
- [30] 常兆丰, 刘虎俊, 赵明, 等. 民勤荒漠植被的形成与演替过程及其发展趋势[J]. 干旱区资源与环境 ,2007 ,21(7) : 116 - 124. [CHANG Zhaofeng ,LIU Hujun ,ZHAO Ming ,et al. A primary study on the process of formation and succession of desert vegetation in Minqin [J]. Journal of Arid Land Resources and Environment 2007 ,21(7) : 116 - 124.]
- [31] 常兆丰, 赵明, 仲生年, 等. 民勤沙区植被退化与年际降水量关系的定位研究[J]. 西北植物学报 ,2005 ,25(7) : 1295 - 1302. [CHANG Zhaofeng ,ZHAO Ming ,ZHONG Shengnian ,et al. Position study of the relations between vegetation degeneration and annual rainfall in the sand region of Minqin County [J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica 2005 ,25(7) : 1295 - 1302.]
- [32] 常兆丰, 刘虎俊, 赵明, 等. 民勤荒漠植被退化演替的三个阶段[J]. 中国农学通报 ,2008 ,24(6) : 389 - 395. [CHANG Zhaofeng ,LIU Hujun ,ZHAO Ming ,et al. Three stages of degeneration succession of desert vegetation in Minqin [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin 2008 ,24(6) : 389 - 395.]
- [33] 王建, 李文君, 宋冬梅, 等. 近 30 年来民勤土地荒漠化变化遥感分析[J]. 遥感学报 ,2004 ,8(3) : 282 - 288. [WANG Jian ,LI Wenjun ,SONG Dongmei ,et al. The analysis of land desertification changing of Minqin County in recent 30 years [J]. Journal of Remote Sensing 2004 ,8(3) : 282 - 288.]
- [34] 魏怀东, 高志海, 丁峰. 甘肃省民勤县土地荒漠化动态监测研究[J]. 水土保持学报 ,2004 ,18(2) : 32 - 36. [WEI Huaidong , GAO Zhihai ,DING Feng. Research on desertification dynamic monitor in Minqin County [J]. Journal of Soil and Water Conservation 2004 ,18(2) : 32 - 36.]
- [35] 孙丹峰, 李红. 民勤绿洲荒漠化遥感评价研究[J]. 农业工程学报 ,2002 ,18(6) : 176 - 181. [SUN Danfeng ,LI Hong. Evaluation method on Minqin Oasis desertification with remote sensing [J]. Transactions of the CSAE 2002 ,18(6) : 176 - 181.]

- [36] 孙丹峰. 民勤 1988—1997 年间土地荒漠化社会经济驱动力分析[J]. 农业工程学报, 2005, 21(S1): 131 - 135. [SUN Danfeng. Analysis of socio-economic driving forces on land desertification at Minqin County in Gansu Province in 1988—1997 [J]. Transactions of the CSAE 2005 21(S1): 131 - 135.]
- [37] 李晓琳, 刘晓娜, 孙丹峰. 民勤绿洲农业系统变化的协整分析[J]. 干旱地区农业研究, 2016, 34(1): 279 - 287. [LI Xiaolin, LIU Xiaona, SUN Danfeng. Co-integration analysis of Minqin Oasis agricultural systems[J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2016, 34(1): 279 - 287.]
- [38] SUN D F, DAWSON R, LI Baoguo. Agricultural causes of desertification risk in Minqin, China [J]. Journal of Environmental Management 2006, 79(4): 348 - 356.
- [39] 宋冬梅, 肖笃宁, 张志成, 等. 甘肃民勤绿洲的景观格局变化及驱动力分析[J]. 应用生态学报, 2003, 14(4): 535 - 539. [SONG Dongmei, XIAO Duning, ZHANG Zhicheng, et al. Landscape changes of Minqin Oasis in Gansu Province and its driving force[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2003, 14(4): 535 - 539.]
- [40] 赵明瑞, 闫大同, 李岩瑛, 等. 甘肃民勤 2001—2010 年沙尘暴变化特征及原因分析[J]. 中国沙漠, 2013, 33(4): 1144 - 1149. [ZHAO Mingrui, YAN Datong, LI Yanying, et al. Change characteristics of sandstorm frequency and its causes in 2001—2010 over Minqin, Gansu, China [J]. Journal of Desert Research, 2013, 33(4): 1144 - 1149.]
- [41] ZHANG K C, QU J J, ZU R P, et al. Environmental characteristics of sandstorm of Minqin Oasis in China for recent 50 years [J]. Journal of Environmental Sciences 2005, 17(5): 857 - 860.
- [42] 刘文杰, 苏永中, 杨荣, 等. 民勤地下水水化学特征和矿化度的时空变化[J]. 环境科学, 2009, 30(10): 2911 - 2917. [LIU Wenjie, SU Yongzhong, YANG Rong, et al. Hydrochemical characteristics and spatial-temporal variation of mineralization for the groundwater in Minqin Oasis [J]. Environmental Science 2009, 30(10): 2911 - 2917.]
- [43] 常兆丰, 汪杰, 王耀琳, 等. 民勤绿洲边缘植被恢复与重建初探[J]. 干旱区资源与环境, 2006, 20(2): 171 - 175. [CHANG Zhaofeng, WANG Jie, WANG Yaolin, et al. A study on the rehabilitation of vegetation around Minqin Oasis [J]. Journal of Arid Land Resources and Environment 2006, 20(2): 171 - 175.]
- [44] 常兆丰, 仲生年, 韩福贵, 等. 民勤沙区主要植物群落退化特征及其演替趋势分析[J]. 干旱区研究, 2008, 25(3): 382 - 388. [CHANG Zhaofeng, ZHONG Shengnian, HAN Fugui, et al. Degeneration characteristics and degeneration succession trend of main plant communities in Minqin County [J]. Arid Zone Research 2008, 25(3): 382 - 388.]
- [45] 张勤贤, 石岩, 董平国. 石羊河流域下游民勤水资源可持续利用管理成效与做法[J]. 甘肃水利水电技术, 2016, 52(2): 4 - 5. [ZHANG Qinxian, SHI Yan, DONG Pingguo. Practice and effect of management of sustainable utilization of water resources in the Shiyang River Basin [J]. Gansu Water Conservancy and Hydro-power Technology 2016, 52(2): 4 - 5.]
- [46] 杜娟, 陈英. 基于 PSR 模型的民勤县绿洲——荒漠交错带生态系统健康评价[J]. 水土保持研究, 2016, 23(1): 215 - 220. [DU Juan, CHEN Ying. Ecosystem health evaluation of oasis-desert ecotone in Minqin County based on PSR model [J]. Research of Soil & Water Conservation 2016, 23(1): 215 - 220.]
- [47] 陈丽娟, 冯起, 王昱, 等. 民勤绿洲地下水环境动态研究[J]. 干旱区资源与环境, 2012, 26(7): 8 - 13. [CHEN Lijuan, FENG Qi, WANG Yu, et al. Groundwater environment variation in the Minqin Oasis [J]. Journal of Arid Land Resources and Environment 2012, 26(7): 8 - 13.]
- [48] 魏怀东, 周兰萍, 徐先英, 等. 2003—2008 年甘肃民勤绿洲土地荒漠化动态监测[J]. 干旱区研究, 2011, 28(4): 572 - 579. [WEI Huaidong, ZHOU Lanping, XU Xianying, et al. Monitoring of dynamic change of land desertification in the Minqin Oasis during the period of 2003—2008 [J]. Arid Zone Research, 2011, 28(4): 572 - 579.]
- [49] 陈杰, 杨太保, 何毅. 石羊河下游民勤土地利用及景观格局动态分析[J]. 水土保持研究, 2014, 21(6): 251 - 255. [CHEN Jie, YANG Taibao, HE Yi. Analysis on dynamic characteristics of landscape patterns in Minqin of Shiyang River downstream [J]. Research of Soil and Water Conservation, 2014, 21(6): 251 - 255.]
- [50] 甘肃省水利厅, 甘肃省发展和改革委员会. 石羊河流域重点治理规划 [R]. 兰州, 2007. [PWR, RDC. The key management planning in Shiyang River Basin [R]. Lanzhou 2007.]
- [51] XIE Y W, CHEN F H, QI J G. Past desertification processes of Minqin Oasis in arid China [J]. International Journal of Sustainable Development & World Ecology 2009, 16(4): 417 - 426.
- [52] 马金辉, 韩金华, 张艳林. 近 10 a 来民勤盆地地下水埋深的空间异质性分析[J]. 干旱区地理, 2013, 36(1): 1 - 7. [MA Jinhui, HAN Jinhua, ZHANG Yanlin. Spatial heterogeneity of Minqin Basin's groundwater depth in recent 10 years [J]. Arid Land Geography 2013, 36(1): 1 - 7.]
- [53] CHEN L J, FENG Q. Geostatistical analysis of temporal and spatial variations in groundwater levels and quality in the Minqin Oasis, northwest China [J]. Environmental Earth Sciences 2013, 70(3): 1367 - 1378.
- [54] 陈翔舜, 高斌斌, 王小军, 等. 甘肃省民勤县土地荒漠化现状及动态[J]. 中国沙漠, 2014, 34(4): 970 - 974. [CHEN Xiangshun, GAO Binbin, WANG Xiaojun, et al. Change and status of desertification land in Minqin, Gansu, China [J]. Journal of Desert Research 2014, 34(4): 970 - 974.]
- [55] ZHAO M, ZHAN K J, YANG Z H, et al. Characteristics of the lower layer of sandstorms in the Minqin desert-oasis zone [J]. Science China Earth Sciences 2011, 54(5): 703 - 710.
- [56] 姚爱冬, 曹晓阳, 冯益明. 甘肃省民勤县土地利用/土地覆盖变化遥感分析[J]. 东北林业大学学报, 2014, 42(5): 92 - 96. [YAO Aidong, CAO Xiaoyang, FENG Yiming. Remote sensing on the changes of land use and land cover in Minqin County of Gansu Province [J]. Journal of Northeast Forestry University, 2014, 42(5): 92 - 96.]
- [57] ZHAO M G, ZHAN K J, YANG Z H, et al. Characteristics of the lower layer of sandstorms in the Minqin desert-oasis zone [J]. Science China Earth Science 2011, 54(5): 703 - 710.
- [58] SUN D F, LIU N. Coupling spectral unmixing and multiseasonal re-

- mote sensing for temperate dryland land-use/land-cover mapping in Minqin County ,China [J]. *International Journal of Remote Sensing* 2015 ,36(14) : 3636 - 3658.
- [59] 姜宛贝 ,孙强强 ,曲葳 ,等. 基于多季相光谱混合分解和决策树的干旱区土地利用分类[J]. *农业工程学报* 2016 ,32(19) : 1 - 8.]
8. [JIANG Wanbei ,SUN Qiangqiang ,QU Wei ,et al. Land use classification in arid region based on multi-seasonal linear spectral mixture analysis and decision tree method[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering* ,2016 ,32(19) : 1 - 8.]

Knowledge domain mapping and syndrome based scientific environment knowledge mining: A case study of desertification in Minqin

SUN Qiang-qiang , JIANG Wan-bei , SUN Dan-feng

(*College of Land Science and Technology ,China Agricultural University ,Beijing 100193 ,China*)

Abstract: The scientific environment knowledge is the basis for regional land sustainable utilization and desertification control in the complex and specific human-environment (H-E) system. For a typical desertification region , like Minqin County ,how to understand the scientific environment knowledge about its desertification (e. g. ,the process and mechanism) can help the prevention and cure of the desertification. This study concentrated on the scientific environment knowledge mining about Minqin's desertification based on knowledge domain mapping method together with the traditional literature review method ,and then analyzed the knowledge structure and internal relationships using syndrome framework. The results drew the conclusions as follows: (1) There were a few teams including CHANG Zhaofeng ,et al. ,XIAO Duning ,et al. ,JIE Yaowen ,et al. ,KANG Shaozhong ,et al. ,SUN Dan-feng ,et al. ,FENG Qi ,et al. ,who conducted more reliable researches about Minqin which constituted the base to obtain local and scientific environment knowledge. Those researches mainly focused on 7 interrelated and coupled hotspots ,namely the land use/cover ,the desertification monitoring ,and landscape pattern evolution ,water resources utilization and monitoring ,vegetation evolution and protection ,environment changes and sandstorm and the climate and human activities. (2) The history of land desertification in Minqin in the late 60 years can be divided into two main phases ,phase 1 from 1949 to1998 and phase 2 from 2002 to 2010. In phase 1 it showed a vicious cycle from the growth of cultivated land to the aggravation of desertification ,and in phase 2 it was still in the process where the cultivated land was increased and the natural vegetation was decreased although the desertification subsided and the groundwater recession slowed down. (3) The syndrome framework pointed out that the desertification in Minqin had been a syndrome produced jointed by the human activities and the nature factors which included the land use/cover ,water resources ,vegetation and their interactions. The knowledge mining and the syndrome framework can support the modeling and analysis of the environment scene and provide a reference for the setup of policy and measures in the future.

Key words: scientific environment knowledge; knowledge mining; knowledge domain mapping; syndrome; Minqin