

国土空间开发建设适宜性评价研究进展

喻忠磊¹, 张文新¹, 梁进社¹, 庄立^{2*}

(1. 北京师范大学地理学与遥感科学学院, 北京 100875; 2. 北京师范大学水科学研究院, 北京 100875)

摘要:国土空间开发建设适宜性是优化国土空间开发格局、合理布局建设空间的依据,包括国土空间开发适宜性和建设用地适宜性两个方面。本文首先探讨二者的概念与内涵,然后从评价目标与视角、评价尺度与单元等多个角度梳理国土空间开发建设适宜性案例研究现状;进而总结归纳国土空间开发建设适宜性的指标体系及评价方法。分析发现:国土空间开发建设适宜性指标体系早期以工程地质条件为主,但目前涉及要素日益多元化,涵盖地质地貌、生态、经济、社会各方面;并已形成多要素叠置综合评价、空间作用及其趋势模拟、基于生态位的适宜性评价及参与式综合评价四种适宜性评价方法。今后应借鉴地理学、社会学、空间经济学、生态学等多学科理论,构建完善的国土空间开发建设适宜性研究体系,加强基础理论研究;推动指标体系规范与统一,完善评估框架与技术方法,研发开放式评价系统;构建可与空间管制政策对接的适宜性分类体系,扩展适宜性评价的案例研究和应用范围;同时应促进宏观空间开发适宜性和微观建设适宜性的统一和整合,响应“多规融合”的实践需求。

关键词:国土空间;空间开发;建设用地;适宜性;评价;进展

1 引言

近几十年来,随着城镇化和工业化进程的快速推进,中国国土空间开发利用格局发生了剧烈变化,建设空间快速扩张,自然空间持续萎缩,农业生产格局发生明显重构(丁建中等, 2008; 陈诚等, 2009; 刘纪远等, 2014)。在不同尺度的国土空间中,都存在着人和自然之间、生产和生活活动之间以及自然生态系统内部关系不尽协调的矛盾(樊杰, 2007),经济社会可持续发展面临严峻挑战。如何解决以上矛盾和问题,优化国土空间开发格局,合理布局人类建设空间,已成为亟待解决的重要命题。国土空间开发建设适宜性是解决这一命题的基础(唐常春等, 2012),具有重要意义。

国土空间开发建设适宜性是人文—经济地理、城市规划、土地科学等领域的重要研究问题,在具体研究中可分为国土空间开发适宜性和建设用地适宜性两类,其基本理念都源于土地适宜性(简称“土宜”)思想。这一理念最早见于中国古《吕

氏春秋·辨地》所载的“以土宜之法,辨十有二之名物……以毓草木,以任地事”(赵羿等, 2005)。在近代,则源于19世纪末20世纪初美国景观设计师用手工绘图并叠加图像的景观设计实践(何英彬等, 2009)。20世纪60年代,麦克哈格(1967)正式提出土地生态适宜性评价方法,旨在强调对土地的合理利用;Beek等遵循这一理念对土地质量满足某一用途的程度进行评价,并提出为农业土地利用规划服务的土地适宜性评价分类体系(引自温华特, 2006)。1976年,联合国粮农组织(FAO)以此为基础制定并颁布了《土地评价纲要》,提出从适宜性角度对土地进行定级,为土地利用规划服务;随后世界各国参照这一纲要建立了各自的土地评价体系,广泛开展土地适宜性评价(倪绍祥等, 1993; 温华特, 2006; 蒙吉军, 2011)。中国现代土地适宜性评价始于20世纪50-60年代的荒地资源考察;到1970年代时引入了国外方法,随后也形成自己的土地评价体系。在1980年代大规模的国土开发与整治中,区域性和单项性土地适宜性评价得到很大发展,评价重

收稿日期:2015-03;修订日期:2015-06。

基金项目:国家“十二五”科技支撑计划项目(2012BAJ22B05)。

作者简介:喻忠磊(1987-),男,河南信阳人,博士生,主要研究方向为经济地理、土地利用与区域发展,E-mail: yzlei87@163.com。

通讯作者:庄立(1984-),男,福建泉州人,博士后,主要从事城市与区域发展等方面的研究,E-mail: zhuangli@bnu.edu.cn。

引用格式:喻忠磊, 张文新, 梁进社, 等. 2015. 国土空间开发建设适宜性评价研究进展[J]. 地理科学进展, 34(9): 1107-1122. [Yu Z L, Zhang W X, Liang J S, et al. 2015. Progress in evaluating suitability of spatial development and construction land[J]. Progress in Geography, 34(9): 1107-1122.]. DOI: 10.18306/dlkxjz.2015.09.004

点也逐渐开始由农业用地向非农用地转移(吴传钧等, 1990; 温华特, 2006; 凌云川, 2007; 江浏光艳, 2009)。可见, 土宜思想及适宜性评价由来已久, 但早期主要是农业及景观适宜性研究, 国土资源开发建设适宜性直到近二三十年才逐渐受到重视; 尤其是1990年代以来, 学界积极应用地理信息技术和数学方法评价非农用地适宜性, 取得丰硕成果。尽管研究对象、地域不断扩展, 评价方法也不断改进, 但由于对国土空间开发建设适宜性概念内涵及理论基础的探讨还相对欠缺, 目前仍未形成较公认的评价框架和方法, 指标体系科学性不强。因此, 适时梳理已有成果, 辨明当前研究态势与存在的问题, 探讨后续研究应深化的方向和关注的重点, 具有重要意义。

基于此, 本文首先讨论国土空间开发建设适宜性的概念与内涵; 然后对国土空间开发建设适宜性评价现状进行梳理, 评析其指标体系与评价方法。最后, 基于现有研究的不足, 提出未来研究应把握的重点, 以期对后续研究有所启示。

2 相关概念与内涵探讨

2.1 概念辨析

本文中的国土空间开发建设适宜性包括(国土)空间开发适宜性、建设用地适宜性两个方面, 这两个概念都衍生于土地适宜性。土地适宜性的概念在学界并无争议, 普遍认为其是指“一定条件下一定范围内的土地对某种用途的适宜程度”(Steiner, 1983; 赵羿等, 2005)。

基于上述共识, 樊杰(2009)在汶川灾后资源环境承载力评价中指出, 适宜重建区是指适宜人口集聚并形成一定规模城镇、允许全面发展各类产业的区域; 陶岸君(2011)指出, 地域发展功能适宜性是指基于区域发展基础和未来发展潜力的大规模工业化和城市化发展的产出能力; 唐常春等(2012)认为, 国土空间开发适宜性是指一定地域范围的国土空间承载工业化和城镇化的适宜程度; 其他相关学者虽未明确提出相应概念, 但强调要综合考虑自然生态与环境条件、资源潜力与利用程度、经济效益与开发需求, 评估区域工业、城镇化发展的潜力, 进而判定适宜程度(陈雯等, 2006)。国外学者大多强调土地利用适宜性, 鲜见国土空间开发适宜性的概念表述。总体来看, 学界对国土空间开发适宜性的概

念界定各有侧重, 所强调的要点包括: ①工业化和城镇化发展的开发指向; ②特定地域对城镇化和工业化发展的支撑能力; ③综合考虑区域生态环境状况与资源条件(资源环境承载力)、发展基础与潜力来判定开发适宜性。综合相关研究, 本文认为: 国土空间开发适宜性是指由一定地域空间的资源环境承载力、经济发展基础与潜力所决定的、其承载城镇化和工业化发展的适宜程度。国外学者多强调土地单元发展特定产业或承载某项具体功能的适宜程度(Rodriguez-Gallego et al, 2012)。

建设用地适宜性多出现在城市规划、土地利用等领域, 不同学者的定义虽有所差异, 但多是语言表述区别。总体来看, 可将其定义为: 一定技术条件下一定范围内的土地资源作为建设用地进行利用的适宜程度, 强调土地单元的属性特征对其是否适宜转化为建设用地的影响(Driessen et al, 1992; Steiner et al, 2000; 刘耀林等, 2008; Chow et al, 2010)。

总体来看, 二者关注的尺度和开发方式有明显差异。国土空间开发适宜性侧重从宏观尺度判断国土空间承载城镇化、工业化开发这一地域功能的适宜程度; 而建设用地适宜性则是在微观层面考察一定地块上的土地利用方式是否适合转换为建设用地。但从研究对象和目的来看, 二者相互统一、相互补充。就研究对象而言, 国土空间是在政治视角下界定的概念, 其本质上仍是以土地为实体, 以地域为表现形式(吴传钧等, 1990); 而建设用地适宜性考察的是微观尺度的土地实体, 也是构成地域的基本单元。从研究目标来看, 国土空间开发适宜性评价的目的在于从空间上合理组织“开发”活动, 而建设用地适宜性则强调合理选择建设空间, 这种建设空间正是宏观层面上“开发”活动的具体承载。二者都是遵循土宜思想在不同尺度上对“空间”这一资源进行评价, 实际上微观层面上的土地利用正是宏观层面开发活动的表现(Malczewski, 2004)。因此, 空间开发适宜性与建设用地适宜性可视为同一问题在不同层面上的具体体现, 二者因切入点和侧重点不同而形成了相互补充的关系。本文将二者统称为国土空间开发建设适宜性。

2.2 内涵探讨

国土空间开发建设适宜性评价实质上是基于一定准则对国土空间进行类型划分, 属于地理学中典型的“演绎”分类研究, “演绎”的前提是有确切的

依据。但学界对国土空间开发适宜性内涵与理论基础的研究却较为薄弱,适宜性评价中的评估框架、指标体系与判别标准尚无明确的结论。

尽管国土空间开发建设适宜性概念源于土地适宜性,但其内涵却有所差异。诞生于景观设计领域的土地适宜性,强调人类景观改造要遵循自然生态过程(麦克哈格,1967);在农用地适宜性中,则强调土地的气候、水文、土壤等属性与种植对象生长需求的匹配,由此实现土地产出效益的最大化;而国土空间开发和建设用地占用是建构人类社会活动空间的根本方式,强调以土地的空间承载功能来满足人类的多样化、多层次需求(史同广等,2007),追求国土空间的综合功能效用,而非仅仅追求自然生态过程不受干扰和经济效益最大化。这种空间功能效用的实现需要社会、经济和生态的多维支撑,还有赖于社会—经济—生态系统的有序运行。在当前可持续发展已成为全球公认发展理念的背景下,国土空间开发与土地利用作为营造人类功效空间的基本方式,应以“人口资源环境相均衡、经济社会生态效益相统一”为原则,优化国土空间开发格局和建设空间布局,构建高效有序的国土空间利用格局,促进可持续发展(樊杰等,2013)。据此,本文认为国土开发建设适宜性至少包涵3个方面要义:①人类社会安全与公正。具体而言,在宏观层面上城镇化与工业开发应布局在自然条件稳定、良好的区域,以保障人类安全,同时应符合空间均衡需求,避免贫富差距带来的社会矛盾等;在微观层面上避免在灾害风险区布局建设用地,建设空间选址要充分尊重不同利益主体的诉求。②经济效率。在宏观上是指地域开发需符合空间经济规律,形成高效、有序的经济空间组织形态与空间结构;在微观上要求建设用地选址要考虑土地条件对工程成本的影响,同时要有利于建设空间中所承载的人与社会经济活动的对外联系,便于享受到社会经济服务。③生态安全。在宏观上要求开发活动和规模与地域资源环境承载力相协调,维护地表生态系统服务功能;微观上要求尽量降低对自然系统自然物理过程的干扰,强调对重要生态系统的保护。

3 评价案例梳理

长期以来,国内外学者围绕着空间开发建设适宜性,针对不同开发方式、不同地域类型作了大量

案例研究。本文从以下几个方面对这些案例进行梳理:

(1) 按评价目标可分为两类:一是为国土空间开发格局调整、空间经济布局等提供依据的宏观评估。如以樊杰(2009,2011)为代表的研究团队提出的适宜性评价技术方法,在中国主体功能区规划、汶川和玉树灾区重建选址及东江经济带等重要国土空间规划实践中发挥了重要作用;陈雯等(2006)的研究成果也是此类研究的典型代表。二是旨在为建设空间选址、城市规划和土地利用规划、农村居民点整理提供依据的微观建设用地评价(简王华等,1990;宗跃光等,2007;薛继斌等,2011)。

(2) 从评价视角来看,包括单一视角和复合视角的适宜性评价。单要素或单一维度的适宜性评价主要考察工程地质条件、灾害风险、抗震条件、地形地貌等单要素满足建设用地标准的程度,也有学者以综合视角从综合自然条件维度考察城市用地适宜性(陈传康,1983;陈桂华等,1997;侯新文,2011);但对人文要素适宜性的专门探讨较少见。复合视角的综合适宜性评价是当前适宜性评价研究的主流,学者们往往从自然环境、区位及人文因素等多维度出发构建指标体系进行综合评价(陈雯等,2006;罗婧等,2009;樊杰,2011;何丹等,2011)。

(3) 在土地开发方式方面,涉及城镇化工业化综合开发(陈雯等,2006;樊杰,2009)、总体的建设用地(黄大全等,2008;何丹等,2011;党丽娟等,2014)以及多种具体功能用地,具体而言包括城镇扩展用地(Gong et al, 2012; Zhang et al, 2013)、农村居民点用地(曲衍波等,2010;郭月婷等,2012;孔雪松等,2012)、工业用地(陈雯等,2009;彭搏等,2012)、城市居住与商业用地(申金山等,1999;刘贵利,2000)、教育等公共服务及基础设施用地等(Delgado et al, 2008)。相比较而言,国内学者更倾向于从综合视角对国土综合开发、总体的建设用地的适宜性进行测评;功能用地方面除农村居民点和城镇扩展用地外,工业、居住、商业用地等虽也有涉及,但指标体系较为简单,对具体用地的空间需求内涵挖掘不足。国外研究多是从某项具体功能用地需求出发设计评估系统进行适宜性测评,更为精细且具有针对性。如Javadian(2011)认为,忽视教育用地与环境之间的关系将会影响学生心理与生理健康,应从自然、文化、经济和环境4个角度评价教育用地适宜性。商业、工业、不同类型住宅(Steiner et al, 2000;

Joerin et al, 2001)、基础设施及公共服务设施用地(Uy et al, 2008; Bagdanavičiūtė et al, 2013)等也是国外评价的重点。注重不同功能用地空间需求的差异,并进行精细化研究,是国内适宜性评价应重视的发展方向之一。

(4)从研究尺度看,涉及国家(陶岸君, 2011)、经济区(如西江经济带(樊杰, 2011)、长江流域经济带(唐常春等, 2012))、省市(黄大全等, 2008; 韩书成等, 2010)、区县(罗婧等, 2009; 曲衍波等, 2010)、乡镇村及园区(薛继斌等, 2011)等各个尺度。国土空间开发适宜性主要在县域及以上尺度进行,建设用地适宜性在经济区及其以下尺度均有涉及,其中市县尺度是适宜性评价关注的焦点,宏观空间开发与微观尺度建设用地适宜性评价相结合逐渐成为新的发展趋势(樊杰, 2009, 2011)。

(5)在评价单元方面,空间开发建设适宜性评价常采用县域(陶岸君, 2011; 唐常春等, 2012)、乡镇行政区(丁建中等, 2008),其中部分指标由格网(陆玉麒等, 2007)单元生成,再转换到行政单元尺度;部分研究根据生态边界确定评价单元(陈雯等, 2006)。在建设用地适宜性评价中格网(曲衍波等, 2010)与地块是最常用的空间单元(郭月婷等, 2012)。针对不同类型的指标确定适合指标自身的评价单元,再通过尺度转换融到统一的评价单元中,是今后研究中值得探索的重要方向。

(6)从地域类型角度来看,已有案例主要集中在以下5个方面:①山地丘陵及灾后重建区适宜性评价(樊杰, 2009; 罗婧等, 2009; 秦天天等, 2012)。灾害风险是此类适宜性评价的首要标准,地质稳定性、地质灾害密度、地震风险等被视为关键要素;同时山区生态环境脆弱和交通不便的背景,地表覆被、坡度等生态环境敏感因子(刘焱序等, 2014)以及道路邻近性和交通优势度(王成金等, 2012)也是考察重点。在评价中灾害风险因子往往被赋予“一票否决”的绝对主导地位;评价单元也较为精细,以格网为主。②平原地区适宜性评价。平原地区地形平坦利于开发建设,但往往也是优质农业生产空间,人口密度高而建筑规模往往较大,在适宜性评价时普遍将地基承载能力、对农业和生态空间的保护作为主要考察标准,地质条件、生态敏感性和农田属性是不可或缺的因素(丁建中等, 2008; 曲衍波等, 2010; 王琳等, 2010; 尹海伟等, 2013)。③河湖岸线及海岸空间适宜性评价(Steiner et al, 2000; 李

平星等, 2011)。滨水空间往往是生物多样性和生态脆弱性都较高的区域,既有案例突出了生态限制性的主导作用,关注洪涝灾害、水网密度、湿地、河流汇水空间及水源地分布等变量的限制作用(陈诚等, 2008; Pourebrahim et al, 2011; 党丽娟等, 2014);同时兼顾经济效率,重视开发成本、经济基础、交通可达性要素等(孙伟等, 2007)。④城市周边区域城镇扩展用地适宜性评价(Gong et al, 2012; Zhang et al, 2013)。此类案例主要通过交通区位及城镇空间邻近性变量来考察经济效率,通过基本农田分布和与受保护生态空间的邻近性考察生态可行性,坡度等地形因素虽也被提及但却并未被视为主导因素。在评价单元上多选择格网,在参数拟合方法方面多通过极值法凸显生态空间的限制性。然而需指出的是,城市周边区域往往是土地利用变化最迅速、土地利用类型丰富且矛盾最集中的空间,单纯考察城镇扩展用地适宜性显然并不充分。⑤乡村地区农村居民点适宜性评价。此类研究普遍从居民安全保障和生活便利性出发,强调自然灾害风险的限制性和城镇、道路、水源等因素的空间引导性(薛继斌等, 2011; 郭月婷等, 2012; 吴春华等, 2013)。总体而言,针对不同地域类型,既有研究所选择的适宜性主导因素、评价单元、指标处置方法等往往有所差异,这是地理学空间异质性原理对适宜性评价的必然要求,对不同地域类型有针对性地开展更多、更精细的适宜性评价研究也是后续研究应扩展和深化的方向。

4 指标体系分析

4.1 指标体系演进历程

厘清国土空间开发与建设适宜性的影响因素,构建合理的指标体系,是适宜性评价的前提和基础。梳理既有文献发现,国土空间开发建设适宜性指标体系基本囊括自然地理条件、生态环境因素、社会经济条件、政策制度及社会公众因素方面的变量(表1)。在具体评价中,学者们往往根据研究区、研究视角差异而有所侧重,构建的指标体系也有显著差异。从时序来看,2004年以前以微观层面建设用地适宜性评价为主,2004年至今则是微观建设用地适宜性评价和宏观空间开发适宜性评价共同发展时期。在过去几十年间,国土空间开发适宜性评价指标体系的结构和具体指标发生了显著变化,具

表1 国土空间开发建设适宜性影响因素

Tab.1 Factors and indicators of suitability of spatial development and construction land

影响因素	具体指标	典型文献
自然地理条件	地质环境类:地基承载力、岩土类型、断裂带、地震活动情况、地震烈度、地面沉降与塌陷、泥石流、工程地质条件等	Roberts, 1979; 陈传康, 1983; 陈健飞等, 1999; 陈雯等, 2006; Delgado et al, 2008
	地形地貌类:高程、坡度、地貌类型、地形起伏度、地表破碎度、坡向等	俞艳等, 2008; 罗婧等, 2009; 党丽娟等, 2014;
	水文类:地下水埋深、洪水淹没线、洪涝风险等	郭月婷等, 2012
	土壤方面:土壤侵蚀、表土质地、土层厚度、有机质含量、土壤透水性等	曲衍波等, 2010; Bagdanavičiūtė et al, 2013; 吴春华等, 2013; 刘焱序等, 2014
生态环境因素	自然资源禀赋类:(人均)水资源量、矿产资源、可用建设用地面积、耕地面积、宜耕土壤比重等	陆玉麒等, 2007; 段学军等, 2009; 樊杰, 2011, 2015
	地表生态系统方面:植被覆盖度, NDVI, 地表覆被类型, 水域、自然保护区、湿地、森林公园、风景名胜等生态系统	Miller et al, 1998; Steiner et al, 2000; 陈雯等, 2006
	区域整体生态特征:生态重要性、脆弱性、敏感性, 水土流失与土壤侵蚀面积、自然保护区面积等	陈雯等, 2006; Pourebrahim et al, 2011; 樊杰, 2011; 唐常春等, 2012
	环境容量类:水气环境功能、水资源量, 水体通达度等	陆玉麒等, 2007; 孙伟等, 2009
社会经济因素	景观价值类:历史文化名村、自然遗产或文化遗产保留地、景观文化价值、美学价值、景观质量等	周建飞等, 2007; 刘卫东等, 2010
	区位交通方面:可达性、交通优势度、到城镇中心或高等级城市的距离、到国道、省道、高速公路、港口等交通设施的距离, 到学校、医院等公共服务设施的距离等	杨立等, 2011; 孔雪松等, 2012; 王成金等, 2012; 吴春华等, 2013
政策制度	社会经济属性类:人均GDP、城镇化率、产业结构、投资规模、建设用地非农产出率、财政收入、就业人口比重、工业产值增长率	陆玉麒等, 2007; 丁建中等, 2008; 陈诚等, 2009; 祁豫玮等, 2010; 樊杰, 2015
社会公众	基本农田、高压走廊、“四线”管制等	钮心毅等, 2007; 黄大全等, 2008
	不同群体的利益诉求、价值偏好、意愿、支持度等	Rodriguez-Gallego et al, 2012

体可分为以下几个阶段:

(1) “千层饼”模式时期。早在20世纪60年代, 麦克哈格(1967)提出了“千层饼”模式, 将地质、地形地貌、水文、气候、土壤等要素视为适宜性评价的核心要素。在后续案例研究中, 学界都是遵循这一框架设计指标体系, 但大多根据研究区情况和数据可得性有针对性地选择指标, 并未包含其中的所有要素(Roberts et al, 1979)。

(2) 工程地质条件主导时期。进入20世纪80年代以来, 建设用地适宜性逐渐成为土地评价和地理学者研究的一个热门话题之一, 尤其是一批地理学者高度关注自然地理条件对建设用地适宜性的限制作用, 地质地貌条件一直是建设用地适宜性指标体系中最主要的组成部分(陈传康, 1983; 简王华等, 1990; 吴恒, 1995; 钱乐祥等, 1996), 其中地质要素主要通过岩性、地基承载力、地下水位、地质构造情况、地震活动情况等指标来反映(Dobson, 1979; 陈桂华等, 1997); 地貌因素主要通过地貌类型来体现(钱乐祥等, 1996; 许嘉巍等, 1999)。仅少数学者在评价中考察了道路、水电基础设施等社会经济因素(雒爱萍, 1990; 郭柏林, 1992)。

(3) 指标多元化时期。21世纪以来, 建设用地

适宜性指标体系发生了显著变化, 考察的因素逐渐丰富起来, 指标多元化趋势明显。具体表现在以下几方面: ①由于建设空间快速扩张带来的生态问题日益凸显, 加之现代工程技术能在一定程度上克服工程地质条件的限制(孙焯等, 2012), 学界在可持续发展理念影响下, 日益重视生态环境因素对建设用地适宜性的影响。在具体指标层面, 多以评估单元与重要生态系统(河流、湖泊、各种自然保护区、湿地、森林公园、风景名胜区、基本农田等)地理空间边界的距离作为考察变量, 地表覆被、水土涵养情况及景观类型与价值也是常用指标(Miller et al, 1998; Steiner et al, 2000; 刘卫东等, 2010)。②在前述背景下, 地质地貌因素受重视程度相对降低, 指标体系设计方面发生了明显的变化: 地质条件方面的变量减少, 地貌方面关注重点由地貌类型向坡度、坡向、起伏度、高程等变量转变(江浏光艳, 2009; 曲衍波等, 2010; 孔雪松等, 2012)。其原因: 一方面坡度、高程、起伏度及坡向等要素不仅与人类居住、生产行为息息相关, 而且在一定程度上也是生态安全的重要影响因素; 另一方面, 地质地貌勘察工作经过一定积累, 学界在适宜性评价中能够获得一些经过加工的综合性地质数据。③随着

空间管制与治理理念在实践中的深化,一些旨在维护生态安全、粮食安全、人类安全的空间管制政策相继被纳入适宜性指标体系中(2007年以后)。主要包括禁止建设用地管制政策、城市形态管制政策两类(钮心毅等, 2007)。前者旨在通过禁止开发建设活动占用生态空间来维持某类重要的生态系统服务功能或社会经济安全,主要涉及基本农田、各类自然保护区、水源保护区、重要文化遗产、高压走廊管制等,在具体评价中多以管制区作为禁建区,以及与管制区的距离作为适宜性的考察变量(薛继斌等, 2011; 孔雪松等, 2012; 尹海伟等, 2013);后者强调既定政策对建设用地扩展方向的限制和引导(钮心毅等, 2007),在当前研究中还较少见。④伴随着建设用地扩张及不合理建设空间布局等带来的社会矛盾、空间不公平等问题日益凸显,学界意识到由于个人、公众等不同利益主体的土地利用目标存在差异甚至冲突(李秀彬, 2002),科学的土地利用方案应尽可能地使不同利益群体达成共识,以最大程度减少矛盾(Warner, 1996; Malczewski, 2004; 段学军等, 2009)。因此,2000年以来适宜性评价中开始将不同群体及主体的利益诉求、偏好、支持度等(Bojórquez-Tapia et al, 2001; Shearera et al, 2009)纳入指标体系。这一变化可视为人本主义思想在西方规划领域中的表现。相比较而言,在中国规划界尚处于概念探讨阶段,还鲜见将公众意愿纳入适宜性评价。

(4) 近10年来兴起的空间开发适宜性指标体系。相较于微观建设用地适宜性而言,空间开发适宜性评价更侧重于综合性地域特征对城镇化开发的制约与引导作用,也有部分学者通过尺度转换将微观土地资源特征因素转换到较宏观的层面,纳入空间开发适宜性指标体系。总体来看,国土空间开发适宜性指标体系具有综合性和系统性特征,目前常用指标体系可归纳为三类:“生态价值—经济重要性”(陈雯等, 2006; 孙伟等, 2007; 丁建中等, 2008)、“自然生态约束—经济开发需求”(段学军等, 2009; 孙伟等, 2009; 韩书成等, 2010)和“资源环境承载力—开发现状—开发潜力”框架(陆玉麒等, 2007; 樊杰, 2009, 2011, 2015; 祁豫玮等, 2010; 唐常春等, 2012)。

这些评估框架在构建思路虽略有差异,但具体指标都集中在生态环境状态、灾害风险、水土资源存量、社会经济发展基础与潜力、交通区位等方

面。在生态环境方面多以地表覆被特征、生态环境脆弱性、生态重要性、生态敏感性、生态易损性等综合性自然地理属性作为考察变量,重要生态系统(如基本农田、自然保护区、文物保护区、湿地、森林公园、水源涵养区等)覆盖面积的比重也是常用指标之一;在灾害风险方面往往选用多险种风险程度综合而成的风险系数,灾害区域(如地面沉降、地质灾害等)面积的比重同样也是常用指标之一(孙伟等, 2009; 樊杰, 2015);在水土资源方面,常见指标是人均耕地、后备适宜建设用地面积、人均水资源量等,在部分滨水区域评价中岸线资源也被纳入指标体系中(陆玉麒等, 2007);在发展基础与潜力方面,指标选择差异相对较大,但都是围绕着经济总量与增速、产业结构、财政能力、人口规模等方面选择(陈雯等, 2006; 尹海伟等, 2013);在交通区位方面,较宏观大尺度适宜性评价中常以路网密度、交通优势度和通达度(唐常春等, 2012; 樊杰, 2015),在市县层面多选择对城镇或交通枢纽的邻近性(孙伟等, 2009)作为考察变量。总之,这些指标都从不同角度表征了地域功能的适宜性。

4.2 指标体系评述

总体而言,国土空间开发建设适宜性评价正在向综合化、系统化、科学化趋势推进,指标选择与赋值越来越细化,也逐渐逼近国土开发和土地利用实践。从适宜性指标系统演进历程来看,指标体系的每一次突破都是学界对现实需求和国土空间开发利用实践反思的结果,整合多因素构建全面的指标体系,一直是学界不断努力的方向。然而现有研究中指标体系的规范性和统一性仍有待加强。首先,就指标系统结构而言,既有指标体系已涉及了影响因素的各个维度,其中自然地理条件、生态环境和社会经济因素是关注重点,但对政策制度、社会公众因素关注不足;不同学者所侧重的维度各不相同,即便是评价相同类型的地域空间对同一种开发方式的适宜性,指标体系往往也存在较大差异。其次,部分重要指标(尤其是宏观空间开发适宜性评价中的环境容量、区域发展潜力、资源环境承载力等)缺乏一致认同的理论依据(樊杰, 2007),在相关学科里也尚未找到公认的科学测度方法。第三,尽管学界高度关注适宜性评价指标体系的构建与完善,但对各框架下指标选择是否适宜却缺少反思,对指标分级标准、各指标间的关系也缺乏探讨,导致在不同研究中表征同一因素的指标却不相同,同

一指标的适宜性分级标准也大相径庭。如就地基承载力而言,部分学者以地下水位埋深作为表征指标,而其他学者在研究自然地理环境相同的国土空间时却选择岩土类型等其他指标;不少案例将评价单元与道路或城镇中心的距离作为评价因子,但到底距离道路或城镇多远适宜开发建设,则缺乏相对稳定的分级标准。这无疑对评价结果的科学性造成影响,导致评价结果之间无法比较,也影响了适宜性评价的实践价值。

探其原因,本文认为以下3方面的问题应引起学界重视和审思:①学界对国土空间开发建设适宜性内涵的认识还不一致,对适宜性形成机理探讨不足,设计指标体系时往往无据可依,具有一定主观性和随意性。②国土空间开发适宜性研究涉及到多个学科,学者们往往从自身学科(如生态学、景观设计、土地利用、城市规划等)视角出发构建指标体系,各有侧重,致使表征的适宜性内涵亦各有侧重。③适宜性评价涉及众多要素,数据收集难度大,在案例研究中受制于数据可获性,往往不得不动舍部分指标或者选择次优指标替代。总之,适宜性内涵与理论基础探讨不足,是导致指标体系缺乏规范性和一致性的重要原因所在。

5 评价方法

适宜性评价方法直接影响评价结果的科学性,因此学界历来重视适宜性评价方法研究。Warner (1996)和 Malczewski(2004)强调适宜性评价方法须具有实用性、严谨性、经济性和便捷性,且满足技术实践、社会—政治和公众参与的多种需求。国内也不乏对适宜性评价方法的回顾,但以 GIS 技术应用

层面上的讨论分析为主(邱炳文等, 2004; 何英彬等, 2009)。适宜性评价方法的改进主要通过评价视角扩展、评估框架及计算方法改进来实现,本文综合这几个角度将已有国土空间开发建设适宜性评价方法分为以下四类(表 2),分别对其进行阐述,梳理其主要特征与使用范围。

5.1 多要素叠置综合评价

该方法以空间叠置分析为基础,通过发展不同的指标拟合算法(如等权、线性与非线性加权、矩阵组合以及人工智能算法等)而演绎出不同的具体评价方法,可视为对“千层饼”模式的扩展与改进。根据指标拟合算法的差异,多要素叠置综合评价可分为三类(Malczewski, 2004):

(1) 简单叠置分析。这一方法早期通过手工绘图实现,随着计算机与地理信息技术的发展,为了突破手工绘图在速度和信息处理量上的限制,将计算机辅助制图和地图代数方法等引进适宜性评价中(MacDougall, 1975; Steinitz et al, 1976), Lyle 等(1983)曾先后将这一方法用于美国的道路选址和城镇土地利用规划。该方法假定各指标同等重要且相互之间彼此独立,要求评价者对评价对象有充分的认知,并能够根据对土地资源的认知经验来划定类型(Hopkins, 1977; Malczewski, 2004; 邱炳文等, 2004);但忽略了适宜性影响因素之间的相关关系,对土地利用问题的复杂性过于简化(Malczewski, 2004; 邱炳文等, 2004),且对评价者主观依赖性强,影响了评价结果的科学性。因此,尽管其在现代技术条件下简单易行,但却应用较少。总体而言,这种朴素方法对土地适宜性评价启发意义不可否定。

(2) 基于多指标综合的叠置分析方法。为克服简单叠置分析难以反映指标权重差异和指标间相

表2 国土空间开发建设适宜性评估框架与方法

Tab.2 Frameworks and methods for the evaluation of suitability of spatial development and construction land

评估方法	主要分析方法与算法	主要特征	使用范围
多要素叠置综合分析	空间叠置分析;线性加权综合、有序平均加权法,神经网络、模糊数学、GA、物元分析等	关注垂直生态过程,可选的具体技术方法多,适用范围广,易与GIS技术和数学方法结合;但对水平生态过程关注不足,无法把握地域空间的整体生态格局	最常用的方法,适用于宏观国土空间适宜性评价,微观建设空间区位选择
空间相互作用及趋势模拟分析	景观格局分析;累积阻力模型,引力模型或重力模型等	关注空间相互作用过程,能从整体上把握地域空间的生态格局和经济格局;景观形态指标较多,难以选择,景观分析在宏观研究中应用受限	以建设空间区位选择为主;宏观国土空间开发适宜性应用较少,但值得探索
基于生态位的空间供需耦合分析	生态位模型;模糊函数、连乘法、指数和法等	关注空间供需均衡,承认指标间的相关关系,应用灵活;需解决指标间权重差异的应对问题,资源供需耦合函数确定较难	适用于宏、微观层面上国土空间开发建设适宜性评价
参与式综合评价	以前述方法为基础,加入社会公众、组织等主体态度等因素	能够融入社会主体因素,易于与其他框架相结合;但社会因素数据收集难度大	适用于宏、微观的国土空间开发利用适宜性评价

互关系的不足,学界陆续探索多样化的数理统计方法与 GIS 技术的结合(Malczewski, 2004; Zhang et al, 2013)。目前已成为适宜性评价中最主要的方法(Hopkins, 1977),包括多目标、多属性综合评价。多目标综合评价通过定义多个目标函数,同时评价空间单元对多种开发方式的适宜程度,以确定最佳方案(Steiner et al, 2000; 伍世代, 2000; Pourebrahim et al, 2011),但如何在 GIS 环境下实现复杂的数学规划运算是一个挑战。多属性综合评价以布尔运算和多元化的综合计算方法为核心,采用层次分析法、线性加权、极值法、逼近理想点法、有序平均加权法等确权方法确定权重并进行加权综合(Warner, 1996; Chow et al, 2010; 唐常春等, 2012; Ferretti et al, 2013; 刘焱序等, 2014);也有部分学者根据各因素与适宜性的关系构建互斥矩阵进行逻辑组合判断(宗跃光等, 2007; 尹海伟等, 2013),能更充分地挖掘适宜性内部结构特征,但不同类别指标间的拟合仍使用数学综合方法。因其操作简便且便于运算,多属性决策成为目前应用最广泛的方法(Xu et al, 2011; 何丹等, 2011)。但其仅能分析在 GIS 环境中进行运算的因素,指标权重分配存在难以克服的不确定性(Collins et al, 2001)。

(3) 基于人工智能算法的多要素叠置分析。人工智能算法与 GIS 的结合是近年来适宜性评价方法的变化趋势之一,模糊逻辑技术(陈健飞等, 1999; Delgado, 2008)、神经网络(刘耀林等, 2008; Xu et al, 2011)、物元分析(Gong et al, 2012)等陆续在适宜性评价中得到应用。与其他方法相比,人工智能方法能够描述和模拟复杂系统,可容纳不确定性、模糊性和部分真实,具备基于专家知识的自动决策和处理海量非线性信息问题的能力(何英彬等, 2009)。目前,人工智能计算仅用于小尺度的适宜性评价,如何应对大空间尺度下的海量数据与复杂问题,是其要解决的问题。在 GIS 平台下整合多种智能算法,开发开放式、高效能的国土空间开发建设适宜性评价系统,具有重要意义。

5.2 基于空间相互作用及其趋势模拟的适宜性评价

由于土地利用和区域开发不仅受本地资源要素影响,也与自然、人文水平运动过程相关,多要素综合叠置评价难以兼顾相邻空间单元对评价空间适宜性的影响。因此,近五六年来部分国内学者开始尝试从空间相互作用角度进行适宜性评价,国外学者在这方面虽有探讨,但案例研究并不多见。常见评价方法主要有三种:一是先基于多要素综合叠

置分别对土地资源的建设适宜性进行评判,再借助景观破碎度、连通度、多样性等表征景观格局的工具变量,基于景观生态格局安全考察建设用地适宜性(李猷等, 2010; 孙焯等, 2012)。二是借用源—汇视角下的累积阻力模型评价空间开发建设适宜性,通常先确定扩展“源”,然后构建连通性或阻力模型测算源的潜在扩散范围或生态可占用性,依据阻力值区分评价空间适宜性水平(李平星等, 2011; 焦胜等, 2013)。这种基于景观扩散过程模拟的评价方法已得到了广泛应用,在城市用地(Fan et al, 2011; 王思易等, 2013)、农村居民点(吴春华等, 2013)等方面已有诸多案例。三是近期经济地理学中的引力模型、重力模型等逐渐被引进适宜性评价中(杨立等, 2011),基于空间经济相互作用强度变化趋势考察空间单元的开发建设适宜性,对前述空间作用模拟起到了补充作用。

然而,尽管上述方法在很大程度上弥补了多要素综合叠置分析方法的不足,但也面临以下一些问题:①景观生态指数较为丰富,如何选择合适的景观形态指数尚无定论;②对累积阻力模型中阻力因子及其阻力系数的确定有一定主观性;③景观生态分析以景观单元作为基本分析对象是否适用,如何应用于宏观的国土空间开发适宜性测评,尚缺乏探索;④已有评价对人文要素水平过程的考察主要是在中小尺度上进行的,如何在更宏观层面上和更微观层面上加以利用以提高评估科学性,尚有待进一步研究。

5.3 基于生态位模型的适宜性评价

基于生态位的适宜性评价是将建设用地或城镇化开发空间的属性要求视为一种多维资源需求空间(即开发建设用地的需求生态位),将评价单元视为相应的多维资源供给空间,通过二者的匹配程度来判断适宜性水平(欧阳志云等, 1996)。这种方法将适宜性影响因素分为指标值越高越好、越低越好和限定范围内最优三类,按照不同转换规则进行量化,进而基于 Shefold 限制性定律构建生态位适宜度指数。与前两类评价方法相比,其将评价单元视为多要素构成的资源系统,从系统耦合角度来判断适宜性水平,为国土开发建设适宜性评价提供了新思路,受到了部分学者的关注(刘小平等, 2007; 俞艳等, 2008)。当前基于生态位的适宜度评价方法主要用于中微观尺度的农村居民点(曲衍波等, 2010; 秦天天等, 2012)和城镇用地适宜性评价(单玉红, 2009)。其最大特点在于采用非线性算法综合

各指标,承认指标间的相关关系;但不同指标对适宜性的作用强度仍难以解决;同时,也并非所有的指标间都有相关关系,不同开发利用方式对空间资源的需求也不相同,如何精确地对其定量刻画,仍是需进一步解决的难题。

5.4 公众参与式综合评价

前述方法均从不同角度关注土地条件与特定开发方式需求之间的匹配程度(Steiner, 1983),强调特定开发建设活动可能带来的生态、灾害风险以及潜在的社会经济效率损失。然而适宜性具有社会—生态—经济多维内涵,其不仅受国土空间属性特影响,也取决于区域内相关利益主体的价值和利益诉求;单纯考虑国土空间属性和开发建设需求而忽视空间利益主体的适宜性分析,并不能有效减少空间冲突,而规避空间冲突不仅需要主体利益诉求和价值选择作出明确判断,还需要对不同国土空间用途、开发利用情景进行对比分析(Bojórquez-Tapia et al, 1994, 2001; Malczewski, 2004)。为此,强调公众利益诉求、不同土地用途内部协调的参与式适宜性评估框架应运而生。在这一评估框架下,除传统的自然、人文属性外,空间利益主体的利益诉求和价值取向也是重要评估内容;对这类因素的考察往往通过设立单独的适宜性影响因子或基于参与者对已有评估因子的判断来实现;信息采集主要通过参与式调查和访谈获取,日益完善的开放式 GIS 平台、Web-GIS 等对此具有巨大应用价值。目前此类方法在国内尚缺乏相关介绍,更鲜见于案例研究。国外经历了 20 世纪 90 年代的理论探索阶段之后,在 2000 年以后分别围绕居住用地、投资用地等展开了案例研究(Joerin et al, 2001; Shearera et al, 2009; Chow et al, 2010)。但已有研究主要局限于较小的空间尺度,参与式综合评价在宏观国土空间开发适宜性评价中是否有效以及如何使用,还是一个有待探索的问题。但无论如何,参与式综合评价开始兼顾“人—人”关系,是未来土地适宜性评估的重要发展方向,也必将促使国土空间开发建设适宜性评估在国土规划、土地利用、城市规划等相关实践中发挥更大的价值。

6 述评与展望

6.1 述评

近年来,国土空间开发建设适宜性的价值颇受重视,人文—经济地理、土地利用、生态学和城市规

划等领域的学者针对不同地域类型、不同开发方式,基于不同尺度和评价单元进行了大量案例研究,评价方法不断得到改进,研究视角日益丰富,指标体系日趋完善。不仅推动了理论研究发展,也在国土开发、土地利用、城市规划和灾区重建等国土空间开发和经济社会空间组织形态建构中发挥了重要作用,中国人文—经济地理学“以任务带学科”的发展模式在国土空间开发建设适宜性研究中也得到充分体现。然而,尽管研究成果日益丰硕,但仍存在一些值得思考和重视的问题:

(1) 以“工具”理性为主导,理论探讨不足。在实践需求驱动下,当前研究重视适宜性评价的“工具”价值,研究成果集中于应用性案例评价;对国土空间开发建设适宜性的内涵、理论基础缺乏深入探讨,也未深入研究适宜性的系统结构、发生机制以及不同影响因素对适宜性的作用机理。

(2) 研究成果的可比性和科学性有待加强。由于国土空间开发建设适宜性理论基础研究薄弱,大多数案例研究的指标体系设计往往缺乏坚实的理论依据,不同学者对适宜性的内涵解读不同,设计的指标体系也有所差异;指标选择和部分指标适宜性分级标准的设定多由数据可得性和数据特征决定,缺乏严格的理论假设与演绎,主观随意性较强。

(3) 在评价方法方面,判断准则和评价理念不明确,指标拟合方法不统一,缺乏对评估框架的整合。既有研究中大多是基于生态安全、粮食安全、社会经济效率、人类安全等准则中的一种或两种来考察适宜性,但在生态文明和可持续发展理念主导下的国土空间利用实践中,考察适宜性需要综合审视社会经济、生态等多个维度。对于适宜性而言,指标间的关系有“最小限制”“相互补偿”和“完全替代”三种逻辑关系,需要根据指标间的逻辑关系来选择指标拟合算法,而当前研究却对此有所忽视。此外,文中总结了综合叠置分析、空间相互作用及趋势模拟、基于生态位及公众参与视角下的评估框架,实际上反映的是适宜性不同维度;当前研究以前两种为主,仅少数研究尝试将综合叠置分析和空间相互作用模拟相结合。如何整合不同框架实现国土空间开发建设适宜性的多维度全景式评价,还需要进一步探索。

(4) 适宜性等级或类型划分不一致,与现行空间管制政策衔接不够,限制了适宜性的实践价值。已有研究多是根据评估结果将适宜性划分为三类、四类或五类,但这种类型划分与空间管制之间的对

应关系往往模糊不清。

6.2 展望

如前所述,国土空间开发建设适宜性研究已经取得丰硕成果,但依旧存在薄弱之处。对此,今后应着重从以下几个方面推动国土空间开发建设适宜性研究:

(1) 加强国土空间开发建设适宜性基础理论研究,构建比较完整和系统的理论框架和研究体系。具体而言,应当加强对国土空间开发建设适宜性概念和内涵的探讨;充分挖掘其理论依据,对人地关系、生态经济学、可持续发展、景观生态理论、空间经济学理论等在适宜性研究中的价值进行探索。尝试从不同尺度国土空间规划、土地利用与管理等实践需求出发,构建一个涵盖多尺度多维度的国土空间开发建设适宜性研究体系。

(2) 改进评价框架和相关计算方法,完善适宜性评价方法。就评价框架而言,已有的四种评估框架各有所长,后续研究应当结合不同层面上适宜性评价需求,整合不同框架以完善评价方法,注重构建能够广泛应用于不同层面的开放式、参与式综合评价框架;重视国土空间开发适宜性的社会政治内涵,构建允许不同层级政府机构、规划师、专家学者、社会公众和组织参与国土空间开发适宜性评价的运作平台与机制;探索跨尺度适宜性评估的融合框架,明辨适宜性评价中的尺度转换与融合问题,明确不同尺度国土空间开发建设适宜性的关系。就评价系统而言,应充分借鉴和整合地理学、生态学、土地科学、灾害风险科学等多学科知识,探讨国土开发建设适宜性的垂直与水平过程机理、自然科学机理和经济社会机理,兼顾“人—地”关系与“人—人”关系;在明辨适宜性影响因素作用机制的基础上,构建科学的适宜性评价框架体系,推动指标体系的规范化和一致化。在技术层面,应更进一步改进适宜性评价的数学方法,重视利用新技术手段(GIS、RS、WEB-GIS和可视化技术等),研发能容纳专家知识及公众参与的评价系统;推动统计数据、地图信息数据、观测数据、社会调查等多源数据融合,提高土地适宜性评价的科学性和效率。

(3) 改进适宜性类型或等级划分方案,推动适宜性分类与空间管制、空间治理相结合,为城镇空间扩展、生态空间保护、生产要素和资源的空间配置等提供依据。

(4) 进一步丰富案例研究,扩展研究对象的范围。进一步加强宏观国土空间开发适宜性和微观

具体功能用地适宜性评价,引导适宜性研究由建设用地总体评价向功能指向的用地适宜性研究扩展,满足国土空间精细管理的需求。从研究尺度来看,已有研究对流域、市(县)以及微观的乡镇都有所关注,但在经济全球化和区域经济一体化背景下,城市群成为参与全球经济分工合作与竞争的重要单元,更是优化国土空间开发格局的重要载体,应当给予重视。就研究地域类而言,中国国土空间地域差异明显,后续研究应重视针对不同地域空间(尤其是各类生态脆弱区,城镇密集区、城乡结合部等空间冲突易发且集中的区域),建立规范化的统一的评价系统和典型评估模式。

(5) 扩展国土空间开发建设适宜性的应用研究。国土空间开发建设适宜性除指导国土开发和建设空间布局之外,对于空间冲突、土地整治、规划方案与规划实施效果评估、土地利用变化等同样具有重要意义(Camacho Olmedo et al, 2013),后续研究应继续探索扩展其应用价值。

(6) 以往研究多将宏观国土空间开发适宜性和微观的建设用地适宜性评价分开进行。然而,适宜建设的土地是空间开发适宜性评价中的重要对象之一,今后研究应在统一视角、统一框架下尝试实现二者的有效整合,以期促进宏观的国土空间功能分区与微观层面土地利用规制的统一,这也是适宜性研究响应国土空间开发利用实践中“多规融合”需求的必然要求。

参考文献(References)

- 陈诚, 陈雯. 2008. 盐城市沿海的适宜开发空间选择研究[J]. 长江流域资源与环境, 17(5): 667-672. [Chen C, Chen W. 2008. Evaluation on the suitable development location in coastal area of Yancheng City, Jiangsu Province[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 17(5): 667-672.]
- 陈诚, 陈雯, 吕卫国. 2009. 基于空间开发适宜性分区的城镇建设用地配置: 以海安县为例[J]. 地理科学进展, 28(5): 775-781. [Chen C, Chen W, Lv W G. 2009. Allocation of urban construction land based on the regionalization of spatial development suitability: a case study of Haian County[J]. Progress in Geography, 28(5): 775-781.]
- 陈传康. 1983. 城市建设用地综合分析和分等问题[J]. 自然资源, 5(2): 18-25, 37. [Chen C K. 1983. Chengshi jianshe yongdi zonghe fenxi he fendeng wenti[J]. Resources Science, 5(2): 18-25, 37.]
- 陈桂华, 徐樵利. 1997. 城市建设用地质量评价研究[J]. 自然

- 资源, 19(5): 22-30. [Chen G H, Xu Q L. 1997. A study on evaluation of urban land use quality for construction: taking Wuhan City as an example[J]. Resources Science, 19(5): 22-30.]
- 陈健飞, 刘卫民. 1999. Fuzzy 综合评判在土地适宜性评价中的应用[J]. 资源科学, 21(4): 71-74. [Chen J F, Liu W M. 1999. An integrated evaluation of land suitability based on fuzzy set theory[J]. Resources Science, 21(4): 71-74.]
- 陈雯, 孙伟, 段学军, 等. 2006. 苏州地域开发适宜性分区[J]. 地理学报, 61(8): 839-846. [Chen W, Sun W, Duan X J, et al. 2006. Regionalization of regional potential development in Suzhou City[J]. Acta Geographica Sinica, 61(8): 839-846.]
- 陈雯, 孙伟, 嵇振坤. 2009. 无锡都市区制造业的区位决策影响与适宜性分区[J]. 地理科学进展, 28(6): 926-931. [Chen W, Sun W, Zhuo Z K. 2009. The location decision effect and suitability regionalization of manufacturing industry in the metropolitan area: a case study of Wuxi City [J]. Progress in Geography, 28(6): 926-931.]
- 党丽娟, 徐勇, 汤青, 等. 2014. 广西西江沿岸后备适宜建设用地潜力及空间分布[J]. 自然资源学报, 29(3): 387-397. [Dang L J, Xu Y, Tang Q, et al. 2014. Potential and spatial distribution of suitable construction land along the Xijiang riverside in Guangxi[J]. Journal of Natural Resources, 29(3): 387-397.]
- 丁建中, 陈逸, 陈雯. 2008. 基于生态—经济分析的泰州空间开发适宜性分区研究[J]. 地理科学, 28(6): 842-848. [Ding J Z, Chen Y, Chen W. 2008. Regionalization of spatial feasible development on based analysis of eco-economy in Taizhou City[J]. Scientia Geographica Sinica, 28(6): 842-848.]
- 段学军, 秦贤宏, 陈江龙. 2009. 基于生态—经济导向的泰州市建设用地优化配置[J]. 自然资源学报, 24(7): 1181-1191. [Duan X J, Qin X H, Chen J L. 2009. Optimal allocation of the construction land in Taizhou City based on comprehensive analysis of ecology and economy[J]. Journal of Natural Resources, 24(7): 1181-1191.]
- 樊杰. 2007. 我国主体功能区划的科学基础[J]. 地理学报, 62(4): 339-350. [Fan J. 2007. The scientific foundation of major function oriented zoning in China[J]. Acta Geographica Sinica, 62(4): 339-350.]
- 樊杰. 2009. 国家汶川地震灾后重建规划: 资源环境承载力评价[M]. 北京: 科学出版社. [Fan J. 2009. Guojia Wenchuan dizhen zaihou chongjian guihua: ziyuan huanjing chengzai nengli pingjia[M]. Beijing, China: Science Press.]
- 樊杰. 2011. 西江经济带(广西段)可持续发展研究: 功能、过程与格局(上册)[M]. 北京: 科学出版社. [Fan J. 2011. Xijiangjingjidai (Guangxiduan) kechixu fazhan yanjiu: gongneng, guocheng yu geju (shangce)[M]. Beijing, China: Science Press.]
- 樊杰. 2015. 中国主体功能区划方案[J]. 地理学报, 70(2): 186-201. [Fan J. 2015. Draft of major function oriented zoning of China[J]. Acta Geographica Sinica, 70(2): 186-201.]
- 樊杰, 周侃, 陈东. 2013. 生态文明建设中优化国土空间开发格局的经济地理学研究创新与应用实践[J]. 经济地理, 33(1): 1-8. [Fan J, Zhou K, Chen D. 2013. Innovation and practice of economic geography for optimizing spatial development pattern in construction of ecological civilization[J]. Economic Geography, 33(1): 1-8.]
- 郭柏林. 1992. 大城市中心区工业布局适宜性评价方法的探讨[J]. 地域研究与开发, 11(2): 1-4. [Guo B L. 1992. On the way of evaluation of the suitability for industrial allocation in the city center of metropolis[J]. Areal Research and Development, 11(2): 1-4.]
- 郭月婷, 廖和平, 徐建刚. 2012. 三峡库区农村居民点用地适宜性评价[J]. 农业工程学报, 28(5): 252-259. [Guo Y T, Liao H P, Xu J G. 2012. Evaluation on suitability of rural residential land in Three Gorges Reservoir region[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 28(5): 252-259.]
- 韩书成, 濮潞杰. 2010. 基于供给约束与需求的土地开发适宜性空间分异研究: 以江苏省为例[J]. 长江流域资源与环境, 19(3): 262-267. [Han S C, Pu L J. 2010. Spatial differentiation of land development suitability based on land supply: demand in Jiangsu Province[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 19(3): 262-267.]
- 何丹, 金凤君, 周璟. 2011. 资源型城市建设用地适宜性评价研究: 以济宁市大运河生态经济区为例[J]. 地理研究, 30(4): 655-666. [He D, Jin F J, Zhou J. 2011. Urban construction land suitability evaluation in resource-based cities: taking the Grand Canal Ecologic and Economic Area as an example[J]. Geographical Research, 30(4): 655-666.]
- 何英彬, 陈佑启, 杨鹏, 等. 2009. 国外基于GIS土地适宜性评价研究进展及展望[J]. 地理科学进展, 28(6): 898-904. [He Y B, Chen Y Q, Yang P, et al. 2009. An overview and perspective of alien land suitability evaluation study based on GIS technology[J]. Progress in Geography, 28(6): 898-904.]
- 侯新文. 2011. 环胶州湾地区城市地质及工程建设适宜性研究[D]. 北京: 中国矿业大学. [Hou X W. 2011. Research on urban geology and suitability of engineering construc-

- tion aurrounding Kiao Chow Bay area[D]. Beijing, China: China University of Mining and Technology.]
- 黄大全, 张文新, 梁进社, 等. 2008. 三明市建设用地开发适宜性评价[J]. 农业工程学报, 24(S1): 202-207. [Huang D Q, Zhang W X, Liang J S, et al. 2008. Suitability evaluation of construction land development in Sanming City of Fujian Province[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 24(S1): 202-207.]
- 简玉华, 陈传康. 1990. 北海市城市用地条件分析评定及土地利用[J]. 热带地理, 10(1): 78-86. [Jian W H, Chen C K. 1990. Assessment on urban land conditions and land use in Beihai City[J]. Tropical Geography, 10(1): 78-86.]
- 江浏光艳. 2009. 建设用地适宜性评价研究[D]. 成都: 四川师范大学. [Jiangliu G Y. 2009. Construction land suitability evaluation[D]. Chengdu, China: Sichuan Normal University.]
- 焦胜, 李振民, 高青, 等. 2013. 景观连通性理论在城市土地适宜性评价与优化方法中的应用[J]. 地理研究, 32(4): 720-730. [Jiao S, Li Z M, Gao Q, et al. 2013. The application of landscape connectivity theory in urban ecology suitability assessment and optimization[J]. Geographical Research, 32(4): 720-730.]
- 孔雪松, 刘耀林, 邓宣凯, 等. 2012. 村镇农村居民点用地适宜性评价与整治分区规划[J]. 农业工程学报, 28(18): 215-223. [Kong X S, Liu Y L, Deng X K, et al. 2012. Suitability evaluation and consolidation division of rural residential areas in villages and towns[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 28(18): 215-223.]
- 李平星, 陈东, 樊杰. 2011. 基于最小费用距离模型的生态可占用性分析: 以广西西江经济带为例[J]. 自然资源学报, 26(2): 227-236. [Li P X, Chen D, Fan J. 2011. Research of ecological occupiability based on least-cost distance model: a case study on Xijiang River Economic Belt in Guangxi[J]. Journal of Natural Resources, 26(2): 227-236.]
- 李秀彬. 2002. 土地利用变化的解释[J]. 地理科学进展, 21(3): 195-203. [Li X B. 2002. Explanation of land use changes[J]. Progress in Geography, 21(3): 195-203.]
- 李猷, 王仰麟, 彭建, 等. 2010. 基于景观生态的城市土地开发适宜性评价: 以丹东市为例[J]. 生态学报, 30(8): 2141-2150. [Li Y, Wang Y L, Peng J, et al. 2010. Assessment of urban land suitability for construction in view of landscape ecology: a case study of Dandong City[J]. Acta Ecologica Sinica, 30(8): 2141-2150.]
- 凌云川. 2007. 土地适宜性评价理论与方法研究[J]. 现代农业科技, (18): 191-192, 194. [Ling Y C. 2007. Tudi shiyixing pingjia lilun yu fangfa yanjiu[J]. Modern Agricultural Science and Technology, (18): 191-192, 194.]
- 刘贵利. 2000. 城乡结合部建设用地适宜性评价初探[J]. 地理研究, 19(1): 80-85. [Liu G L. 2000. The first research on constructive land suitability evaluation in connective location between town and country[J]. Geographical Research, 19(1): 80-85.]
- 刘纪远, 匡文慧, 张增祥, 等. 2014. 20世纪80年代末以来中国土地利用变化的基本特征与空间格局[J]. 地理学报, 69(1): 3-14. [Liu J Y, Kuang W H, Zhang Z X, et al. 2014. Spatiotemporal characteristics, patterns and causes of land use changes in China since the late 1980s[J]. Acta Geographica Sinica, 69(1): 3-14.]
- 刘卫东, 等. 2010. 土地资源学[M]. 上海: 复旦大学出版社. [Liu W D, et al. 2010. Tudi ziyuan xue[M]. Shanghai, China: Press of Fudan University.]
- 刘小平, 黎夏, 彭晓鹃. 2007. "生态位"元胞自动机在土地可持续规划模型中的应用[J]. 生态学报, 27(6): 2391-2402. [Liu X P, Li X, Peng X J. 2007. Niche-based cellular automata for sustainable land use planning[J]. Acta Ecologica Sinica, 27(6): 2391-2402.]
- 刘耀林, 焦利民. 2008. 土地评价: 理论与方法与系统开发[M]. 北京: 科学出版社. [Liu Y L, Jiao L M. 2008. Tudi pingjia: lilun, fangfa yu xitong kaifa[M]. Beijing, China: Science Press.]
- 刘焱序, 彭建, 韩忆楠, 等. 2014. 基于OWA的低丘缓坡建设开发适宜性评价: 以云南大理白族自治州为例[J]. 生态学报, 34(12): 3188-3197. [Liu Y X, Peng J, Han Y N, et al. 2014. Suitability assessment for building land consolidation on gentle hillside based on OWA operator: a case in Dali Bai Nationality Borough in Yunnan, China[J]. Acta Ecologica Sinica, 34(12): 3188-3197.]
- 陆玉麒, 林康, 张莉. 2007. 市域空间发展类型区划分的方法探讨: 以江苏省仪征市为例[J]. 地理学报, 62(4): 351-363. [Lu Y Q, Lin K, Zhang L. 2007. The methods of spatial development regionalization: a case study of Yizheng City[J]. Acta Geographica Sinica, 62(4): 351-363.]
- 罗婧, 姚亦锋, 盛鸣, 等. 2009. 基于GIS的陇南灾区建设用地适宜性评价[J]. 长江流域资源与环境, 18(6): 540-544. [Luo J, Yao Y F, Sheng M, et al. 2009. Evaluation of potential land use in the region of Longnan based on GIS[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 18(6): 540-544.]
- 雒爱萍. 1990. 有关城市土地评价的若干问题: 以西安市建成区为例[J]. 地域研究与开发, 9(3): 23-27. [Luo A P. 1990. A certain number questions about city land assessment[J]. Areal Research and Development, 9(3): 23-27.]

- 麦克哈格. 1967. 设计结合自然[M]. 芮经纬, 译. 天津: 天津大学出版社. [McHarg I L. 1967. Design with nature[M]. Rui J W, Trans.. Tianjin, China: Press of Tianjin University.]
- 蒙古军. 2011. 土地评价与管理[M]. 第二版. 北京: 科学出版社. [Meng J J. 2011. Tudi pingjia yu guanli[M]. 2nd ed. Beijing, China: Science Press.]
- 倪绍祥, 陈传康. 1993. 我国土地评价研究的近况进展[J]. 地理学报, 48(1): 75-83. [Ni S X, Chen C K. 1993. Recent progress in the study of land evaluation in China[J]. Acta Geographica Sinica, 48(1): 75-83.]
- 钮心毅, 宋小冬. 2007. 基于土地开发政策的城市用地适宜性评价[J]. 城市规划学刊, (2): 57-61. [Niu X Y, Song X D. 2007. Land suitability evaluation for land development policy alternatives[J]. Urban Planning Forum, (2): 57-61.]
- 欧阳志云, 王如松, 符贵南. 1996. 生态位适宜度模型及其在土地利用适宜性评价中的应用[J]. 生态学报, 16(2): 113-120. [Ouyang Z Y, Wang R S, Fu G N. 1996. Ecological niche suitability model and its application in land suitability assessment[J]. Acta Ecologica Sinica, 16(2): 113-120.]
- 彭搏, 石黄磊. 2012. 武汉市工业用地生态适宜性评价[J]. 中国土地科学, 26(2): 74-78. [Peng B, Shi H L. 2012. Ecological suitability assessment on urban industrial land in Wuhan[J]. China Land Sciences, 26(2): 74-78.]
- 祁豫玮, 顾朝林. 2010. 市域开发空间区划方法与应用: 以南京市为例[J]. 地理研究, 29(11): 2035-2044. [Qi Y W, Gu C L. 2010. Study on the methods and their application for the urban development spatial division: a case of Nanjing [J]. Geographical Research, 29(11): 2035-2044.]
- 钱乐祥, 郑建闽, 曹文志, 等. 1996. 城镇建设用地适宜性评价信息系统研究: 以福建省漳州市芗城区为例[J]. 热带地理, 16(2): 114-121. [Qian L X, Zheng J M, Cao W Z, et al. 1996. Information system for evaluation of urban construction land: a case study of Xiangcheng District of Zhangzhou Municipality, Fujian[J]. Tropical Geography, 16(2): 114-121.]
- 秦天天, 齐伟, 李云强, 等. 2012. 基于生态位的山地农村居民点适宜度评价[J]. 生态学报, 32(16): 5175-5183. [Qin T T, Qi W, Li Y Q, et al. 2012. Suitability evaluation of rural residential land based on niche theory in mountainous area[J]. Acta Ecologica Sinica, 32(16): 5175-5183.]
- 邱炳文, 池天河, 王钦敏, 等. 2004. GIS在土地适宜性评价中的应用与展望[J]. 地理与地理信息科学, 20(5): 20-23, 44. [Qiu B W, Chi T H, Wang Q M, et al. 2004. Application of GIS and its prospect in land suitability assessment [J]. Geography and Geo-Information Science, 20(5): 20-23, 44.]
- 曲衍波, 张凤荣, 姜广辉, 等. 2010. 基于生态位的农村居民点用地适宜性评价与分区调控[J]. 农业工程学报, 26(11): 290-296. [Qu Y B, Zhang F R, Jiang G H, et al. 2010. Suitability evaluation and subarea control and regulation of rural residential land based on niche[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 26(11): 290-296.]
- 单玉红. 2009. 基于土地生态位和多主体的城市居住空间演化情景模型研究[D]. 武汉: 武汉大学. [Shan Y H. 2009. Researches on urban residential space extension scenario model based on multi-agents and land use ecological niche theory[D]. Wuhan, China: Wuhan University.]
- 申金山, 关柯, 李峰. 1999. 城市居住用地适宜性评价方法与应用[J]. 城市环境与城市生态, 12(2): 29-31. [Shen J S, Guan K, Li F. 1999. Evaluation method of feasibility for urban dwelling land and its application[J]. Urban Environment & Urban Ecology, 12(2): 29-31.]
- 史同广, 郑国强, 王智勇. 2007. 中国土地适宜性评价研究进展[J]. 地理科学进展, 26(2): 106-115. [Shi T G, Zheng G Q, Wang Z Y. 2007. Progress in research on land suitability evaluation in China[J]. Progress in Geography, 26(2): 106-115.]
- 孙伟, 陈雯. 2009. 市域空间开发适宜性分区与布局引导研究: 以宁波市为例[J]. 自然资源学报, 24(3): 402-413. [Sun W, Chen W. 2009. Regionalization of spatial potential development and distribution guidance: a case study of Ningbo City[J]. Journal of Natural Resources, 24(3): 402-413.]
- 孙伟, 陈雯, 段学军, 等. 2007. 基于生态—经济重要性的滨湖城市土地开发适宜性分区研究: 以无锡市为例[J]. 湖泊科学, 19(2): 190-196. [Sun W, Chen W, Duan X J, et al. 2007. The feasible development regionalization of land use based on the ecological-economic analysis approach in lakeshore city area: taking Wuxi as a case[J]. Journal of Lake Sciences, 19(2): 190-196.]
- 孙焯, 张响, 马小晶. 2012. 基于生态安全视角的用地适宜性评价方法探索: 以株洲枫溪生态城为例[J]. 城市规划学刊, (7): 234-240. [Sun Y, Zhang X, Ma X J. 2012. Method of land suitability evaluation based on ecological security: taking Fengxi Eco-city of Zhuzhou as an example[J]. Urban Planning Forum, (7): 234-240.]
- 唐常春, 孙威. 2012. 长江流域国土空间开发适宜性综合评价[J]. 地理学报, 67(12): 1587-1598. [Tang C C, Sun W. 2012. Comprehensive evaluation of land spatial development suitability of the Yangtze River Basin[J]. Acta Geo-

- graphica Sinica, 67(12): 1587-1598.]
- 陶岸君. 2011. 我国地域功能的空间格局与区划方法[D]. 北京: 中国科学院大学. [Tao A J. 2011. The spatial pattern of territorial function distribution of China and the methodology of territorial function regionalization[D]. Beijing, China: Graduate University of Chinese Academy of Sciences.]
- 王成金, 张岸. 2012. 基于交通优势度的建设用地适宜性评价与实证: 以玉树地震灾区为例[J]. 资源科学, 34(9): 1688-1697. [Wang C J, Zhang A. 2012. Evaluation of transport dominance and delimitation of land suitability for construction in the Yushu Earthquake region[J]. Resources Science, 34(9): 1688-1697.]
- 王琳, 朱天明, 杨桂山, 等. 2010. 基于GIS空间分析的县域建设功能空间分区研究: 以江苏省昆山市为例[J]. 长江流域资源与环境, 19(7): 725-731. [Wang L, Zhu T M, Yang G S, et al. 2010. Constructive function spatial regionalization based on GIS spatial analysis: a case study of Kunshan in Jiangsu Province[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 19(7): 725-731.]
- 王思易, 欧名豪. 2013. 基于景观生态安全格局的建设用地管制分区[J]. 生态学报, 33(14): 4425-4435. [Wang S Y, Ou M H. 2013. Zoning for regulating of construction land based on landscape security pattern[J]. Acta Ecologica Sinica, 33(14): 4425-4435.]
- 温华特. 2006. 城市建设用地适宜性评价研究[D]. 杭州: 浙江大学. [Wen H T. 2006. Study on urban constructive land suitability evaluation[D]. Hangzhou, China: Zhejiang University.]
- 吴传钧, 侯峰. 1990. 国土开发整治与规划[M]. 南京: 江苏教育出版社. [Wu C J, Hou F. 1990. Guotu kaifa zhengzhi yu guihua[M]. Nanjing, China: Jiangsu Education Press.]
- 吴春华, 胡远满, 黄培泉, 等. 2013. 基于最小阻力模型阜新市城市及农村居民点适宜性评价研究[J]. 资源科学, 35(12): 2405-2411. [Wu C H, Hu Y M, Huang P Q, et al. 2013. Suitability evaluation of cities and rural settlements in Fuxin based on the model of least resistance[J]. Resources Science, 35(12): 2405-2411.]
- 吴恒. 1995. 城市用地的影响因素分析及其评价系统[J]. 地理研究, 14(4): 69-77. [Wu H. 1995. Influential factors and the evaluating system of urban area land-use[J]. Geographical Research, 14(4): 69-77.]
- 伍世代. 2000. GIS支持的福清市多目标土地适宜性评价[J]. 福建师范大学学报: 自然科学版, 16(3): 87-90, 96. [Wu S D. 2000. GIS-aided land suitability appraisal for a multi-objective land-use in Fuqing Municipality[J]. Journal of Fujian Normal University: Natural Science, 16(3): 87-90, 96.]
- 许嘉巍, 刘惠清. 1999. 长春市城市建设用地适宜性评价[J]. 经济地理, 19(6): 101-104. [Xu J W, Liu H Q. 1999. Evaluation on the suitability of land used for construction in Changchun City[J]. Economic Geography, 19(6): 101-104.]
- 薛继斌, 徐保根, 李湛, 等. 2011. 村级土地利用规划中的建设用地适宜性评价研究[J]. 中国土地科学, 25(9): 16-21. [Xue J B, Xu B G, Li Z, et al. 2011. Suitability assessment of construction land in land use planning at village level[J]. China Land Science, 25(9): 16-21.]
- 杨立, 郝晋珉, 王绍磊, 等. 2011. 基于空间相互作用的农村居民点用地空间结构优化[J]. 农业工程学报, 27(10): 308-315. [Yang L, Hao J M, Wang S L, et al. 2011. Spatial structure optimization of rural residential land based on spatial interaction[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 27(10): 308-315.]
- 尹海伟, 孔繁花, 罗震东, 等. 2013. 基于潜力—约束模型的冀中南区域建设用地适宜性评价[J]. 应用生态学报, 24(8): 2274-2280. [Yin H W, Kong F H, Luo Z D, et al. 2013. Suitability assessment of construction land in the central and southern parts of Hebei Province, China based on potential- limitation model[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 24(8): 2274-2280.]
- 俞艳, 何建华. 2008. 基于生态位适宜度的土地生态经济适宜性评价[J]. 农业工程学报, 24(1): 124-128. [Yu Y, He J H. 2008. Land eco- economical suitability evaluation based on niche fitness[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 24(1): 124-128.]
- 赵羿, 胡远满, 曹宇, 等. 2005. 土地与景观: 理论基础、评价、规划[M]. 北京: 科学出版社. [Zhao Y, Hu Y M, Cao Y, et al. 2005. Tudi yu jingguan: lilun jichu, pingjia, guihua [M]. Beijing, China: Science Press.]
- 周建飞, 曾光明, 黄国和, 等. 2007. 基于不确定性的城市扩展用地生态适宜性评价[J]. 生态学报, 27(2): 774-783. [Zhou J F, Zeng G M, Huang G H, et al. 2007. The ecological suitability evaluation on urban expansion land based on uncertainties[J]. Acta Ecologica Sinica, 27(2): 774-783.]
- 宗跃光, 王蓉, 汪成刚, 等. 2007. 城市建设用地生态适宜性评价的潜力—限制性分析: 以大连城市化区为例[J]. 地理研究, 26(6): 1117-1126. [Zong Y G, Wang R, Wang C G, et al. 2007. Ecological suitability assessment on land use based on potential-constrain approach: the case of urbanized areas in Dalian City, China[J]. Geographical Research, 26(6): 1117-1126.]
- Bagdanavičiūtė I, Valiūnas J. 2013. GIS-based land suitability

- analysis integrating multi-criteria evaluation for the allocation of potential pollution sources[J]. *Environmental Earth Sciences*, 68(6): 1797-1812.
- Bojórquez-Tapia L A, Diaz-Mondragón S, Ezcurra E. 2001. GIS-based approach for participatory decision making and land suitability assessment[J]. *International Journal of Geographical Information Science*, 15(2): 129-151.
- Bojórquez-Tapia L A, Ongay-Delhumeau E, Ezcurra E. 1994. Multivariate approach for suitability assessment and environmental conflict resolution[J]. *Journal of Environmental Management*, 41(3): 187-198.
- Camacho Olmedo M T, Paegelow M, Mas J F. 2013. Interest in intermediate soft-classified maps in land change model validation: suitability versus transition potential[J]. *International Journal of Geographical Information Science*, 27(12): 2343-2361.
- Chow T E, Sadler R. 2010. The consensus of local stakeholders and outside experts in suitability modeling for future camp development[J]. *Landscape and Urban Planning*, 94(1): 9-19.
- Collins M G, Steiner F R, Rushman M J. 2001. Land-use suitability analysis in the United States: historical development and promising technological achievements[J]. *Environmental Management*, 28(5): 611-621.
- Delgado O B, Mendoza M, Granados E L, et al. 2008. Analysis of land suitability for the siting of inter-municipal landfills in the Cuitzeo Lake Basin, Mexico[J]. *Waste Management*, 28(7): 1137-1146.
- Dobson J E. 1979. A regional screening procedure for land use suitability analysis[J]. *Geographical Review*, 69(2): 224-234.
- Driessen P M, Konijn N T. 1992. Land-use systems analysis [M]. Wageningen, the Netherlands: Wageningen Agricultural University.
- Fan C J, Shen S G, Wang S H, et al. 2011. Research on urban land ecological suitability evaluation based on gravity-resistance model: a case of Deyang City in China[J]. *Procedia Engineering*, 21: 676-685.
- Ferretti V, Pomarico S. 2013. Ecological land suitability analysis through spatial indicators: an application of the analytic network process technique and ordered weighted average approach[J]. *Ecological Indicators*, 34: 507-519.
- Gong J Z, Liu Y S, Chen W L. 2012. Land suitability evaluation for development using a matter-element model: a case study in Zengcheng, Guangzhou, China[J]. *Land Use Policy*, 29(2): 464-472.
- Hopkins L D. 1977. Methods for generating land suitability maps: a comparative evaluation[J]. *Journal of the American Institute of Planners*, 43(4): 386-400.
- Javadian M, Shamskooshki H, Momeni M. 2011. Application of sustainable urban development in environmental suitability analysis of educational land use by using AHP and GIS in Tehran[J]. *Procedia Engineering*, 21: 72-80.
- Joerin F, Thériault M, Musy A. 2001. Using GIS and outranking multicriteria analysis for land-use suitability assessment[J]. *International Journal of Geographical Information Science*, 15(2): 153-174.
- Lyle J, Stutz F P. 1983. Computerised land use suitability mapping[J]. *The Cartographic Journal*, 20(1): 39-49.
- MacDougall E B. 1975. The accuracy of map overlays[J]. *Landscape Planning*, 2: 23-30.
- Malczewski J. 2004. GIS-based land-use suitability analysis: a critical overview[J]. *Progress in Planning*, 62(1): 3-65.
- Miller W, Collins M G, Steiner F R, et al. 1998. An approach for greenway suitability analysis[J]. *Landscape and Urban Planning*, 42(2-4): 91-105.
- Pourebahram S, Hadipour M, Mokhtar M B. 2011. Integration of spatial suitability analysis for land use planning in coastal areas: case of Kuala Langat District, Selangor, Malaysia[J]. *Landscape and Urban Planning*, 101(1): 84-97.
- Roberts M C, Randolph J C, Chiesa J R. 1979. A land suitability model for the evaluation of land-use change[J]. *Environmental Management*, 3(4): 339-352.
- Rodriguez-Gallego L, Achkar M, Conde D. 2012. Land suitability assessment in the Catchment Area of Four Southwestern Atlantic Coastal Lagoons: multicriteria and optimization modeling[J]. *Environmental Management*, 50(1): 140-152.
- Shearera K S, Xiang W N. 2009. Representing multiple voices in landscape planning: a land suitability assessment study for a park land-banking program in Concord, North Carolina, USA[J]. *Landscape and Urban Planning*, 93(2): 111-122.
- Steiner F. 1983. Resource suitability: methods for analyses[J]. *Environmental Management*, 7(5): 401-420.
- Steiner F, McSherry L, Cohen J. 2000. Land suitability analysis for the Upper Gila River Watershed[J]. *Landscape and Urban Planning*, 50(4): 199-214.
- Steinitz C, Parker P, Jordan L. 1976. Hand-drawn overlays: their history and prospective uses[J]. *Landscape Architecture*, 66(5): 444-455.
- Uy P D, Nakagoshi N. 2008. Application of land suitability analysis and landscape ecology to urban green space planning in Hanoi, Vietnam[J]. *Urban Forestry & Urban Greening*, 7(1): 25-40.
- Warner M. 1996. Integration of regional land use planning

- with environmental impact assessment: a practical land suitability assessment approach[J]. *Impact Assessment*, 14 (2): 155-189.
- Xu K, Kong C F, Li J F, et al. 2011. Suitability evaluation of urban construction land based on geo-environmental factors of Hangzhou, China[J]. *Computers & Geosciences*, 37(8): 992-1002.
- Zhang X R, Fang C L, Wang Z B, et al. 2013. Urban construction land suitability evaluation based on improved multi-criteria evaluation based on GIS (MCE-GIS): case of new Hefei City, China[J]. *Chinese Geographical Science*, 23 (6): 740-753.

Progress in evaluating suitability of spatial development and construction land

YU Zhonglei¹, ZHANG Wenxin¹, LIANG Jinshe¹, ZHUANG Li^{2*}

(1. School of Geography, Beijing Normal University, Beijing 100875, China;

2. College of Water Sciences, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

Abstract: Suitability of spatial development and construction land (SSDCL) is the scientific foundation for spatial development optimization and selection of space for building. This article introduces the SSDCL's concept and connotation, and summarizes case studies on this topic from multiple perspectives. It then analyzes and comments on the factors, indicator systems, and evaluation methods of SSDCL. The review shows that indicators for evaluation include physical geographic, ecological, economic, institutional, and social factors. Chinese scholars have not been paying enough attention to the social and behavioral factors and attitude and preference of the public. At present, there is a general lack of theoretical basis for the selection of indicators and classification of suitability, which compromise the scientific quality of SSDCL evaluation. Four evaluation frameworks have been used in evaluating suitability of spatial development and construction land. These include integrated overlay analysis of multiple indicators; simulation of spatial interaction and trend; suitability analysis based on ecological niche; and participatory comprehensive evaluation. Integrating the various evaluation frameworks to develop a system that takes into account both relationships among different stakeholder groups and the human-environment relationship should be emphasized in future research. The following measures can be implemented to promote the progress of SSDCL: (1) Establish an improved evaluation system of SSDCL and strengthen theoretical research to form a stronger foundation for an improved indicator system. (2) Improve the evaluation frameworks, technical methods, and standardization to increase the scientific quality of SSDCL evaluation. (3) Develop a classification system that meets the demands of spatial governance policy. (4) Expand the scope of SSDCL case study and applications. (5) Integrate the macro-scale territorial spatial development suitability evaluation and the micro-level construction land suitability evaluation in order to meet the practical requirements of multi-level plan integration.

Key words: territorial space; spatial development; construction land; suitability; evaluation; progress