

土地利用多功能性研究进展与展望

刘超, 许月卿*, 孙丕苓, 刘佳

(中国农业大学资源与环境学院, 北京 100193)

摘要:土地利用多功能性研究是土地科学和地理学研究的重要学术命题,对于提高土地利用效率、促进区域可持续发展具有重要的理论和应用价值。本文通过对土地利用多功能性的概念内涵、识别与分类、评价研究等方面的梳理,明晰土地利用多功能性的研究现状。目前,学者对土地利用多功能性内涵特征的认识基本一致;土地利用多功能性的分类标准尚未统一;土地利用多功能性分析框架初步形成,评价指标体系尚不完善,评价方法较单一,应用研究相对薄弱;土地利用多功能性受自然、社会经济及政策等因素共同影响。未来,应构建多学科交叉的土地利用多功能性研究内容框架,完善分类体系,深化评价研究并加强应用研究,从而为开展土地利用规划与土地管理工作提供参考。

关键词:土地利用;多功能性;概念与分类;评价;进展与展望

1 引言

土地作为人类一切社会经济活动的重要载体,对其利用实质上是人类对地球表面的改造行为。土地利用决定着生态系统环境、经济和社会功能的表现,基于土地的生产、基础设施和住房建设等均与土地利用密切相关(Steffen et al, 2007; Bertrand et al, 2008)。土地利用及其变化是全球变化影响生态系统、生物地球化学循环、气候变化和人类脆弱性等问题的主要决定因素之一(Foley et al, 2005; Verburg et al, 2013),关系着人类福祉提高和区域可持续发展,是土地科学研究的重要方向和内容。多功能性概念起源于农业部门,是指同时提供多种产品及对多种需求的满足感,是强化人民生计可持续性的基础(Callo-Concha et al, 2014)。生态系统、农业和景观等领域占据多功能性研究的主导地位(Barbier et al, 2008; Aubry et al, 2012; Mastrangelo

et al, 2014; 彭建等, 2014; 彭建, 吕慧玲等, 2015);而可持续发展理念的提出及应用使得多功能性研究从农业领域扩展到经济、社会、环境和土地利用可持续性影响评估等领域(Kates et al, 2001),极大地丰富了多功能性研究的内涵。

土地利用功能(Land Use Functions, LUFs)是指不同土地利用方式所提供的私人 and 公共的产品与服务,由欧盟第六框架项目“可持续性影响评估:欧洲多功能土地利用的环境、社会、经济效应”(Sustainability Impact Assessment: Tools for Environmental Social and Effects of Multifunctional Land Use in Europe Regions, SENSOR)正式提出(Pérez-Soba et al, 2008)。土地利用功能的多样性,即为土地利用多功能性(Multi-functionality of Land Use),是评价土地利用变化对其功能影响的重要概念和方法体系(甄霖等, 2010),有利于确定和衡量土地多元化利用所提供的人类福祉(赵文武等, 2014)。土地利用

收稿日期:2016-04;修订日期:2016-07。

基金项目:国家自然科学基金项目(41571087, 41171088) [Foundation: National Natural Science Foundation of China, No.41571087, No.41171088]。

作者简介:刘超(1990-),男,河北唐山人,博士研究生,主要从事土地利用与覆被变化、土地利用评价与规划等方面研究,

E-mail: liuchaoznd@163.com。

通讯作者:许月卿(1972-),女,河北定州人,副教授,主要从事土地利用变化与可持续利用、土地资源利用与评价等方面研究,

E-mail: xmoonq@sina.com。

引用格式:刘超,许月卿,孙丕苓,等. 2016. 土地利用多功能性研究进展与展望[J]. 地理科学进展, 35(9): 1087-1099. [Liu C, Xu Y Q, Sun P L, et al. 2016. Progress and prospects of multi-functionality of land use research[J]. Progress in Geography, 35(9): 1087-1099.].

DOI: 10.18306/dlkxjz.2016.09.004

多功能性研究促使土地利用的研究由土地利用格局变化转向土地空间多功能性变化及其可持续性的方向,并逐渐成为土地变化科学领域的新热点。同时,随着人口增长、消费需求增加、生态环境退化以及土地资源稀缺性增强,人地关系日益紧张,区域可持续发展严重受限,土地利用多功能性及土地多用途管理策略研究也为实现土地资源高效利用,缓解土地供需矛盾和促进可持续发展提供了新的途径与方法。

由于土地利用多功能性研究开展时间较短,其分类、评价方法及内容等尚未达成共识。如学者关注土地利用多功能性的侧重点各有不同、分类体系各异,造成评价体系构建标准不一;以往研究多基于社会经济统计数据,在国家、省、市等大中尺度对土地利用多功能性进行研究,从时空维度分析土地利用多功能性演变规律及驱动机理的研究仍显滞后。本文通过梳理土地利用多功能性的研究进展,重点对其概念内涵、识别与分类、评价研究进行深入探讨与归纳总结,并对其未来研究进行了展望,以期丰富和深化土地利用多功能性研究内容,为土地资源的可持续利用及土地利用管理与规划提供科学依据。

2 土地利用多功能性概念

2.1 概念源起

随着20世纪90年代末全球(联合国粮农组织、经合组织、世界贸易组织)和欧洲(欧盟共同农业政策)农业政策的变化,“多功能性”成为一个重要的科学问题(Helming et al, 2008),也是欧盟现行政策的指导原则之一。全球土地计划(Global Land Project, GLP)研究的升温使得多功能性概念与土地利用的联系越来越密切(GLP, 2005),将其作为辨析土地利用的环境、社会和经济功能的框架,对理解土地多种用途之间相互作用的复杂性、时空变化以及土地可持续发展具有重要意义(Wiggering et al, 2003; de Groot, 2006)。

土地利用多功能性概念根植于农业、生态系统产品和服务及景观功能概念。1994年,乌拉圭回合农业协定(Uruguay Round Agreement on Agriculture, URAA)第20条最早向WTO成员国提出了农业多功能性(Agricultural Multifunctionality)概念。2001年,经合组织定义了农业多功能性,将“多功能

性”进一步解释为某些经济活动所具有的自然、客观的特点,指出农业除了食物生产功能外,还具有环境保护、景观保持、提供乡村就业、保证食品安全等功能(Wiggering et al, 2006; Barthélemy et al, 2007)。Vereijken(2001)将多功能农业(Multifunctional Agriculture, MFA)扩充成包括其自身在内的多功能土地利用(Multifunctional Land Use, MLU)。迄今为止,全面分析多功能性概念的研究较少(Vereijken, 2001),涉及多功能效应的研究更少(van der Ploeg et al, 2003; Knickel et al, 2004);近年来,多功能农业概念逐步发展为更具实践意义的多功能土地利用概念(Gadjiev et al, 2006)。

生态系统产品和服务(Costanza et al, 1997)或功能(de Groot et al, 2002)概念的出现,有助于人们认知土地利用变化对区域可持续性的多维度影响,并作为方法论应用于千年生态系统评估。在这种背景下,“景观功能”作为SENSOR项目第一阶段背景知识而提出(Hein et al, 2005),并由Kienast等(2009)进一步发展。

但是,学者日益认识到农业并不是具有多功能特性的唯一部门(Hediger, 2006),生态系统产品和服务及景观功能实质上侧重于可持续性的环境维度,因此,为了平衡可持续性的经济、社会和环境三大维度,基于生态系统服务和景观功能,并结合多功能性概念,土地利用多功能性这一概念应运而生,并作为SENSOR项目区域可持续性评价定义过程中的重要环节而备受关注(Pérez-Soba et al, 2008; Paracchini et al, 2011),现已成为国际可持续研究的前沿领域。

2.2 内涵界定

土地利用功能由土地利用系统各要素(子系统)的结构所决定(GLP, 2005; 周子英, 2012),人类利用土地形成合理的利用结构,以获取经济、社会和生态环境等效益与价值(张洁瑕等, 2008; 刘沛等, 2010),诠释了土地利用系统提供给人类福利的能力(Wiggering et al, 2006; Verburg, Overmars et al, 2009; Xie et al, 2010; 李德一等, 2011)。SENSOR项目将土地利用功能定义为“不同土地利用方式所提供的私人和公共的产品与服务”(Pérez-Soba et al, 2008; Kienast et al, 2009),涉及到区域中最密切相关的经济、环境和社会三个层面,得到了国际学术界的广泛认可。一个区域土地利用功能及其经济、社会和生态等功能的状态和表现,被称为土地利用

多功能性,通常以土地利用功能来表示(Pérez-Soba et al, 2008; 甄霖等, 2010; 张晓平等, 2014; 杜国明等, 2016)。土地利用多功能性是不同土地利用类型相互联系与作用而形成的多种功能,体现着土地利用功能满足人类多种需求的程度和能力。土地利用和内部结构也是景观的范畴。近年来,土地利用多功能性的内涵已超越了农业范畴,开始强调土地利用与景观的条件、结构及过程在空间上显著的相互作用,如Schöber等(2010)将土地利用多功能性定义为景观提供社会、经济和环境功能或商品和服务及满足社会需求的程度。

土地多功能性、土地多功能利用与土地利用多功能性是相互联系又相互区别的三个概念(图1)。目前的研究中,多未将土地多功能性、土地多功能利用与土地利用多功能性区别对待,但就其内涵来讲,三者不能混为一谈。土地功能是土地系统的自身属性,国外学者对土地功能的描述多与生态系统服务或功能等同(陈睿山等, 2011);国内学者王超(1984)最早详细讨论了土地的结构与功能,认为土地功能是土地在内外联系及其与人类活动相互作用过程中表现出来的某些性状和能力。因此,在很长一段时期,土地功能被称为生态系统服务、生态系统功能或土地专项功能(联合国粮农组织和联合国环境规划署定义的十项土地功能)(de Groot, 1992; Wiggering et al, 2006)。从土地的使用价值而言,近年来土地功能逐渐发展为独立的概念——“土地多功能性”,指土地系统本身所提供的商品和服务的特性(Kienast et al, 2009; Verburg, Overmars et al, 2009)。与此相近似的概念是土地多功能利

用,以可持续的土地利用多功能性概念为基本前提(李广东等, 2016),通过土地利用的多功能化来满足人们对有限土地的多种需求(王文刚等, 2012)。因此,相比较而言,土地多功能利用强调的是土地多种功能的利用过程,土地利用多功能性是土地多功能利用的结果,是土地利用功能的综合表征;土地多功能性和土地利用多功能性体现的是一种提供产品和服务的属性和状态,但土地多功能性则是一个比较宽泛的概念,侧重对土地自身功能的描述,忽略了人类也是土地利用系统的组成部分这一事实;而土地利用多功能性是以人类为中心的术语,强调的是人类对土地的利用和需求,所描述的对象是“土地利用功能”,而不是“土地功能”。

综合相关学者的研究,本文认为土地利用多功能性产生的本质是从传统的土地功能性状解析转向人类社会福祉的增益,根本目的在于实现土地可持续利用。土地利用多功能性与土地特性和土地利用过程相联系,是土地功能多样化利用的结果,着重于刻画土地利用提供商品和服务及满足人类社会需求的程度。土地利用多功能性深刻地反映了土地利用类型之间的空间组织关系,诠释了土地系统内部各种功能的复杂交互与影响过程,体现了提高经济效率、维护社会公平性和保护生态环境的要求。

3 土地利用多功能性识别与分类

多种功能性是土地利用具有的本质属性。FAO/UNEP(1999)总结了土地具有调节地表水和地下水储存与流动,提供植物、动物和微生物的栖息地,储存私人 and 公共财富,生产食品、纤维、燃料或其他生物材料,提供居住、工业和娱乐等的物质空间等十项功能,但没有进行系统分类。随着对土地资源的利用范围广泛化与利用方式多样化,土地利用的社会性日益凸显,土地利用功能分类需不断完善。

土地利用功能具有综合性、多元化的特点,识别土地利用多功能性,及对土地利用功能进行分类是土地利用多功能性评价研究的前提和基础。由于研究目的和侧重点不同,不同学者在多功能识别及其功能分类方面的理解存在差异(图2)。土地利用功能分类与一般的土地景观和利用类型划分有所区别(张凤荣, 2000),但也有相通之处。有学者认

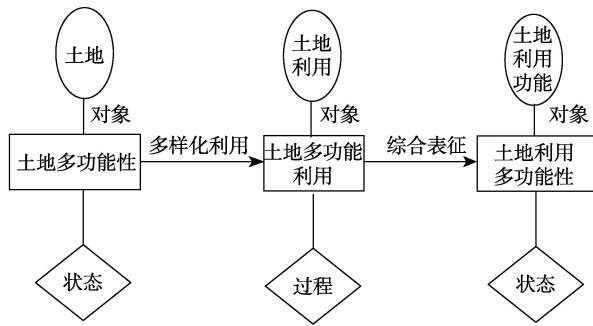


图1 土地多功能性、土地多功能利用与土地利用多功能性的联系和区别

Fig.1 Relationships among multi-functionality of land functions, multifunctional land use and multi-functionality of land use

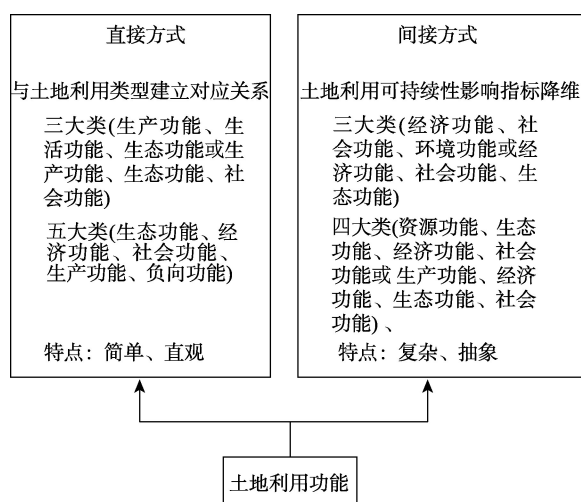


图2 土地利用功能分类

Fig.2 Classification of land use functions

为,在土地利用系统内部,土地利用功能与土地利用结构存在映射关系,将土地利用功能划分为生产功能、社会功能和生态功能(刘沛等, 2010; 易秋圆, 2013; 梁小英等, 2014)。陈婧等(2005)将土地利用功能划分为生产功能、生活功能和生态功能,并认为生态功能是基础,是生产功能、生活功能实现的前提条件;人类的生产、生活以生态系统的支撑为基础,但又通过人的生产、消费等活动影响着生态系统。周宝同(2004)认为,土地利用具有生态功能、经济功能、社会功能、生产功能和负向功能等五大类,细化了土地利用功能的类型划分。该分类体系以土地利用分类为依据,建立土地利用功能与土地利用类型直接对应关系,具有操作简单、直观的优点。

随着可持续发展理念的深入与发展,土地利用可持续性也备受瞩目。众多学者为了平衡可持续发展的经济、社会和环境三大维度,选取一系列可持续性影响指标,对其进行降维处理,将土地利用功能归结为三项基本功能:经济功能、环境(生态)功能和社会功能(Pérez-Soba et al, 2008; 甄霖等, 2009; Xie et al, 2010; 王枫等, 2015a)。其中,经济功能是指土地利用多样化过程中提供基本生产和生活资料及经济基础设施等的能力,其目标是发展生产、促进经济增长;环境功能主要指土地利用系统提供非生物资源(如空气、水和矿产等)、维持生物多样性、调节生态系统过程等的能力;社会功能主要是土地利用提供就业机会、健康和娱乐服务及文化功能,满足人类身心发展需求的能力(Paracchini et

al, 2011; König et al, 2014; 王枫等, 2015b; 杜国明等, 2016)。与此同时,土地利用功能还可以被进一步细分,如资源功能(李德一等, 2011)和生产功能(张晓平等, 2014),由基本功能衍生而来。最具影响力的是 Helming 等(2008)、Pérez-Soba 等(2008)在总结欧盟 SANSOR 计划研究成果的基础上,根据不同的产业部门,将社会功能、经济功能和环境功能细分为九个子功能,即社会功能细分为就业支撑功能、人类健康和娱乐功能、文化和美学价值功能;经济功能细分为居住和土地的独立生产功能、土地为基础的生产功能、交通功能;环境功能细分为提供非生物资源的功能、支持和供给生物资源的功能、维持生态系统过程的功能。

人类对土地利用功能的认识和利用经历了由简单到复杂,一元到多元的过程(甄霖等, 2009),土地利用功能的分类焦点由土地利用系统的整体性逐渐转向区域土地利用的可持续性,其分类越来越细化已成主流趋势,并逐渐呈现较强的系统性及分类的可操作性。学者们从不同角度构建了土地利用功能分类体系,但是各分类体系往往只是针对特定研究目的、研究尺度,尚未形成较科学、统一的标准。目前,土地利用功能分类体系大体可归纳为以下两类:一类是依据土地利用方式来直接分类,操作简单,有利于不同研究成果之间的相互比较,但由于忽视了土地利用的功能与类型的本质差异,无法满足土地利用的功能优化和可持续发展需要;另一类是对土地利用功能的表征指标进行降维、归纳的间接方式,分类结果对应量化的社会经济指标,可充分反映社会经济发展带来的土地利用功能变化,但操作复杂。土地利用功能复杂多样,建立一个“万能”的分类体系,是不现实的,今后建立土地利用功能分类体系时应尽可能地兼顾特定研究的需求性和分类标准的一致性。

4 土地利用多功能性评价

4.1 分析框架

土地利用功能概念框架由 SENSOR 项目中的跨学科团队提出,其目的在于充分界定和衡量欧盟 27 个国家及挪威和瑞士的土地利用多种功能性;帮助确定这些功能的可持续性限制/阈值/目标;探讨政策选择对欧洲不同地区土地利用可持续性条件的影响(Pérez-Soba et al, 2008)。其具体步骤为:

①识别指标与土地利用多种功能的关系;②确定影响集群区可持续性的每个关键指标的重要性(权重);③确定集群区每个指标的可持续性阈值,将指标值标准化;④综合政策情景对区域土地利用可持续性的影响。这一概念框架将区域层面上经济、环境和社会文化关键指标的变化融入九项土地利用功能,使得欧盟评估转化为综合性区域影响评估,极大地推动了土地利用多功能性评价方法体系的应用与发展。由于国家、制度环境、现实问题的不同,学者们在土地利用功能概念框架基础上的进行了延伸和拓展,如甄霖等(2009)、Xie等(2010)结合中国实际情况,综合考虑经济、社会、环境和生态功能,构建了土地利用多功能性评价框架。

将综合多种模型的集成分析框架运用到土地利用多功能性评价已成为国际上的研究趋势。如Paracchini等(2011)在空间权衡评价的概念下开发了一个聚合框架,该框架基于线性加和模型,衡量和聚合土地利用功能中一系列已选的指标,并将其与利益相关者对政策选择的评价联系起来,用于政策方案对土地利用的多功能性影响的事先评估。其步骤如下:①根据可持续性的三个维度,将九项土地利用功能(Pérez-Soba et al, 2008)分成三类,为每项土地利用功能分配指标,并将指标标准化处理;②先验地确定每项土地利用功能的权重值相同(Munda, 2004);③土地利用功能权重除以相应土地利用功能中的指标数量得到指标的权重;④通过指标的聚合值得到最终土地利用功能得分(0~10分)。同样地,对可持续性的限值进行标准化和汇总,得到土地利用功能综合限值,并与政策选择的土地利用功能得分进行比较;⑤系统的最终用户,即欧盟政策制定者决定土地利用功能之间权衡的可能性。该聚合框架注意到:一个指标可以对应多项土地利用功能;指标对土地利用功能的作用可以是正的或负的,强的或弱的;测算每个指标的地理/环境/社会/经济背景不同,指标表现也不同。

此外,也有学者建立参与式框架对土地利用多功能性进行评价,为联系可持续性影响评估与可持续发展理念提供一种参与式方法。例如Callo-Concha等(2014)建立一个基于多准则和多变量分析的参与式框架来评估土地利用系统的多功能性,并将其应用于热带农林复合生态系统生物多样性的案例中,该框架不仅揭示土地利用系统固有的复杂性,以识别其相关的组分和主要施压行为,而且通

过利益相关者的参与,提高了结果的合理性。

4.2 评价方法

(1) 指标体系及权重。指标体系是土地利用多功能性评价的基础,指标的选择和构建对评价结果具有重要影响,土地利用多功能性涉及区域经济、社会和环境三个维度,因此评价指标特别强调反映经济、社会和环境属性特征的相关要素。总体来看,土地利用多功能性评价指标的选取一般基于文献资料、专家评判以及两者相结合等方法(甄霖等, 2009),主要由以下要素组成:反映经济属性特征的要素包括产业(产业产值、结构等)、GDP、财政收支(财政收入、财政贡献率等)、食物生产(粮食产量、畜产品产量等)、基础设施(交通用地面积、比例等)等;反映环境属性特征的要素包括空气(工业废气、尾气等)、土壤(土壤侵蚀、水土流失率等)、水、土地(生产性土地、非生产性土地等)、生物多样性等;反映社会属性特征的要素包括人口、就业(就业率、失业率等)、教育(教育水平、居民文教娱乐服务支出等)、居民收入(农民人均纯收入、城乡收入比等)、居住房屋(住房面积、结构等)、公共服务(万人拥有卫生机构床位数、市区人均公园绿地面积等)等(Pérez-Soba et al, 2008; 张洁瑕等, 2008; 甄霖等, 2009; 刘沛等, 2010; 李德一等, 2011; 王枫等, 2015a, 2015b; 杜国明等, 2016)。上述涉及的要素既考虑了土地利用系统内在功能与结构的特点,也关注了系统与外界之间的联系。

确定各指标因子对各功能的重要性,即权重,是构建土地利用多功能性评价指标体系的重要保障,但目前土地利用功能和指标之间存在复杂性和不确定性,权重确定方法主要是主观赋权法,如专家评分(Pérez-Soba et al, 2008)、AHP法(甄霖等, 2009; 王枫等, 2015a),究其原因,土地利用多功能性评价作为一种人为的主观判断,主观赋权法有其科学合理性,实用性较强,但其所需时间和人力投入较大。由于主观赋权受人为影响较大,客观赋权法受数据本身取值影响较大(彭建等, 2012),因而采用主观与客观/定性与定量相结合的方法更为科学。杜国明等(2016)在综合主客观确定权重利弊的基础上,建立了以德尔菲法确定目标层和因素层权重、熵权法确定指标层权重的权重获取方法体系。

(2) 评价手段。从已有研究来看,学者们大多运用综合指数法(Pérez-Soba et al, 2008; 甄霖等, 2010; Paracchini et al, 2011; 李德一等, 2011; 杜国明

等, 2016)、模糊综合评价法(张乐敏, 2012)、改进突变级数法及灰色关联投影法(王枫等, 2015a, 2015b)等方法得出土地利用功能性指数, 来定量评价土地利用各项功能及综合功能。其中, 综合指数法操作相对简单, 在定量评价中应用的最多, 其他方法较为复杂且系统性强, 采用的频数相对较少。

对土地利用多功能性进行定量评价之后, 采用空间分析技术或数学模型将其结果进行表征。如空间表达方面, 运用GIS的空间分析方法将土地利用各单项功能及综合功能的空间分异进行测度(王枫等, 2015a), 以及对栅格尺度土地利用多功能性变化热点区的空间格局进行分析(李德一等, 2011); 数量表征方面, 通过绘制雷达图来展示土地利用各单项功能性指数的计算结果(Xie et al, 2010; Helming et al, 2011; Paracchini et al, 2011); 时序表达方面, 采用土地利用功能量倍比系数与增长量(甄霖等, 2009; 甄霖等, 2010; 杜国明等, 2016)、功能变化动态度与功能变化优势度(张晓平等, 2014)、直接方式(梁小英等, 2014)反映土地利用多功能性的时序动态特征。此外, 采用功能标准差分析各功能之间的协调性(张晓平等, 2014; 王枫等, 2015b), 以及利用五形向量结构法来测算土地利用多功能性变化偏离度(党丽娟等, 2014), 拓展了土地利用多功能性评价研究的方法体系。

4.3 影响因素

土地利用多功能性是历史过程中自然条件和人为条件在土地利用效果空间上的累积, 受区域自然资源禀赋、社会经济条件及政策因素的共同影响而出现时空变化(甄霖等, 2010; 刘涛等, 2013; 王枫等, 2015a; 杜国明等, 2016)。其中, 区域政策是影响土地利用多功能性变化的关键因素(鲁春霞等, 2009; Kopeva et al, 2010)。

人类活动导致土地利用的结构与方式发生变化, 引发土地利用变化效应, 从而促使土地利用功能转化, 因此, 土地利用多功能性变化与土地利用者的决策和行为直接相关(陈睿山等, 2011)。König等(2014)以内蒙古西乌珠穆沁旗为案例进行研究, 发现利益相关者对土地利用社会功能, 如就业、土地利用环境功能和生态系统过程起着特别重要的作用。与此同时, 土地利用多功能性的变化也会影响区域发展及利益相关者的决策和行为(李芬等, 2009; Kopeva et al, 2010)。此外, 土地利用多功能性的影响因素还具有动态性。如王枫等(2015b)对

广州市土地利用多功能性动态变化的障碍因子分析发现, 障碍因子总体上由经济密度等经济类向废水排放强度、人均耕地面积等环境资源类转变; 环境净化功能、资源供给功能、农业生产功能和经济发展功能对土地利用总功能的影响较大, 其中农业生产功能和资源供给功能会成为未来影响土地利用总功能的主要因素。

4.4 应用实践

开展土地利用多功能性评价是土地多功能利用的基础性工作, 也是制定土地利用决策的前提。相关研究主要有基于土地利用多功能性的区域可持续性评价。例如, SENSOR项目为了应对政策界和科学界中土地利用变化对可持续性带来的挑战, 基于土地利用功能概念, 开发了一套评估欧洲多功能土地利用是否可持续的模型工具——SIAT(Sustainability Impact Assessment Tools), 分析政策情景(模拟土地利用变化)对区域土地利用的经济、环境和社会可持续性的影响, 使得土地利用多功能性理念在土地利用决策和土地管理中具有可操作性, 为区域可持续性评价提供重要的理论框架和研究工具。张晓平等(2014)、王枫等(2015a, 2015b)分别对西藏和广州土地利用功能的可持续性进行评价, 划分为低度、中度和高度持续三个等级, 并依据研究结果和地方实际, 提出未来土地利用的重点和导向。对于土地利用功能分区研究, 张洁瑕等(2008)、王德光等(2012)对土地利用的经济、社会和生态环境三大功能进行评价, 根据区域发展的要求, 提出了土地利用分区方案, 并将结果反映在图上。此外, 在原有土地利用覆盖与变化(LUCC)数据集的基础上, 开展土地利用多功能性的评估与制图正在得到重视(Verburg, van de Steeg et al, 2009)。

总结而言, 土地利用多功能性评价的分析框架已初步形成, 评价的各种数学模型、计算机方法也在研究和完善之中, 但仍存在许多不足之处: ①分析框架方面。多学科交叉、数理统计等分析手段与“3S”等空间分析技术相结合, 对某一时间截面, 或较长时间序列, 或特定区域的土地利用多功能性进行测度, 但是缺乏土地利用多种功能在不同时空尺度上的动态对比分析, 以及各功能之间相互作用关系和影响程度的探讨。②指标体系方面。选取的指标涉及内容比较全面, 能够反映土地利用的经济、社会及环境功能等各个方面, 但由于不同区域人地关系以及土地利用系统的差异性, 造成土地利

用多功能性主导因素不同,所选择的评价指标也不尽相同。目前尚无一个可准确描述土地利用多功能性的指标体系,且在数据选取、指标权重、可行性等方面还存在不足,如指标数据多为社会经济数据,且以行政区为统计单元,但是土地利用功能通常与土地利用覆被直接相关,如何实现评价单元具体到地块或栅格这一微观尺度,将其准确空间落位,实现土地利用多功能性评价的定量化、定位化及精确化显得极其重要。这同时也涉及到一个关键问题,即如何将评价指标空间量化,因此,加强空间特征分析的综合方法应用,应成为今后研究的一个重点。③评价手段方面。以综合指数法和函数模型法为主,虽有方法的应用探索,但少有方法分析和相互间的比较,且其他方法的应用与案例研究相对较少,仍未形成一套综合的、完整的、涉及不同对象和尺度的土地利用多功能性评价系统。今后应加强人工神经网络、遗传算法等非线性方法及相关数学模型在土地利用多功能性评价研究中的应用,不仅可以克服既有方法的缺点,也可以进行相互印证,以实现科学化、准确化评价。④影响因素方面。以定性解释为主,定量分析零星出现,且以时间尺度上的影响因素分析为主,虽可较好地解释区域整体的土地利用多功能性变化原因,但是缺乏考虑空间影响因素,即缺少区域内部差异化分析,因此挖掘时空差异化原因与主导机制显得很有必要。⑤应用实践方面。仍然较多地停留在理论或是研究方法的探讨上,尚缺少将学术研究与实践应用相结合的实例研究。如何将土地的多种功能整合起来,促进土地利用结构优化与人类的和谐可持续发展,是研究者所面临的巨大挑战之一。

5 研究展望

随着多功能性及可持续性研究的不断深入,土地利用多功能性研究已经成为土地可持续利用问题的重要主题和大趋势,并受到了学术界和公众的广泛关注,其研究主要集中在:①土地利用多功能性概念和内涵的发展,体现了土地资源为人类生存与发展所提供服务的能力和状态;②土地利用多功能性识别与分类,反映了人类对土地利用功能认识的深化过程;③土地利用多功能性评价的多元化趋势加强,评价指标的多样化、方法的多元化、内容的丰富化,揭示了人类活动与土地利用之间的相互关

系。总体来说,土地利用多功能性研究仍处于起步阶段,未来研究的重点可归结为以下五个方面。

5.1 构建研究框架

随着研究的深入,多功能性研究已从原有的单一自然生态系统扩展到了人地耦合系统,研究对象的综合化、复杂化,使得新的研究体系呼之欲出。土地利用多功能性作为新兴的概念框架和重要的可持续性评价工具,其理论基础仍较为薄弱,今后的研究应继续完善其研究框架和相应范式。土地科学是一门自然科学、社会科学和技术科学交叉的学科(徐玉婷等, 2015),土地利用多功能性作为其重要研究领域,涉及到自然、社会经济和生态环境等多种过程与关系,需融合自然科学、人文社会科学以及二者结合学科(如地理学、生态学、环境科学、经济学以及社会学)的理论和方法,以建构综合性研究体系,特别是兼有自然科学和人文社会科学性质,并以系统综合集成分析见长的地理学将大有用武之地。

动态性、区域性是地理学最为显著的两大特征,从时空尺度研究土地利用多功能性的演变过程、区域效应、驱动机制及优化调控,将成为未来研究的主要内容(图3)。其中,土地利用多功能性评价是关键环节,在时间维度上,分析土地利用多功能性的动态变化特征,强调其变迁的波动性;在空间

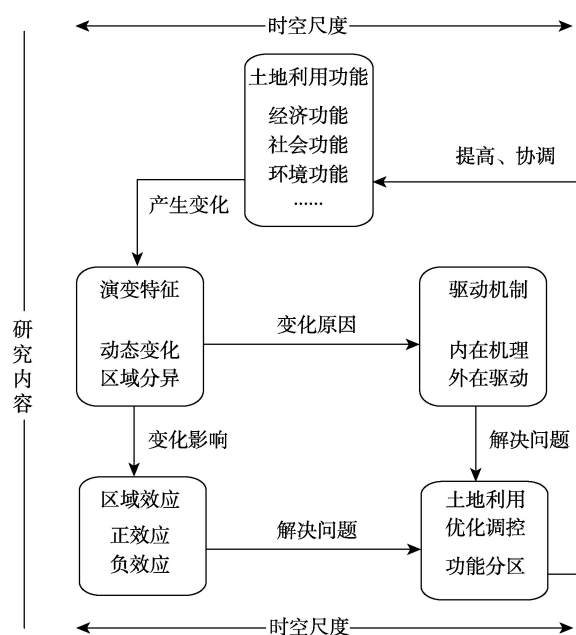


图3 土地利用多功能性研究框架

Fig.3 Research of framework of multi-functionality of land use

维度上,分析土地利用多功能性的区域分异特征,强调其地域空间格局,反映的是区域差异性和不同尺度的综合与对比。在此基础上,分别从时空维度来揭示土地利用多功能性变化带来的区域效应,探讨土地利用多功能性演变的驱动机制,并进行基于土地利用多功能性评估的土地利用优化调控。

5.2 完善分类体系

国内外学者根据不同的研究目的,对土地利用多功能性进行了识别与分类,但尚未形成统一的标准,其中一个重要的原因就是土地利用功能分类原理、原则和指标等理论的系统探讨相对缺乏。未来土地利用功能分类研究中应注重多学科交叉,融入其他学科的相关理论和方法(如系统论、信息论等),为其分类体系构建提供理论基础,使分类体系设计更科学、全面。

系统论是研究系统结构和功能(包括演化、协同和控制)规律的科学,认为系统是由若干要素以一定结构形式联结构成的、具有某种功能的有机整体,包括了系统、要素、结构、功能四个概念。土地利用系统是社会经济与生态环境相互作用形成的人地耦合系统,按照系统论的观点,土地利用的实质是地域系统中资源、生态、经济与社会等要素相互作用与影响而形成的土地生态经济系统及其持续运动过程(刘彦随, 1999)。土地利用系统是一个

多层次结构与功能的复合体,存在着要素—结构—功能因果链,即土地系统内土壤、水文、植被、生物等要素互相关联,经过自然演化过程或人为作用而形成不同的土地利用类型,如耕地、园地、草地等,它们之间的比例关系或组成称为土地利用结构,土地利用结构的多样化带来不同的结构效应,决定着相应的土地利用功能,据此建立土地利用功能分类体系(图4)。

5.3 深化评价研究

土地利用系统的组成要素具有不同的组织水平和空间尺度,决定土地利用多功能性评价具有尺度依赖性。尺度通常是指观察或研究对象的空间分辨率和时间单位,标志着对所研究对象细节的了解水平(李春晖等, 2008)。由于地理环境的复杂性、研究尺度的多样性和区域的差异性,不同地域、不同时间节点的土地利用多功能性存在差异,特别是空间联系及空间差异性土地利用多功能性时空分异规律分析的基础,准确评价微观地域单元的土地利用多功能性时空演变特征,可为不同尺度的评价研究提供途径。然而,目前多数研究的评价尺度以国家、省、市等为主,以县甚至更小评价单元的微观研究比较少见;土地利用多功能性空间特征的描述总结居多,对空间关联特征的探索性分析缺少应有的关注。

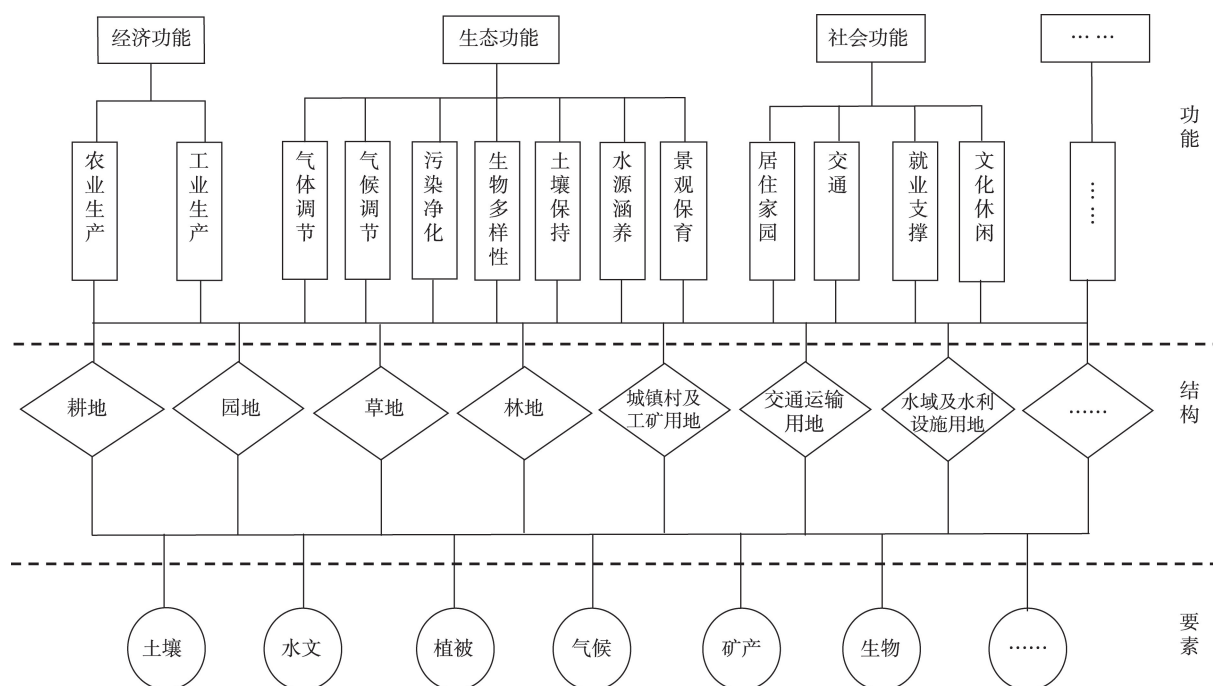


图4 基于系统论的土地利用功能分类体系

Fig.4 Classification system of land use functions based on system theory

GIS的兴起为土地利用多功能性评价带来了技术上的革新,其将属性数据和空间数据结合起来,将具有强大的空间分析能力,如局部空间自相关、核密度、空间插值等空间分析技术渐趋成熟,为土地利用多功能性的空间表达提供了科学支撑,使单一来源统计数据 and 涵盖多源数据相结合的综合研究成为可能。因此,在今后研究中,不仅要加强空间自相关模型、空间重心演进及空间趋势分析等探索性和预测性分析,为土地利用多功能性空间格局分析提供可视化支撑;还应融合统计数据、遥感数据、调查数据等多源数据,针对不同的研究尺度,构建多层次、多尺度的土地利用多功能性评价体系,并可通过尺度推绎,将微观尺度上的信息扩展到大、中尺度,研究尺度的内敛与外扩使土地利用多功能性的分析、评价更具科学性。

5.4 挖掘驱动机理

机理探究一直是地理学者探索时空变化规律的重点与难点,也是深入剖析地理现象或事物内在规律的有力手段。土地利用多功能性是一个动态变化的过程,探究这种变化背后的驱动机理,能够更好地协调和促进土地利用功能之间的关系与发展。在土地利用多功能性研究中,多数学者得到评价结果后未进一步分析原因;即使分析起因,也以定性解读为主;灰色关联模型、障碍度模型等定量模型虽有零星出现,但侧重时间尺度,对空间变化原因的探讨分析仍乏善可陈。

未来研究应加强土地利用多功能性时空演变内在驱动与外在影响因素的定量分析,以厘清土地利用多功能性的构成要素和影响因子,挖掘其时空变化现象背后的内在规律。当然,量化分析须以科学的定性设置为前提,特别是筛选指标时,引入专家系统进行打分判断,可弥补只凭数据说话,忽略实际情况的不足,使量化的解释能够更准确地反映问题。在初步选定影响因子之后,可运用空间回归模型、地理加权回归模型等方法,从空间角度遴选与检验区域内部差异化的影响因子,并归纳分析其作用机理,构建空间驱动机理性分析框架。

5.5 加强应用研究

土地利用多功能性研究强调充分发挥土地的多种功能性,即充分发挥土地的经济、社会、环境、生态、文化、美学等一系列功能,使人类获益的同时促进土地的可持续发展。土地利用多功能性研究作为人地耦合系统的关联性主题,是目前地理学、

土地科学等关注社会、环境问题的重要出发点。目前,有关土地利用多功能性的研究仍然较多地停留在理论或是研究方法的探讨上,将学术研究与实践应用相结合的分析尚较薄弱。

近年来,快速城市化与工业化激化了人地关系矛盾,土地利用结构日益失衡,如何实现土地利用的优化调控,促进区域可持续发展成为学界和政府面临的重大现实问题。与以往探讨可持续性的研究视角相比,土地利用多功能性研究注重人地相互作用关系,强调土地利用变化对区域经济、社会和环境方面的影响,研究成果更具针对性和前瞻性。因此,基于土地利用多功能性评价及驱动机理分析结果,综合专题图叠加法、系统聚类分析法等方法,根据突出主体功能、协调相关规划等原则,进行土地利用总体规划(唐弢等, 2007)、功能分区(谢高地等, 2009)、城市生态用地规划(彭建, 汪安等, 2015)等工作,使土地利用功能朝着好的方向转化,不仅有利于合理利用土地、缓解人地矛盾,更对可持续发展决策与管理实践有指导意义。

参考文献(References)

- 陈婧, 史培军. 2005. 土地利用功能分类探讨[J]. 北京师范大学学报: 自然科学版, 41(5): 536-540. [Chen J, Shi P J. 2005. Discussion on functional land use classification system[J]. Journal of Beijing Normal University: Natural Science, 41(5): 536-540.]
- 陈睿山, 蔡运龙, 严祥, 等. 2011. 土地系统功能及其可持续性评价[J]. 中国土地科学, 25(1): 8-15. [Chen R S, Cai Y L, Yan X, et al. 2011. The functions of land system and its sustainability assessment[J]. China Land Science, 25(1): 8-15.]
- 党丽娟, 徐勇, 高雅. 2014. 土地利用功能分类及空间结构评价方法: 以燕沟流域为例[J]. 水土保持研究, 21(5): 193-197, 203. [Dang L J, Xu Y, Gao Y. 2014. Assessment method of functional land use classification and spatial system: A case study of Yangou Watershed[J]. Research of Soil and Water Conservation, 21(5): 193-197, 203.]
- 杜国明, 孙晓兵, 王介勇. 2016. 东北地区土地利用多功能性演化的时空格局[J]. 地理科学进展, 35(2): 232-244. [Du G M, Sun X B, Wang J Y. 2016. Spatiotemporal patterns of multi-functionality of land use in Northeast China[J]. Progress in Geography, 35(2): 232-244.]
- 李春晖, 崔嵬, 庞爱萍, 等. 2008. 流域生态健康评价理论与方法研究进展[J]. 地理科学进展, 27(1): 9-17. [Li C H, Cui W, Pang A P, et al. 2008. Progress on theories and

- methods of watershed eco-health assessment[J]. *Progress in Geography*, 27(1): 9-17.]
- 李德一, 张树文, 吕学军, 等. 2011. 基于栅格的土地利用功能变化监测方法[J]. *自然资源学报*, 26(8): 1297-1305. [Li D Y, Zhang S W, Lv X J, et al. 2011. Changing detection method of land use functions based on geographical grid[J]. *Journal of Natural Resources*, 26(8): 1297-1305.]
- 李芬, 甄霖, 黄河清, 等. 2009. 土地利用功能变化与利益相关者受偿意愿及经济补偿研究: 以鄱阳湖生态脆弱区为例[J]. *资源科学*, 31(4): 580-589. [Li F, Zhen L, Huang H Q, et al. 2009. Impacts of land use functional change on WTA and economic compensation for core stakeholders: A case study in Poyang Lake[J]. *Resources Science*, 31(4): 580-589.]
- 李广东, 方创琳. 2016. 城市生态—生产—生活空间功能定量识别与分析[J]. *地理学报*, 71(1): 49-65. [Li G D, Fang C L. 2016. Quantitative function identification and analysis of urban ecological-production-living spaces[J]. *Acta Geographica Sinica*, 71(1): 49-65.]
- 梁小英, 顾铮鸣, 雷敏, 等. 2014. 土地功能与土地利用表征土地系统和景观格局的差异研究: 以陕西省蓝田县为例[J]. *自然资源学报*, 29(7): 1127-1135. [Liang X Y, Gu Z M, Lei M, et al. 2014. The differences between land use function and land use to reflecting the change of land use system and their impacts on landscape pattern: A case study of Lantian County in Shaanxi Province, China[J]. *Journal of Natural Resources*, 29(7): 1127-1135.]
- 刘沛, 段建南, 王伟, 等. 2010. 土地利用系统功能分类与评价体系研究[J]. *湖南农业大学学报: 自然科学版*, 36(1): 113-118. [Liu P, Duan J N, Wang W, et al. 2010. Study on systems of the land-use system functional classification and evaluation[J]. *Journal of Hunan Agricultural University: Natural Sciences*, 36(1): 113-118.]
- 刘涛, 张静. 2013. 西北地区中小城市土地多功能利用研究: 以甘肃省天水市为例[J]. *宁夏师范学院学报: 自然科学版*, 34(3): 65-69. [Liu T, Zhang J. 2013. The study on multi-functional land use in small and medium-sized cities in Northwest China: A case study of Tianshui City in Gansu Province[J]. *Journal of Ningxia Teachers University: Natural Science*, 34(3): 65-69.]
- 刘彦随. 1999. 区域土地利用系统优化调控的机理与模式[J]. *资源科学*, 21(4): 60-65. [Liu Y S. 1999. Optimal regulation mechanism and models of regional land use system [J]. *Resources Science*, 21(4): 60-65.]
- 鲁春霞, 谢高地, 马蓓蓓, 等. 2009. 中国区域发展过程的空间多功能利用演变[J]. *资源科学*, 31(4): 531-538. [Lu C X, Xie G D, Ma B B, et al. 2009. The evolution of multi-functional use of space in the process of regional development in China[J]. *Resources Science*, 31(4): 531-538.]
- 彭建, 刘志聪, 刘焱序. 2014. 农业多功能性评价研究进展[J]. *中国农业资源与区划*, 35(6): 1-8. [Peng J, Liu Z C, Liu Y X. 2014. Research progress on assessing multi-functionality of agriculture[J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 35(6): 1-8.]
- 彭建, 吕慧玲, 刘焱序, 等. 2015. 国内外多功能景观研究进展与展望[J]. *地球科学进展*, 30(4): 465-476. [Peng J, Lv H L, Liu Y X, et al. 2015. International research progress and perspectives on multifunctional landscape[J]. *Advances in Earth Science*, 30(4): 465-476.]
- 彭建, 汪安, 刘焱序, 等. 2015. 城市生态用地需求测算研究进展与展望[J]. *地理学报*, 70(2): 333-346. [Peng J, Wang A, Liu Y X, et al. 2015. Research progress and prospect on measuring urban ecological land demand[J]. *Acta Geographica Sinica*, 70(2): 333-346.]
- 彭建, 吴健生, 潘雅婧, 等. 2012. 基于PSR模型的区域生态持续性评价概念框架[J]. *地理科学进展*, 31(7): 933-940. [Peng J, Wu J S, Pan Y J, et al. 2012. Evaluation for regional ecological sustainability based on PSR model: Conceptual framework[J]. *Progress in Geography*, 31(7): 933-940.]
- 唐弢, 朱坦, 徐鹤, 等. 2007. 基于生态系统服务功能价值评估的土地利用总体规划环境影响评价研究[J]. *中国人口·资源与环境*, 17(3): 45-49. [Tang T, Zhu T, Xu H, et al. 2007. Application of ecosystem services evaluation in environmental impact assessment on land-use master planning [J]. *China Population, Resources and Environment*, 17(3): 45-49.]
- 王超. 1984. 试论土地的结构与功能[J]. *中原地理研究*, (2): 12-21. [Wang C. 1984. Shilun tudi de jiegou yu gongneng [J]. *Zhongyuan Dili Yanjiu*, (2): 12-21.]
- 王德光, 胡宝清, 饶映雪, 等. 2012. 基于网格法与ANN的县域喀斯特土地系统功能分区研究[J]. *水土保持研究*, 19(2): 131-136. [Wang D G, Hu B Q, Rao Y X, et al. 2012. Research on functional zoning of karst land system at county regional scale based on the methods of lattice and ANN[J]. *Research of Soil and Water Conservation*, 19(2): 131-136.]
- 王枫, 董玉祥. 2015a. 广州市土地利用多功能的空间差异及影响因素分析[J]. *资源科学*, 37(11): 2179-2192. [Wang F, Dong Y X. 2015a. Spatial differences and influencing fac-

- tors of land use function in Guangzhou[J]. Resources Science, 37(11): 2179-2192.]
- 王枫, 董玉祥. 2015b. 基于灰色关联投影法的土地利用多功能动态评价及障碍因子诊断: 以广州市为例[J]. 自然资源学报, 30(10): 1698-1713. [Wang F, Dong Y X. 2015b. Dynamic evaluation of land use functions based on grey relation projection method and diagnosis of its obstacle indicators: A case study of Guangzhou City[J]. Journal of Natural Resources, 30(10): 1698-1713.]
- 王文刚, 庞笑笑, 宋玉祥, 等. 2012. 土地利用的区域问题与区域间功能置换[J]. 中国人口·资源与环境, 22(9): 68-75. [Wang W G, Pang X X, Song Y X, et al. 2012. Study on regional problem of land use and function replacement between regions[J]. China Population, Resources and Environment, 22(9): 68-75.]
- 谢高地, 鲁春霞, 甄霖, 等. 2009. 区域空间功能分区的目标、进展与方法[J]. 地理研究, 28(3): 561-570. [Xie G D, Lu C X, Zhen L, et al. 2009. Objective, progress and methodology of spatial function zoning[J]. Geographical Research, 28(3): 561-570.]
- 徐玉婷, 黄贤金. 2015. 中国土地科学学科建设理论研究综述及展望[J]. 中国土地科学, 29(5): 22-30. [Xu Y T, Huang X J. 2015. The study on the review and prospect of the disciplinary construction of China's land science theory [J]. China Land Science, 29(5): 22-30.]
- 易秋圆. 2013. 县域城市土地利用功能分类与评价: 以中方县为例[D]. 长沙: 湖南农业大学. [Yi Q Y. 2013. Study on classification and evaluation of urban land use function in county level: Taking Zhongfang County as an example[D]. Changsha, China: Hunan Agricultural University.]
- 张凤荣. 2000. 中国土地资源及其可持续利用[M]. 北京: 中国农业大学出版社: 1-3, 174-199. [Zhang F R. 2000. Zhongguo tudi ziyuan jiqi kechixu liyong[M]. Beijing, China: China Agricultural University Press: 1-3, 174-199.]
- 张洁瑕, 陈佑启, 姚艳敏, 等. 2008. 基于土地利用功能的土地利用分区研究: 以吉林省为例[J]. 中国农业大学学报, 13(3): 29-35. [Zhang J X, Chen Y Q, Yao Y M, et al. 2008. Study on land use regionalization based on land-use function: Case study of Jilin Province[J]. Journal of China Agricultural University, 13(3): 29-35.]
- 张乐敏. 2012. 青海省海晏县土地利用多功能评价[D]. 北京: 中国地质大学. [Zhang L M. 2012. Assessment on land use multifunction in Haiyan County, Qinghai Province[D]. Beijing, China: China University of Geosciences.]
- 张晓平, 朱道林, 许祖学. 2014. 西藏土地利用多功能性评价[J]. 农业工程学报, 30(6): 185-194. [Zhang X P, Zhu D L, Xu Z X. 2014. Assessment on multi-functionality of land use in Tibet[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 30(6): 185-194.]
- 赵文武, 房学宁. 2014. 景观可持续性与景观可持续性科学[J]. 生态学报, 34(10): 2453-2459. [Zhao W W, Fang X N. 2014. Landscape sustainability and landscape sustainability science[J]. Acta Ecologica Sinica, 34(10): 2453-2459.]
- 甄霖, 曹淑艳, 魏云洁, 等. 2009. 土地空间多功能利用: 理论框架及实证研究[J]. 资源科学, 31(4): 544-551. [Zhen L, Cao S Y, Wei Y J, et al. 2009. Land use functions: Conceptual framework and application for China[J]. Resources Science, 31(4): 544-551.]
- 甄霖, 魏云洁, 谢高地, 等. 2010. 中国土地利用多功能性动态的区域分析[J]. 生态学报, 30(24): 6749-6761. [Zhen L, Wei Y J, Xie G D, et al. 2010. Regional analysis of dynamic land use functions in China[J]. Acta Ecologica Sinica, 30(24): 6749-6761.]
- 周宝同. 2004. 土地资源可持续利用基本理论探讨[J]. 西南师范大学学报: 自然科学版, 29(2): 310-314. [Zhou B T. 2004. Study on basic theoretical concepts of sustainable land use[J]. Journal of Southwest China Normal University: Natural Science Edition, 29(2): 310-314.]
- 周子英. 2012. 土地利用及其功能变化研究: 以湖南省醴陵市为例[D]. 长沙: 湖南农业大学. [Zhou Z Y. 2012. Research on changes of land use and its function: Taking Liling City, in Hunan Province, as an example[D]. Changsha, China: Hunan Agricultural University.]
- Aubry C, Ramamonjisoa J, Dabat M H, et al. 2012. Urban agriculture and land use in cities: An approach with the multi-functionality and sustainability concepts in the case of Antananarivo (Madagascar)[J]. Land Use Policy, 29(2): 429-439.
- Barbier E B, Koch E W, Silliman B R, et al. 2008. Coastal ecosystem-based management with nonlinear ecological functions and values[J]. Science, 319: 321-323.
- Barthélemy D, Nieddu M. 2007. Non-trade concerns in agricultural and environmental economics: How J.R. Commons and Karl Polanyi can help us[J]. Journal of Economic Issues, 41(2): 519-527.
- Bertrand N, Jones L, Hasler B, et al. 2008. Limits and targets for a regional sustainability assessment: An interdisciplinary exploration of the threshold concept[M]//Helming K, Pérez-Soba M, Tabbush P. Sustainability impact assessment of land use changes. Berlin & Heidelberg, Germany:

- Springer: 405-424.
- Callo-Concha D, Denich M. 2014. A participatory framework to assess multifunctional land-use systems with multicriteria and multivariate analyses: A case study on agrobiodiversity of agroforestry systems in Tomé Açú, Brazil[J]. *Change and Adaptation in Socio-Ecological Systems*, 1(1): 40-50.
- Costanza R, D'Arge R, de Groot R S, et al. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. *Nature*, 387: 253-260.
- de Groot R S. 1992. Functions of nature: Evaluation of nature in environmental planning, management and decision making[M]. Groningen, the Netherlands: Wolters-Noordhoff: 211-213.
- de Groot R S. 2006. Function-analysis and valuation as a tool to assess land use conflicts in planning for sustainable, multi-functional landscapes[J]. *Landscape and Urban Planning*, 75(3-4): 175-186.
- de Groot R S, Wilson M A, Boumans R M J. 2002. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services[J]. *Ecological Economics*, 41(3): 393-408.
- Foley J A, DeFries R, Asner G P, et al. 2005. Global consequences of land use[J]. *Science*, 309: 570-574.
- Food and Agriculture Organization of the UN/United Nations Environment Programme (FAO/UNEP). 1999. The future of our land: Facing the challenge[M]. Rome, Italy: FAO/UNEP: 72.
- Gadjiev A D, Aral A, Aliev I A. 2006. On behaviour of the Riesz and generalized Riesz potentials as order tends to zero[J]. *Mathematical Inequalities and Applications*, 10(4): 875-888.
- Global Land Project(GLP). 2005. Global Land Project: Science plan and implementation strategy[R]. Stockholm, Sweden: IGBP Secretariat.
- Hediger W. 2006. Weak and strong sustainability, environmental conservation and economic growth[J]. *Natural Resource Modeling*, 19(3): 359-394.
- Hein L, de Groot R S. 2005. Analysis of landscape functions: Typology and sustainability indicators[Z]. Internal M3 SENSOR Document.
- Helming K, Pérez-Soba M. 2011. Landscape scenarios and multifunctionality: Making land use impact assessment operational[J]. *Ecology and Society*, 16(1): 50.
- Helming K, Tscherning K, König B, et al. 2008. Ex ante impact assessment of land use changes in European regions: the SENSOR approach[M]//Helming K, Pérez-Soba M, Tabbush P. Sustainability impact assessment of land use changes. Berlin & Heidelberg, Germany: Springer: 77-105.
- Kates R W, Clark W C, Corell R, et al. 2001. Sustainability science[J]. *Science*, 292: 641-642.
- Kienast F, Bolliger J, Potschin M, et al. 2009. Assessing landscape functions with broad-scale environmental data: Insights gained from a prototype development for Europe[J]. *Environmental Management*, 44(6): 1099-1120.
- Knickel K, Renting H, van der Ploeg J D. 2004. Multifunctionality in European agriculture[M]//Brouwer J. Sustaining agriculture and the rural environment: Governance, policy and multifunctionality. Cheltenham, UK: Edward Elgar Publishing: 81-103.
- König H J, Podhora A, Helming K, et al. 2014. Confronting international research topics with stakeholders on multifunctional land use: The case of Inner Mongolia, China[J]. *iForest-Biogeosciences and Forestry*, 7(6): 403-413.
- Kopeva D, Peneva M, Madjarova S. 2010. Multifunctional land use: Is it a key factor for rural development[C]//118th EAAE seminar: Rural development: Governance, policy design and delivery. Ljubljana, Slovenia: EAAE: 25-27.
- Mastrangelo M E, Weyland F, Villarino S H, et al. 2014. Concepts and methods for landscape multi-functionality and a unifying framework based on ecosystem services[J]. *Landscape Ecology*, 29(2): 345-358.
- Munda G. 2004. Social multi-criteria evaluation: Methodological foundations and operational consequences[J]. *European Journal of Operational Research*, 158(3): 662-677.
- Paracchini M L, Pacini C, Jones M L M, et al. 2011. An aggregation framework to link indicators associated with multifunctional land use to the stakeholder evaluation of policy options[J]. *Ecological Indicators*, 11(1): 71-80.
- Pérez-Soba M, Petit S, Jones L, et al. 2008. Land use functions: A multifunctionality approach to assess the impact of land use changes on land use sustainability[M]//Helming K, Pérez-Soba M, Tabbush P. Sustainability impact assessment of land use changes. Berlin & Heidelberg, Germany: Springer: 375-404.
- Schöber B, Helming K, Wiggering H. 2010. Assessing land use change impacts: A comparison of the SENSOR land use function approach with other frameworks[J]. *Journal of Land Use Science*, 5(2): 159-178.

- Steffen W, Crutzen P J, McNeill J R. 2007. The anthropocene: Are humans now overwhelming the great forces of nature [J]. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 36(8): 614-621.
- van der Ploeg J D, Roep D. 2003. Multifunctionality and rural development: The actual situation in Europe[M]//van Huylenbroek G, Durand G. Multifunctional agriculture: A new paradigm for European agriculture and rural development. Aldershot, UK: Ashgate: 37-53.
- Verburg P H, Mertz O, Erb K H, et al. 2013. Land system change and food security: Towards multi-scale land system solutions[J]. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 5(5): 494-502.
- Verburg P H, Overmars K P. 2009. Combining top-down and bottom-up dynamics in land use modeling: Exploring the future of abandoned farmlands in Europe with the Dyna-CLUE model[J]. *Landscape Ecology*, 24(9): 1167-1181.
- Verburg P H, van de Steeg J, Veldkamp A, et al. 2009. From land cover change to land function dynamics: A major challenge to improve land characterization[J]. *Journal of Environmental Management*, 90(3): 1327-1335.
- Vereijken P H. 2001. Multifunctionality: Applying the OECD framework, a review of literature in the Netherlands[R]. Paris, France: OECD: 27.
- Wiggering H, Dalchow C, Glemnitz M, et al. 2006. Indicators for multifunctional land use: Linking socio-economic requirements with landscape potentials[J]. *Ecological Indicators*, 6(1): 238-249.
- Wiggering H, Müller K, Werner A, et al. 2003. The concept of multifunctionality in sustainable land development[M]// Helming K, Wiggering H. Sustainable development of multifunctional landscapes. Berlin & Heidelberg, Germany: Springer: 3-18.
- Xie G D, Zhen L, Zhang C X, et al. 2010. Assessing the multifunctionalities of land use in China[J]. *Journal of Resources and Ecology*, 1(4): 311-318.

Progress and prospects of multi-functionality of land use research

LIU Chao, XU Yueqing*, SUN Piling, LIU Jia

(College of Resource and Environmental Sciences, China Agricultural University, Beijing 100193, China)

Abstract: Land use research has progressed from examining the change of land use patterns to the change of land use functions and the sustainable development of land resources. Multi-functionality of land use is of great significance to improving land use efficiency and promoting regional sustainable development, which has become one of the hot topics and new research directions in land science and geography. Based on an extensive review of related literature, this article systematically summarizes the concept and connotation, identification and classification, and evaluation of multi-functionality of land use and analyzes the current situation of multi-functionality of land use research. Currently, consensus exists on the understanding of the connotation and characteristics of multi-functionality of land use, but commonly accepted classification criteria of multi-functionality of land use are yet to be developed; analysis frameworks of multi-functionality of land use are basically formed, but the evaluation index system and evaluation methods need further improvement, and applied research is relatively weak; multi-functionality of land use are influenced by natural, social, economic, and policy factors. We propose some future research directions on the basis of the analysis, including developing an interdisciplinary research framework for multi-functionality of land use; constructing a classification system; improving evaluation study and applied study of multi-functionality of land use, with the hope to help promote in-depth studies in China on multi-functionality of land use, as well as provide references for the development of land use planning and land management.

Key words: land use; multi-functionalities; concept and classification; evaluation; research progress and prospect