

doi: 10.12029/gc20200614

姜华,唐晓华,杨利亚,刘志雄,王宁涛,刘磊. 2020. 基于土地资源的市县级多要素国土空间开发适宜性评价研究——以湖北省宜昌市为例[J]. 中国地质, 47(6):1776-1792.

Jiang Hua, Tang Xiaohua, Yang Liya, Liu Zhixiong, Wang Ningtao, Liu Lei. 2020. Suitability evaluation of land space development based on land resources: A case study of Yichang City in Hubei Province [J]. *Geology in China*, 47(6):1776-1792(in Chinese with English abstract).

## 基于土地资源的市县级多要素国土空间开发适宜性 评价研究——以湖北省宜昌市为例

姜华<sup>1</sup>,唐晓华<sup>2</sup>,杨利亚<sup>3</sup>,刘志雄<sup>4</sup>,王宁涛<sup>1</sup>,刘磊<sup>1</sup>

(1. 中国地质调查局武汉地质调查中心(中南地质科技创新中心),湖北武汉 430205;2. 宜昌市自然资源和规划局,湖北宜昌 443000;3. 北京矿产地质研究院有限责任公司,北京 100012;4. 湖北省气象局,湖北武汉 430074)

**摘要:**国土空间开发适宜性评价是国土空间规划编制的重要基础,市县是落实主体功能区划的基本单元,市县级国土空间开发适宜性评价可为国土资源与空间更精细化的管理提供有效支撑。本研究从自然因素和社会经济因素两个方面构建了国土空间开发适宜性评价指标体系,对宜昌市农业生产适宜性及城镇建设适宜性进行了评价,划分出适宜、较适宜、一般适宜、较不适宜和不适宜 5 类区域。结果表明宜昌市适宜开展农业生产的土地面积为 3412 km<sup>2</sup>,不适宜土地面积为 7143 km<sup>2</sup>;适宜进行城镇建设的土地面积为 748 km<sup>2</sup>,不适宜土地面积为 14679 km<sup>2</sup>。农业生产和城镇建设适宜性评价结果均呈现出典型的区域特征,适宜区主要分布在东部的平原区,区域整体的国土空间开发条件好;不适宜区主要分布在西部山区,区域整体的国土空间开发难度大。适宜性评价结果与规划数据有部分出入,与土地利用现状相差不大,农业生产适宜等级的土地面积比耕地保有量红线面积多 132 km<sup>2</sup>,分布于农业生产适宜和较适宜区的现状耕地占耕地总面积的 73.98%;城镇建设适宜等级的土地面积比建设用地底线面积少 611 km<sup>2</sup>,分布于城镇建设适宜和较适宜区的现状建设用地占建设用地总面积的 77.99%。将评价结果叠加在谷歌卫星图上,在空间上观察是否与土地现状一致,结果表明农业生产适宜区的评价结果准确率达 100%,不适宜区的准确率为 93%;城镇建设适宜区和不适宜区评价结果准确率达 100%。

**关键词:**国土空间开发;农业生产;城镇建设;适宜性评价;宜昌市

中图分类号: F061.6 文献标志码: A 文章编号: 1000-3657(2020)06-1776-17

## Suitability evaluation of land space development based on land resources: A case study of Yichang City in Hubei Province

JIANG Hua<sup>1</sup>, TANG Xiaohua<sup>2</sup>, YANG Liya<sup>3</sup>, LIU Zhixiong<sup>4</sup>, WANG Ningtao<sup>1</sup>, LIU Lei<sup>1</sup>

(1. Wuhan Center, China Geological Survey (Central South China Innovation Center for Geosciences), Wuhan 430205, Hubei, China; 2. Yichang Bureau of Natural Resources and Planning, Yichang 443000, Hubei, China; 3. Beijing Institute of Geology for Mineral Resources, Beijing 100012, China; 4. Hubei Meteorological Service, Wuhan 430074, Hubei, China)

收稿日期:2020-06-07;改回日期:2020-09-15

基金项目:中国地质调查局地质调查项目(DD20190315、DD201900823)资助。

作者简介:姜华,女,1991年生,硕士,助理工程师,主要从事土地质量评价相关研究工作;E-mail:jianghualj@163.com。

通讯作者:刘磊,男,1987年生,博士,助理研究员,主要从事地质安全评价相关研究工作;E-mail:martianstar@163.com。

**Abstract:** The suitability evaluation of the land space development is the base of the territory development plan, the city and county are the basic units to implement the main function zoning, and the suitability evaluation of land space development at the city and county level can provide effective support for the more refined management of land resources and space. In this study, the authors built the indicator system with the nature factors and social economy to evaluate the suitability of agricultural production and urban construction processes in Yichang City. Five category areas are distinguished according to the evaluation results. The results show that the land area suitable for agricultural production reaches 3412 km<sup>2</sup>, while 7143 km<sup>2</sup> of land area is not suitable. Only 748 km<sup>2</sup> land area is suitable for urban construction. The results indicate that the suitable area is mainly distributed in the east area of Yichang City, whereas the western montane area is not suitable and hard for land space development. The results of the suitability evaluation are in good agreement with the present land utilization, but there are some discrepancies between the results and planning data. The suitable area for agricultural production is 132 km<sup>2</sup> larger than the reserved cultivated land. The present cultivated land distributed in the suitable and comparatively suitable areas for agricultural production accounts for 73.98% of the total cultivated land area. The suitable area for urban constructions is 611 km<sup>2</sup> less than the bottom line of construction land. The current construction land distributed in the urban construction suitable and comparatively suitable areas accounts for 73.98% of the total construction land area. Compared with the remote sense image, the accuracies of the evaluation results including agricultural production and urban construction area were analyzed, and the result shows that the accuracy of suitable area evaluation reaches 100%, while the evaluate accuracies of the unsuitable area for agricultural production and urban construction are 93% and 100%, respectively.

**Key words:** land space development; agricultural production; urban construction; suitability evaluation; Yichang City

**About the first author:** JIANG Hua, female, born in 1991, master, assistant engineer, mainly engages in the study of land quality evaluation; E-mail: jianghualj@163.com.

**About the corresponding author:** LIU Lei, male, born in 1987, doctor, assistant researcher, mainly engages in the study of geological safety evaluation; E-mail: martianstar@163.com.

**Fund support:** Supported by China Geological Survey Program (No. DD20190315, No. DD201900823).

## 1 引言

国土空间开发适宜性评价包括生态保护重要性评价、农业生产适宜性评价和城镇建设适宜性评价三个方面,该评价是国土空间格局优化和主体功能区划的重要基础(Li et al., 2018; 陈伟莲等, 2019; 杜海娥等, 2019;),可服务于生态保护红线、永久基本农田、城镇开发边界(“三线”)的划定。2018年4月习近平总书记《在深入推动长江经济带发展座谈会上的讲话》里提到“在开展资源环境承载能力和国土空间开发适宜性评价的基础上,抓紧完成长江经济带“三线”的划定工作”(习近平, 2018)。2019年5月《中共中央国务院关于建立国土空间规划体系并监督实施的若干意见》提出“在资源环境承载能力和国土空间开发适宜性评价的基础上,科学有序统筹布局生态、农业、城镇等功能空间,划定“三线”的空间管控边界”(中华人民共和国中央人民政府, 2019)。

已开展的各个尺度资源环境承载能力和国土空间开发适宜性评价工作,以大尺度的评价为主,

且已取得显著成果,如长江经济带资源环境承载力评价(姜月华等, 2017, 2019; 尚勇敏等, 2019; 何刚等, 2019)、江苏省及沿海地区资源环境承载力与国土空间开发建设适宜性评价(沈春竹等, 2019; Liu et al., 2020)、京津冀地区资源环境分析(马震等, 2017)、中原城市群承载力与适宜性评价(吕斌等, 2008; 李春燕等, 2014; 韩鹏等, 2015)、长三角区城市土地资源承载力评价(Sun et al., 2020)等。与大尺度研究相比较,中小尺度下的国土空间开发适宜性研究开展较晚、成果较少,如延安市延川县承载力与适宜性评价(张茂省等, 2019; 郑续等, 2020)、张家口市崇礼区国土空间开发适宜性评价(张伶俐等, 2019)、淮安市城市水资源承载力评价(Lu et al., 2017)、广西江南片区建设用地适宜性评价(齐信等, 2017)等。由于前期的地质调查工作以大尺度为主,生态、环境等指标的基层监测网络不完善,加上市县层面的资源环境监测数据多为内部资料,公开化程度很低,导致中小尺度评价的基础数据获取难度较大(周璞等, 2017)。随着生态文明建设的推进,国土资源与空间需要更精细化的管理,市县是

落实主体功能区划等政策的基本单元,为了提供有效的支撑,这就要求国土空间开发适宜性评价研究应向中小尺度推进(卢青等,2019)。

国内外学者对国土空间开发适宜性评价做了大量的研究,研究区及研究视角的差异导致指标体系选取多元化,主要涵盖自然地理(Mukhtar, 2013; 高晓路等, 2019; 李崇博等, 2020)、生态环境(Steiner et al., 2000; Pourebrahim et al., 2011; 张雪飞等, 2019)、社会经济(樊杰, 2015; Liu et al., 2020)、公众诉求(Javadian et al., 2011; Bagdanavičiūtė et al., 2013)、政策制度(沈春竹等, 2019; 严惠明, 2019)等方面。本研究选取湖北省宜昌市为研究对象,通过梳理现有技术指南中涉及到的要素指标,构建了国土空间开发适宜性评价指标体系;综合考虑评价指标的数据获取情况及宜昌市区域特征,对部分指标的阈值区间进行细分,提升了中小尺度下

的国土空间开发适宜性评价结果的科学性,以期为宜昌市国土空间格局优化、国土资源节约集约开发等提供支撑,为其他中小尺度适宜性评价研究提供参考。

## 2 研究区概况及数据来源

### 2.1 研究区概况

宜昌市地处湖北省西南部,位于长江中游与上游的结合部,地理位置为 $29^{\circ}56' \sim 31^{\circ}34'N$ 、 $110^{\circ}15' \sim 112^{\circ}04'E$ ,辖5区、3市、5县(图1)。全市面积 $2.1$ 万 $\text{km}^2$ ,地形复杂,高低相差悬殊,地势由西向东倾斜,依次出现山地、丘陵、平原等地貌,西部山地占总面积的 $69\%$ ,中部丘陵占总面积的 $21\%$ ,东部平原占总面积的 $10\%$ ,总体构成“七山二丘一分平”的地貌格局(熊善高等,2016)。

宜昌市是维护长江流域中上游水环境安全、承

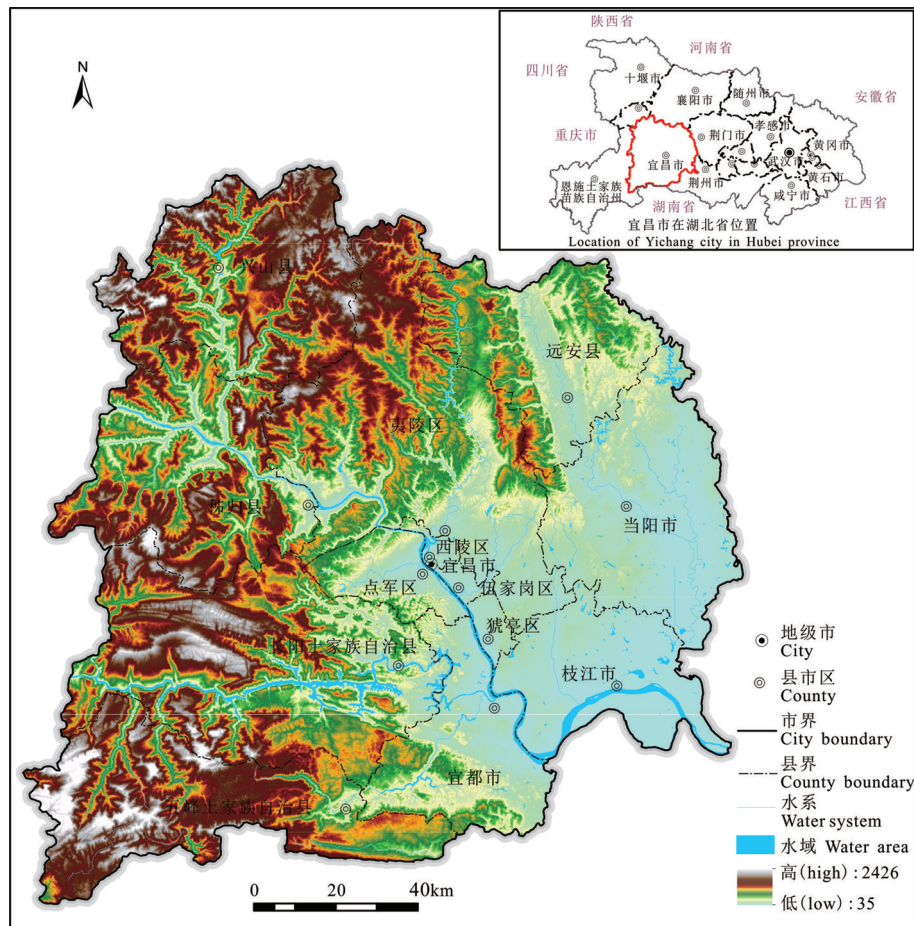


图1 宜昌市区位示意图

Fig.1 Location map of Yichang City



担流域环境调节功能的重要城市,世界最大的水电站长江三峡水电站座落于此。在湖北省城镇体系和生态环境战略格局中,宜昌市是湖北省副中心城市,是长江经济带的重要节点,也是鄂西生态文化旅游圈生态文明建设的龙头城市和重要支点(宜昌市人民政府,2015)。现阶段,宜昌市正面临着生态保护与经济发展矛盾加剧、开发金山银山与保护绿水青山的“两难”时期,全面把握区域资源环境承载状况,力求为国土空间规划编制提供支撑,是当前的重点任务。

## 2.2 数据来源

本研究对农业生产适宜性和城镇建设适宜性进行了评价,采用的数据为DEM、土地利用现状、年平均降水量、地表水资源量、地下水资源量、水系沉积物污染物含量、年平均静风日数、年平均风速、断面点监测数据、洪涝、干旱、低温寒潮、霜冻、高速、国道、省道、县道、乡道、高速闸口、铁路站点、机场、港口等数据。数据类型主要为矢量数据和栅格数据,均转换为CGCS2000坐标系后,再全部转为30 m空间分辨率的栅格数据;水资源、气象灾害等数据为统计数据,与县级行政区划单元属性匹配后,形成空间数据;水系沉积物、断面点监测数据为带坐标的文本数据,插值为30 m空间分辨率的栅格数据后使用。由于未收集到宜昌市生态相关数据,本研究未进行生态保护重要性评价。

DEM数据来源于中国科学院计算机网络信息中心地理空间数据云平台(<http://www.gscloud.cn>),空间分辨率为30 m;土地利用现状来源于从中国地质调查局武汉地质调查中心收集的全国第二次土地利用现状更新调查数据;年平均降水量、地表水资源量、地下水资源量数据来源于从水利和湖泊局收集的宜昌市水资源公报;水系沉积物污染物含量来源于1:20万区域地球化学调查成果;断面点监测数据来源于中国地质调查局武汉地质调查中心《宜昌生态文明示范区地质调查》工程;年平均静风日数、年平均风速、洪涝、干旱、低温寒潮、霜冻等数据来源于宜昌市气象局;高速、国道、省道、县道、乡道、高速闸口、铁路站点、机场、港口数据来源于百度地图API。

## 3 国土空间开发适宜性评价方法

### 3.1 总体思路

本次评价的核心思想是短板效应原理,在确定

单指标评价等级基础上,采用多指标综合叠加方法,确定各评价单元的适宜性程度(图2)。根据评价指标对国土空间开发建设的限制程度,将其分为强限制指标、非强限制指标和适宜性指标。其中,强限制指标包括现状耕地、现状建设用地,非强限制指标包括坡度、土壤质地、高程、地形起伏度、降水量、地表水资源量、地下水资源量、土壤污染物含量、大气环境容量、水环境容量、灾害等,适宜性指标包括地块连片度、地块集中度、区位优势度。具体步骤为:

首先,依据短板效应原理,对各单项指标进行分类赋值。对强限制指标直接赋值为不适宜区;非强限制指标根据阈值进行分级,阈值的选取以技术指南为参考,结合宜昌市区域特征确定,如高程评价时,技术指南以5000 m、3500 m作为阈值,而宜昌市全域最高2426 m,结合宜昌市土地利用现状,参考技术指南阈值建议,选用耕地、建设用地主要分布高程范围来确定高程阈值,建设用地中90%海拔在200 m以下,几乎所有的建设用地海拔分布在750 m以下,几乎所有的耕地海拔分布在2000 m以下,因此以2000 m、1000 m、750 m、200 m进行高程分级,利用重分类的方法得到土地资源、水资源、环境、灾害、区位优势度的单项评价等级,并赋值1~5,数值越大表示等级越好。

其次,在单指标评价结果的基础上,根据各指标对适宜性评价的重要性评分为-5~5分,利用GIS的空间分析功能,将各单项指标评价图层进行空间叠加,得到的分值越高表示越适宜,分值不大于1的区域均为不适宜,得到初判适宜性等级。最后,利用地块集中度、区位优势度、现状耕地、现状建设用地,对初判适宜性等级进行修正,形成农业生产适宜性和城镇建设适宜性评价结果。

### 3.2 评价指标体系

参照相关文献(丁建中等,2008; Abushnaf Farag F et al., 2013; 刘丰有等,2014; 迪力沙提·亚库甫等,2019; 纪学朋等,2019; 李慎鹏等,2019),国土空间开发适宜性评价指标体系主要分为两大类,一类是限制性因素指标体系,另一类是适宜性评价指标体系。本文选取地形地貌、水文条件、土壤条件、气候条件、自然灾害、区位条件等对国土空间开发影响较大的因素,构建适宜性评价指标体系(表1)。



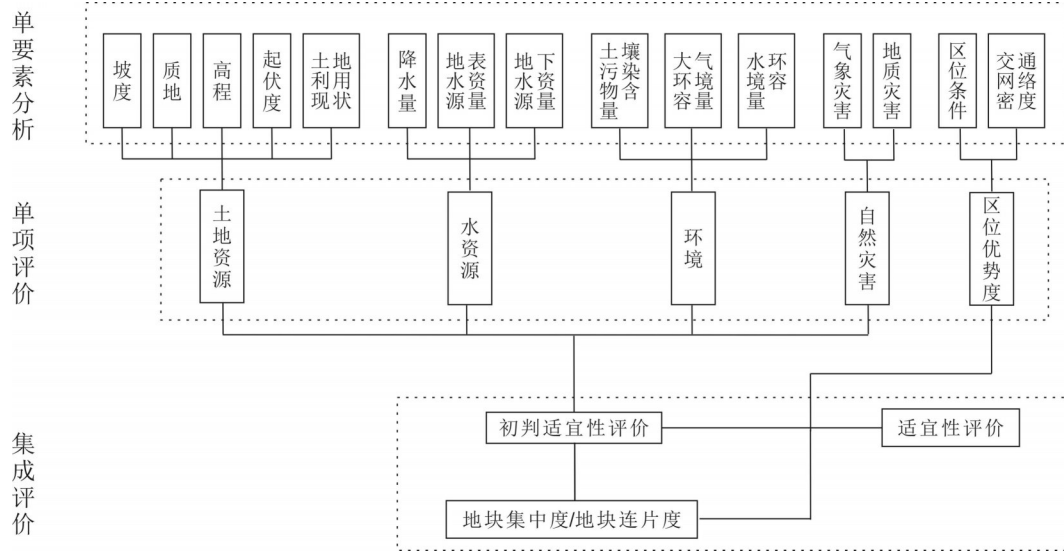


图2 国土空间开发适宜性评价技术路线图

Fig.2 Technical route map of suitability evaluation for land space development

### 4 国土空间开发适宜性评价

国土空间开发适宜性评价是在资源环境要素评价的基础上,初判农业生产适宜性纳入地块连片度,初判城镇建设适宜性纳入区位优势度和地块集中度,进行评价的。资源环境要素包括土地资源、水资源、环境、灾害、区位优势度5个要素。

#### 4.1 农业生产适宜性评价

在土地资源方面,以坡度和土壤质地两项指标评价农业耕作条件,分级阈值及评分见表2。在土壤为黏土和砂土的区域,将坡度分级降一级,得到农业耕作条件。

在水资源方面,以多年平均降水量评价农业供水条件,宜昌市多年平均降水量最小值大于800 mm,按照降水量 > 1200 mm、1200 ~ 800 mm划分等级,作为农业供水条件。

在环境方面,以土壤污染物浓度评价土壤环境容量,宜昌市未进行覆盖全域的土地质量地球化学调查工作,因此用水系沉积物数据代替土壤数据。依据《土壤环境质量农用地土壤污染风险管控标准(试行)》(生态环境部国家市场监督管理总局,2018)中筛选值和管制值作为阈值分级(表2)。

在灾害方面,以洪涝、干旱、低温寒潮、霜冻指标评价气象灾害风险。以县区为单元,将洪涝日超

表1 国土空间开发适宜性评价指标体系  
Table 1 Evaluation index system for suitability of land space development

评价类型	指标体系	评价要素	具体指标
农业生产适宜性	限制性指标	土地资源	坡度、土壤质地、土地利用现状
		水资源	降水量
		环境	土壤污染物含量
	适宜性指标	自然灾害	洪涝、干旱、低温寒潮、霜冻
		地块	地块连片度
城镇建设适宜性	限制性指标	土地资源	坡度、高程、地形起伏度、土地利用现状
		水资源	地表水资源量、地下水资源量
		环境	大气环境容量、水环境容量
	适宜性指标	自然灾害	地质灾害
		区位优势度	区位条件、交通网络密度
	地块	地块集中度	

**表2 农业生产适宜性单指标评价分级阈值**  
**Table 2 Single indicator evaluation grading threshold of agricultural production suitability**

类型	因子	分级阈值	赋值	适宜性评分
非强限制性指标	坡度	≤2°	5	5
		2°~6°	4	4
		6°~15°	3	3
		15°~25°	2	2
		>25°	1	1
	土壤质地	壤土	4	0
		砂壤土	3	0
		黏土	2	-1
		砂土	1	-1
	农业耕作条件		5	5
		坡度叠加土壤质地	4	4
			3	3
			2	2
	降水量	>1200 mm	5	5
		800~1200 mm	4	4
	土壤污染	小于等于风险筛选值	3	0
		大于风险筛选值但小于等于风险管制值	2	0
		大于风险管制值	1	-2
	洪涝、干旱、低温	≤20%	5	
		20%~40%	4	
		40%~60%	3	
		60%~80%	2	
>80%		1		
气象灾害风险	洪涝、干旱、低温寒潮、霜冻评价结果取最小值	5	0	
		4	0	
		3	0	
		2	0	
		1	适宜等级评分-1, 其他等级评分0	
强限制性指标	土地利用现状	现状建设用地	0	-5
		其他	1	0
适宜性指标	地块连片度	≥0.27 km <sup>2</sup>	5	5
		0.17~0.27 km <sup>2</sup>	4	4
		0.1~0.17 km <sup>2</sup>	3	3
		0.05~0.1 km <sup>2</sup>	2	2
		<0.05 km <sup>2</sup>	1	1

过20 d记为1个洪涝年,干旱日超过90 d记为1个干旱年,低温寒潮日超过15 d记为1个低温寒潮年,霜冻日超过90 d记为1个霜冻年;统计历史受灾次数,按照表2划分单项气象灾害等级,取4个指标最小值形成气象灾害风险等级。

初判农业生产适宜性等级。基于农业耕作条

**表3 农业生产功能指向的水土资源基础参考判别矩阵**  
**Table 3 Reference discriminant matrix of water and soil resources directed by agricultural production function**

农业供水条件	农业耕作条件				
	高	较高	中等	较低	低
好	适宜	适宜	较适宜	一般适宜	不适宜
较好	适宜	适宜	较适宜	较不适宜	不适宜
一般	适宜	较适宜	一般适宜	较不适宜	不适宜
较差	较适宜	一般适宜	较不适宜	不适宜	不适宜
差	不适宜	不适宜	不适宜	不适宜	不适宜

件和农业供水条件,利用矩阵组合法(中华人民共和国自然资源部,2019)(表3),得到水土资源分级结果。对于土壤环境容量低的区域,将水土资源评价结果下降两个等级;对于气象灾害风险性高的区域,将上步结果为适宜的调整为较适宜等级(表2),作为初判农业生产适宜性等级。

修正农业生产适宜性等级。将初判农业生产适宜性等级结果为适宜、较适宜的区域作为农业生产适宜备选区,将适宜、较适宜、一般适宜的区域作为农业生产一般适宜区备选区,选择适宜区和一般适宜区的备选区域,聚合距离采用90 m,对图斑聚合操作,然后计算地块面积,地块连片度按表2分级。基于地块连片度和初判农业生产适宜性等级,利用矩阵组合法(表4),确定农业生产适宜性等级,将结果中土地利用现状为建设用地的,直接划为不适宜区(表2),得到农业生产适宜性的适宜区、较适宜区、一般适宜区、较不适宜区和不适宜区。

#### 4.2 城镇建设适宜性评价

在土地资源方面,以坡度、高程和地形起伏度3项指标评价城镇建设条件。坡度、高程和地形起伏度分级阈值见表5。高程>2000 m的区域,将坡度分级降二级,在1000~2000 m之间的,将坡度分级降一级;地形起伏度>200 m的区域将评价结果降二级,在100~200 m之间的,将评价结果降一级,得到城镇建设条件。

在水资源方面,以地表水资源量和地下水资源量评价城镇供水条件。扣除地表水和地下水资源量重复计算量后,得到水资源总量,以县级行政区划为单元,水资源总量模数按表5进行分级,得到城镇供水条件。

在环境方面,以各站点多年平均静风日数、年

表4 农业生产适宜性分区参考判别矩阵

Table 4 Reference discriminant matrix of agricultural production suitability evaluation

初判农业生产适宜性等级	地块连片度				
	高	较高	一般	较低	低
适宜	适宜区	较适宜区	较适宜区	较适宜区	较适宜区
较适宜	较适宜区	较适宜区	一般适宜区	一般适宜区	一般适宜区
一般适宜性	一般适宜区	一般适宜区	一般适宜区	较不适宜区	较不适宜区
较不适宜	较不适宜区	较不适宜区	较不适宜区	较不适宜区	较不适宜区
不适宜	不适宜区	不适宜区	不适宜区	不适宜区	不适宜区

平均风速、评价单元年均水质目标浓度和地表水资源量四项指标评价城镇建设环境条件,因年均水质目标浓度的数据精度不够,该指标以宜昌市断面点多年已监测数据的均值代替。以流域分区为评价单元,水体中单位面积强度生物需氧量、氨氮、化学需氧量、总氮、总磷5个指标分别按自然断点法分为5级(表6),取5个指标中的最低值作为水环境容量等级。静风日数和平均风速分级阈值见表6,取二者较低值作为大气环境容量等级。取大气环境容量、水环境容量较低值,作为城镇建设环境条件等级,赋值为1~5,值为1的区域评分为-2,值为2的区域评分为-1,其他区域评分为0。

在灾害方面,以收集到的地质灾害易发性分区图为基础,改编为地质灾害危险性等级,分级阈值见表5。

在交通方面,以区位条件和交通网络密度两项指标评价区位优势度。区位条件需综合考虑交通干线可达性、中心城区可达性、交通枢纽可达性和周边中心城市可达性,分别对格网单元到不同技术等级交通干线的距离、现状中心城区时间、不同类型交通枢纽的时间、武汉市的距离进行打分后,按照相同的权重进行加权求和,再按照相等间隔法将各单项指标分级;对四项指标按相同权重进行加权求和,采用相等间隔法分级,得到区位条件(表7)。栅格单元邻域范围内的公路通车里程总长度与栅格单元邻域面积的比值作为交通网络密度。基于区位条件和交通网络密度,用矩阵组合法(表8),得到区位优势度等级。

初判城镇建设适宜性等级。基于城镇建设条件和城镇供水条件,利用矩阵组合法(表9),得到水土资源分级结果。对于城镇建设环境条件为最低值、次低值的区域,水土资源分级结果分别下降两

表5 部分限制性指标评价分级阈值

Table 5 Partial restrictive indicator evaluation grading threshold

类型	因子	分级阈值	赋值	适宜性评分	
非强限制性指标	坡度	≤3°	5	5	
		3~8°	4	4	
		8~15°	3	3	
		15°~25°	2	2	
		>25°	1	1	
	高程	<200 m	5	0	
		200~750 m	4	0	
		750~1000 m	3	0	
		1000~2000 m	2	-1	
		>2000 m	1	-2	
	地形起伏度	<100 m	3	0	
		100~200 m	2	-1	
		>200 m	1	-2	
	城镇建设条件	坡度叠加高程、地形起伏度		5	5
				4	4
			3	3	
			2	2	
			1	1	
水资源总量模数		≥25 万 m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup>	5	5	
		13~25 万 m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup>	4	4	
		8~13 万 m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup>	3	3	
		3~8 万 m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup>	2	2	
		<3 万 m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup>	1	1	
地质灾害		低危险	5	0	
		较低危险	4	0	
		中等危险	3	0	
		较高危险	2	适宜等级评分-1, 其他等级评分0	
		高危险	1	适宜等级评分-2, 较适宜等级评分-1, 其他等级评分0	
强限制性指标	土地利用现状	现状耕地	0	-5	
		其他	1	0	



表6 环境单指标评价分级阈值  
Table 6 Environmental single indicator evaluation grading threshold

因子	生物需氧量/(t/km <sup>2</sup> )	氨氮/(t/km <sup>2</sup> )	化学需氧量/(t/km <sup>2</sup> )	总氮/(t/km <sup>2</sup> )	总磷/(t/km <sup>2</sup> )	赋值	
水环境容量	>2.06	>0.24	>8.65	>1.92	>0.12	5	
	1.51~2.06	0.15~0.24	7.34~8.65	1.59~1.92	0.08~0.12	4	
	1.07~1.51	0.12~0.15	6.10~7.34	1.12~1.59	0.05~0.08	3	
	0.71~1.07	0.06~0.12	5.46~6.10	0.70~1.12	0.02~0.05	2	
	≤0.71	≤0.06	≤5.46	≤0.70	≤0.02	1	
因子	静风日数/%	平均风速/(m/s)					
大气环境容量	>30	>5					5
	20~30	3~5					4
	10~20	2~3					3
	5~10	1~2					2
	≤5	≤1					1

表7 适宜性单指标评价分级阈值  
Table 7 Suitability single indicator evaluation grading threshold

类型	因子	分级阈值	赋值	适宜性评分	
适宜性指标	区位条件	好	5	较适宜、一般适宜和较不适宜等级评分+1,其他等级评分0	
		较好	4		
		一般	3		
		较差	2		
		差	1		
	交通网络密度	高	5		
		较高	4		
		一般	3		
		较低	2		
		低	1		
	区位优势度	高	5		
		较高	4		0
		中等	3		0
		较低	2		-1
		低	1		适宜等级评分-5,其他等级评分0
地块集中度	≥2 km <sup>2</sup>	5	5		
	1~2 km <sup>2</sup>	4	4		
	0.5~1 km <sup>2</sup>	3	3		
	0.25~0.5 km <sup>2</sup>	2	2		
	<0.25 km <sup>2</sup>	1	1		

个等级、一个等级。对于上步等级结果为适宜和较适宜等级,但地质灾害危险性高的区域,将其调整为一般适宜;结果为适宜等级,但地质灾害危险性较高的区域,将其调整为较适宜等级(表5),作为初判城镇建设适宜性等级。

修正城镇建设适宜性等级。对于区位优势度

低的区域,将初判城镇建设适宜性等级结果直接划分为不适宜区;对区位优势度为较低的区域,结果下调一级;对区位优势度为高的区域,结果中的较适宜区、一般适宜区和较不适宜区上调一级(表7)。将区位优势度修正过的适宜和较适宜的区域作为城镇建设适宜备选区,适宜、较适宜、一般适宜的区域作为城镇建设一般适宜区备选区,选择适宜区和一般适宜区的备选区域,聚合距离采用90 m,对图斑聚合操作,然后计算地块面积,地块集中度按表7分级。基于地块集中度和初判城镇建设适宜性等级,利用矩阵组合法(表10),确定城镇建设适宜性等级,将结果中土地利用现状为耕地的,直接划为不适宜区(表5),得到城镇建设适宜性的适宜区、较适宜区、一般适宜区、较不适宜区和不适宜区。

## 5 结果及分析

### 5.1 适宜性评价结果

#### (1) 农业生产适宜性评价

对农业适宜性评价结果按区县统计,结果见表11所示。由图3、表11可知,自然地形条件是适宜性评价的主导因素,其他各项指标则主要体现在细节之处。适宜等级的土地面积为3411.63 km<sup>2</sup>,占总面积的16.11%,空间分布比较集中,其中东部平原区的当阳市和枝江市适宜土地最多,主要是因为这些地区地势平坦、水资源丰富,非常适宜农业生产。较适宜等级的土地面积为4603.64 km<sup>2</sup>,占总面积的21.74%,主要分布在远安地堑、长江沿岸等地势较平坦的地区。一般适宜等级的土地面积为3603.88

表8 区位优势度参考判别矩阵

Table 8 Reference discriminant matrix of location advantage

交通网络密度	区位优势条件				
	好	较好	一般	较差	差
高	高	高	较高	中等	低
较高	高	高	较高	较低	低
一般	高	较高	中等	较低	低
较低	较高	较高	中等	低	低
低	中等	中等	较低	低	低

km<sup>2</sup>, 占总面积的 17.02%, 在各区县均有零散分布, 这些地区各项指标评价都为中等水平, 农业生产条件一般。较不适宜等级的土地面积为 2416.99 km<sup>2</sup>, 占总面积的 11.41%, 在各区县零散分布。不适宜等级的土地面积为 7143.34 km<sup>2</sup>, 占总面积的 33.73%, 在西部山区和中东部城区位置均有分布, 兴山县、秭归县、长阳土家族自治县和五峰土家族自治县, 这些地区地势高、无水源保证, 西陵区、伍家岗区、猗亭区等城区位置, 为建设用地, 均不适宜农业生产的开展。

#### (2) 城镇建设适宜性评价

对农业适宜性评价结果按区县统计, 结果见表 12 所示。由图 4 和表 12 可知, 宜昌市适宜等级的土地较少, 面积为 748.30 km<sup>2</sup>, 占总面积的 3.56%, 集中分布在东部平原区、长江沿岸的枝江市南部、宜都市北部等地, 这些地区地势平坦、交通发达。较适

宜等级的土地面积为 1731.60 km<sup>2</sup>, 占总面积的 8.23%, 主要分布在东部平原—中部丘陵区的远安地堑、夷陵区东南部、伍家岗区、西陵区、点军区等地。一般适宜等级的土地面积为 1738.46 km<sup>2</sup>, 占总面积的 8.27%, 在中部丘陵区零散分布。较不适宜等级的土地面积为 2135.98 km<sup>2</sup>, 占总面积的 10.16%, 在西部山区—中部丘陵区零星分布。不适宜等级的土地最多, 面积为 14679.34 km<sup>2</sup>, 占总面积的 69.79%, 在西部山区、东部平原区大面积分布, 西部山区地势高、交通欠发达, 东部的当阳市有大量耕地, 均不适宜城镇建设。

## 5.2 现状用地与评价结果对比分析及验证

### 5.2.1 评价结果与现状用地对比分析

#### (1) 农业生产适宜性

农业生产适宜等级的土地面积为 3411.63 km<sup>2</sup>, 宜昌市国土资源局划定的永久基本农田面积为 2648 km<sup>2</sup> (宜昌市自然资源和规划局, 2017), 耕地保有量红线面积为 3280 km<sup>2</sup> (宜昌市人民政府, 2017)。评价适宜土地面积比划定的永久基本农田面积多 763.63 km<sup>2</sup>, 比耕地保有量红线面积多 131.63 km<sup>2</sup>。

每个区县现状耕地与适宜性评价分析结果见表 13, 宜昌市现状耕地主要分布于农业生产适宜区的面积为 1846.85 km<sup>2</sup>, 分布于较适宜区的面积为 1012.72 km<sup>2</sup>, 共占比 73.98%, 主要分布于东部平原

表9 城镇建设功能指向的水土资源基础参考判别矩阵

Table 9 Reference discriminant matrix of water and soil resources directed by urban construction function

城镇供水条件	城镇建设条件				
	高	较高	中等	较低	低
好	适宜	适宜	较适宜	一般适宜	不适宜
较好	适宜	适宜	较适宜	较不适宜	不适宜
一般	适宜	较适宜	一般适宜	较不适宜	不适宜
较差	较适宜	较适宜	一般适宜	不适宜	不适宜
差	一般适宜	一般适宜	较不适宜	不适宜	不适宜

表10 城镇建设适宜性分区参考判别矩阵

Table 10 Reference discriminant matrix of urban construction suitability evaluation

初判城镇建设适宜性等级	地块集中度				
	高	较高	一般	较低	低
适宜	适宜区	较适宜区	较适宜区	较适宜区	较适宜区
较适宜	较适宜区	较适宜区	一般适宜区	一般适宜区	一般适宜区
一般适宜性	一般适宜区	一般适宜区	一般适宜区	较不适宜区	较不适宜区
较不适宜	较不适宜区	较不适宜区	较不适宜区	较不适宜区	较不适宜区
不适宜	不适宜区	不适宜区	不适宜区	不适宜区	不适宜区

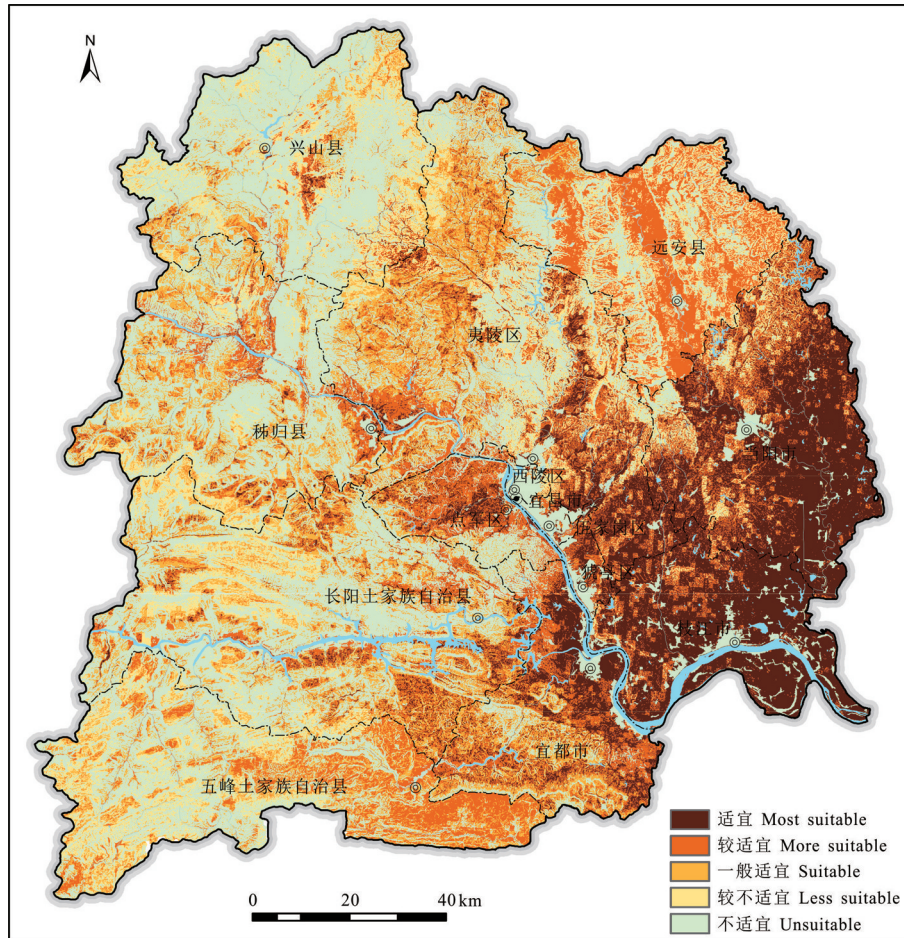


图3 农业生产适宜性等级图  
Fig.3 Agricultural production suitability evaluation grades

表 11 各区县农业生产适宜性评价结果汇总  
Table 11 Evaluation results of agricultural production suitability in various districts and counties

区县	适宜		较适宜		一般适宜		较不适宜		不适宜	
	面积/km <sup>2</sup>	比例/%	面积/km <sup>2</sup>	比例/%	面积/km <sup>2</sup>	比例/%	面积/km <sup>2</sup>	比例/%	面积/km <sup>2</sup>	比例/%
西陵区	5.76	7.52	15.56	20.32	1.45	1.90	7.23	9.44	46.57	60.82
伍家岗区	13.63	16.48	21.48	25.96	1.56	1.89	2.11	2.55	43.94	53.12
点军区	81.37	15.61	242.04	46.42	59.16	11.35	0.65	0.12	138.16	26.50
猗亭区	43.11	35.35	37.42	30.69	1.54	1.26	1.67	1.37	38.22	31.34
夷陵区	410.73	12.02	843.75	24.69	731.08	21.39	463.26	13.56	968.40	28.34
远安县	0.02	0.00	768.52	44.19	71.81	4.13	468.52	26.94	430.26	24.74
兴山县	23.06	1.00	139.00	6.01	321.89	13.92	417.28	18.04	1411.81	61.04
秭归县	46.67	2.05	330.56	14.54	612.56	26.94	143.16	6.30	1140.77	50.17
长阳县	137.31	4.02	542.74	15.90	896.54	26.27	315.45	9.24	1520.94	44.56
五峰县	0.00	0.00	476.74	20.21	598.47	25.37	369.75	15.67	914.36	38.76
宜都市	355.67	26.38	470.00	34.86	282.70	20.97	2.19	0.16	237.53	17.62
当阳市	1281.97	59.89	525.42	24.55	22.41	1.05	192.65	9.00	118.15	5.52
枝江市	1012.32	73.74	190.40	13.87	2.71	0.20	33.08	2.41	134.22	9.78
总计	3411.63	16.11	4603.64	21.74	3603.88	17.02	2416.99	11.41	7143.34	33.73



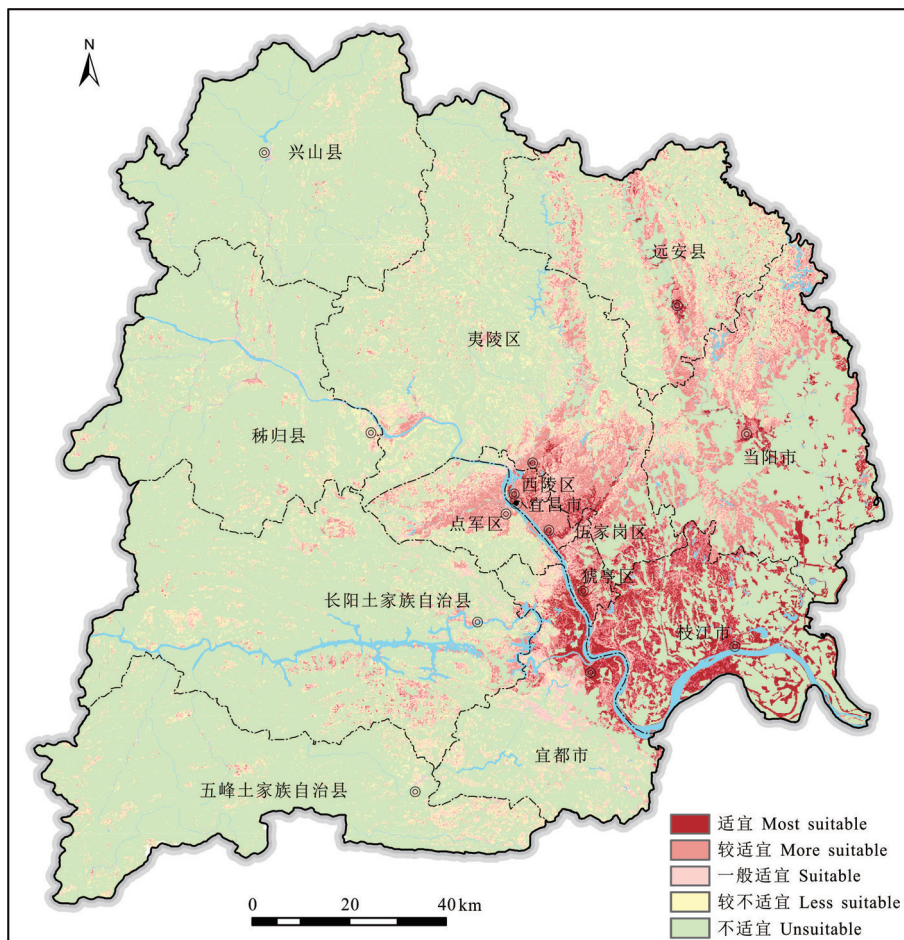


图4 城镇建设适宜性等级图  
Fig.4 Urban construction suitability evaluation grades

表12 各区县城镇建设适宜性评价结果汇总

Table 12 Evaluation results of urban construction suitability in various districts and counties

区县	适宜		较适宜		一般适宜		较不适宜		不适宜	
	面积/km <sup>2</sup>	比例/%	面积/km <sup>2</sup>	比例/%	面积/km <sup>2</sup>	比例/%	面积/km <sup>2</sup>	比例/%	面积/km <sup>2</sup>	比例/%
西陵区	10.05	13.13	28.92	37.77	20.47	26.73	7.12	9.30	10.00	13.07
伍家岗区	10.07	12.17	48.86	59.07	19.39	23.44	3.69	4.46	0.72	0.87
点军区	1.73	0.33	121.56	23.31	108.41	20.79	94.79	18.18	194.89	37.38
猇亭区	31.17	25.74	44.21	36.51	21.09	17.42	3.37	2.78	21.26	17.55
夷陵区	52.30	1.58	347.36	10.46	354.45	10.68	510.97	15.39	2054.64	61.89
远安县	19.70	1.13	185.50	10.67	249.95	14.37	300.38	17.27	983.61	56.56
兴山县	0.09	0.00	8.25	0.36	52.92	2.29	151.06	6.53	2100.72	90.82
秭归县	0.00	0.00	19.55	0.86	95.06	4.18	209.74	9.22	1949.37	85.73
长阳县	4.01	0.12	126.57	3.71	231.33	6.78	373.31	10.94	2677.77	78.46
五峰县	0.13	0.01	12.38	0.53	89.53	3.84	199.35	8.55	2030.87	87.08
宜都市	105.29	7.93	117.56	8.85	194.49	14.65	157.53	11.86	752.84	56.70
当阳市	109.84	5.13	422.19	19.72	254.18	11.87	116.94	5.46	1237.46	57.81
枝江市	403.91	29.42	248.69	18.12	47.19	3.44	7.74	0.56	665.20	48.46
总计	748.30	3.56	1731.60	8.23	1738.46	8.27	2135.98	10.16	14679.34	69.79

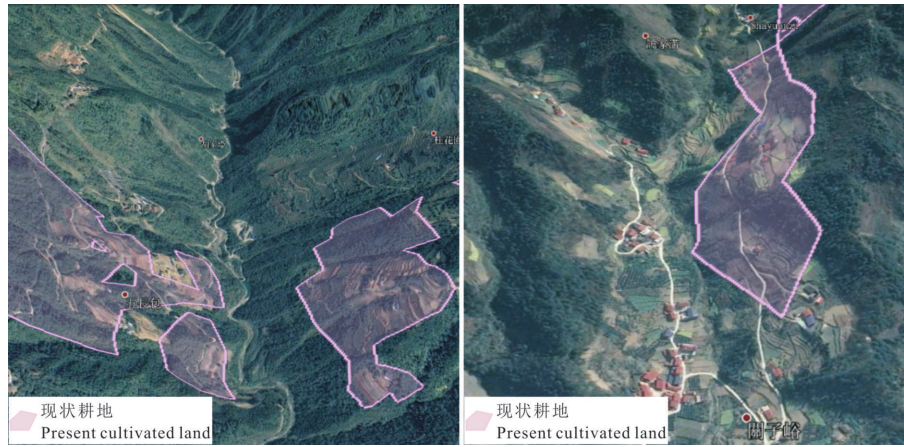


图5 现状耕地位于农业生产不适宜区

Fig.5 The present cultivated land in unsuitable area for agricultural production

区的当阳市、枝江市和宜都市;位于不适宜区的面积为 322.46 km<sup>2</sup>, 占比 8.34%, 主要分布在西部山区秭归县、长阳土家族自治县、五峰土家族自治县等地。根据卫星遥感影像显示,不适宜区内的大部分耕地为坡耕地(图5),这些地区坡度较陡,不利于土壤中水的赋存,营养物质容易流失,是不适宜作为耕地的;评价结果可以指出现状耕地中不合适的地方,为更合理的农业用地规划提供依据。

(2) 城镇建设适宜性

城镇建设适宜等级的土地面积为 748.30 km<sup>2</sup>, 宜昌市国土资源局划定的建设用地底线面积为 1359.20 km<sup>2</sup>(宜昌市人民政府, 2017), 评价适宜土地面积比底线面积少 610.90 km<sup>2</sup>。

每个区县现状建设用地与适宜性评价分析结果见表 14, 宜昌市现状建设用地主要分布于城镇建设适宜区的面积为 187.54 km<sup>2</sup>, 分布于较适宜区的面积为 192.00 km<sup>2</sup>, 共占比 77.99%, 在西陵区、伍家岗区、

猗亭区、宜都市、枝江市和当阳市的行政中心处较集中分布;不适宜区的面积为 23.20 km<sup>2</sup>, 占比 4.77%, 在秭归县的行政中心—夷陵区西部较集中分布。根据卫星遥感影像显示,不适宜区内的大部分建设用地坡度较大(图6), 地质灾害的风险较大, 一旦发生, 生命和财产损失巨大, 是不适宜作为建设用地的;评价结果对规范建设用地有一定的指导作用。

5.2.2 评价结果的验证

(1) 农业生产适宜性评价结果验证

在适宜区和不适宜内分别随机选取 15 个验证点, 叠加在 2019 年的卫星混合图上, 观察评价结果是否为耕地(图 7), 结果发现, 适宜区的 15 个验证点均为耕地, 准确率为 100%; 不适宜区的 15 个验证点, 有 1 处含有耕地(在图中用星号标出), 该处沿山谷地势较低处, 分布有耕地, 疑为人工荒地开垦, 未成规模, 其余 14 处均为山地且植被茂盛, 未见耕地, 准确率为 93%。

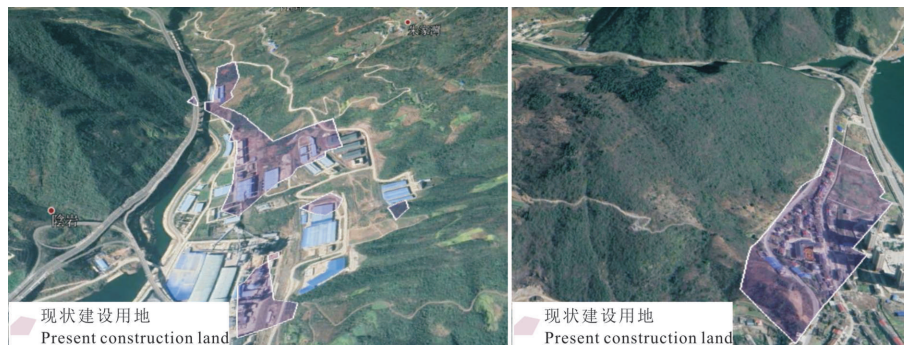


图6 现状建设用地位于城镇建设不适宜区

Fig.6 The present construction land in unsuitable area for urban construction



表 13 各区县现状耕地农业生产适宜性分析  
Table 13 Agricultural production suitability of present cultivated land in various districts and counties

区县	现状耕地/km <sup>2</sup>	其中适宜的耕地/km <sup>2</sup>	其中较适宜的耕地/km <sup>2</sup>	其中不适宜的耕地/km <sup>2</sup>
西陵区	0	0	0	0
伍家岗区	0	0	0	0
点军区	11.43	3.59	6.72	0.44
猗亭区	22.10	12.94	7.10	0
夷陵区	310.19	124.94	105.74	13.65
远安县	278.38	0	201.48	20.36
兴山县	116.00	7.46	32.28	23.87
秭归县	315.95	9.98	55.58	104.98
长阳县	412.51	36.12	120.53	89.49
五峰县	260.79	0	92.97	49.74
宜都市	339.24	125.27	144.11	17.44
当阳市	1132.37	932.82	183.67	2.48
枝江市	666.35	593.73	62.55	0.01
求和	3865.31	1846.85	1012.72	322.46

表 14 各区县现状建设用地城镇建设适宜性分析表  
Table 14 Urban construction suitability of present construction land in various districts and counties

区县	现状建设用地/km <sup>2</sup>	其中适宜的用地/km <sup>2</sup>	其中较适宜的用地/km <sup>2</sup>	其中不适宜的用地/km <sup>2</sup>
西陵区	38.07	7.97	21.56	0.06
伍家岗区	42.38	6.59	28.67	0.02
点军区	10.35	0.05	6.80	0.31
猗亭区	36.62	16.40	14.58	0.20
夷陵区	55.73	8.09	30.13	3.51
远安县	22.29	6.28	9.98	0.97
兴山县	6.28	0	0.13	1.56
秭归县	14.45	0	0.69	3.59
长阳县	11.95	0.03	3.99	2.19
五峰县	4.61	0	0.16	0.98
宜都市	44.36	23.11	14.88	1.88
当阳市	68.29	29.13	27.32	3.34
枝江市	131.24	89.88	33.10	4.59
求和	486.63	187.54	192.00	23.20

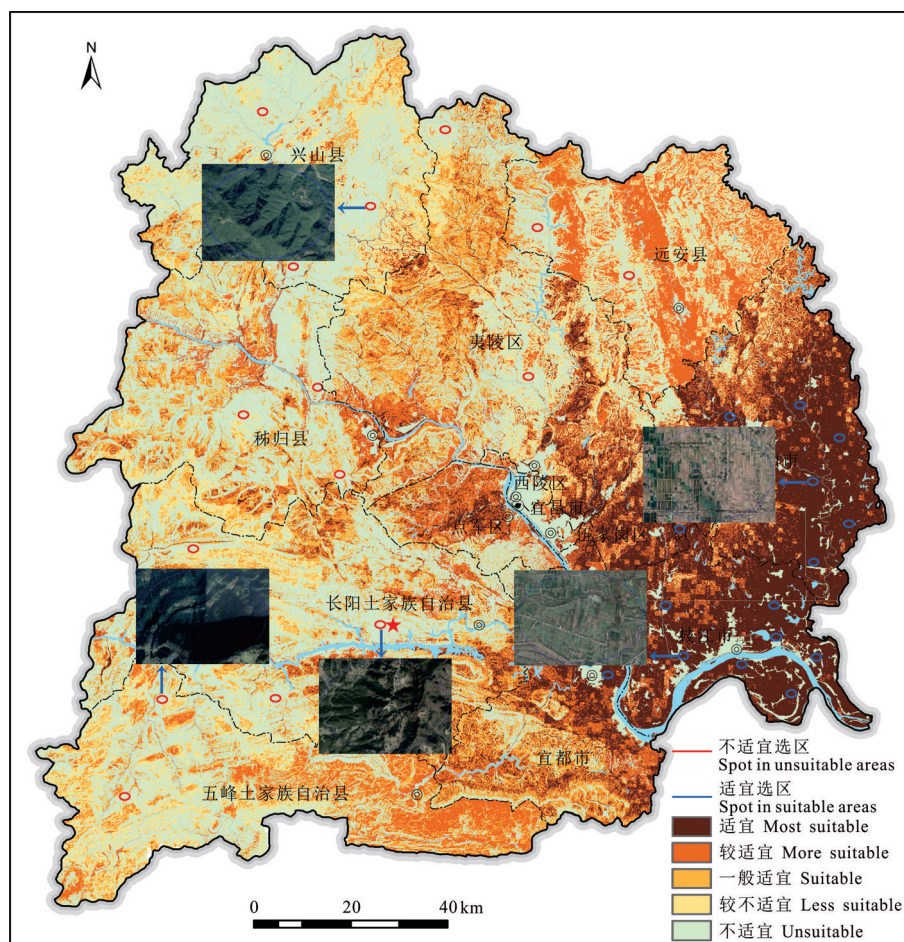


图 7 农业生产适宜性评价结果验证图

Fig.7 Validation diagram of agricultural production suitability evaluation



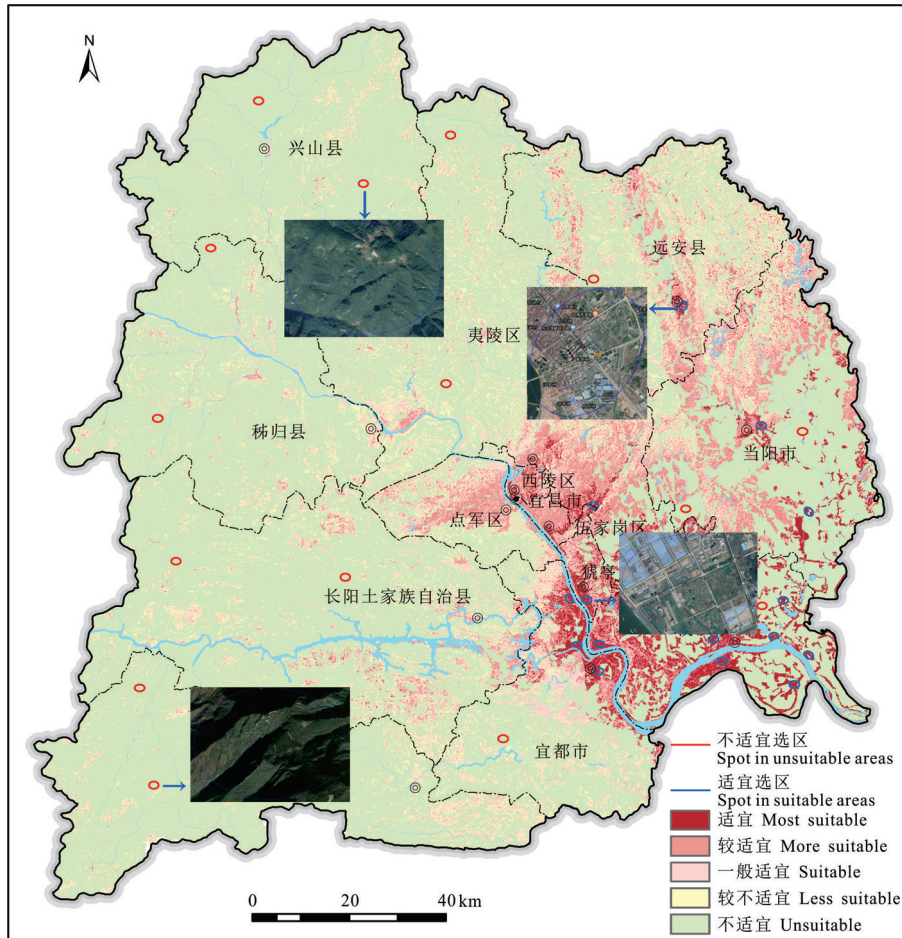


图8 城镇建设适宜性评价结果验证图

Fig.8 Validation diagram of urban construction suitability evaluation

### (2) 城镇建设适宜性评价结果验证

在适宜区和不适宜区内分别随机选取15个验证点,叠加在2019年的卫星混合图上,观察评价结果是否为建设用地(图8),结果发现,适宜区的15个验证点中,均包含有城镇住宅或农村宅基地,准确率为100%;不适宜区的15个验证点,均为山地且植被茂盛,未见村落,准确率为100%。

## 6 结论

(1)宜昌市适宜开展农业生产的土地占总面积的16.11%,不适宜土地占33.73%;适宜进行城镇建设的土地占总面积的3.56%,不适宜土地占69.79%。空间分布上,农业生产和城镇建设适宜性分布差异显著,呈现出典型的区域特征,适宜区主要分布在东部平原区的枝江市和当阳市,区域整体的国土空间开发条件好;不适宜区主要分布在西部山区的五峰土家族自治

县、长阳土家族自治县、秭归县、兴山县等地,区域整体的国土空间开发难度大。

(2)从数量上看,适宜开展农业生产的土地面积为3411.63 km<sup>2</sup>,宜昌市国土资源局划定的耕地保有量红线面积为3280 km<sup>2</sup>,比红线面积多131.63 km<sup>2</sup>;宜昌市现状耕地分布于农业生产适宜和较适宜区的面积占现状耕地的73.98%。适宜进行城镇建设的土地面积为748.30 km<sup>2</sup>,划定的建设用地底线面积为1359.20 km<sup>2</sup>,比红线面积少610.90 km<sup>2</sup>;现状建设用地分布于城镇建设适宜和较适宜区的面积占现状建设用地的77.99%。从空间分布上看,农业生产适宜区的评价结果准确率达100%,不适宜区的准确率为93%;城镇建设适宜区和不适宜区的评价结果准确率达100%。

(3)本文是对中小比例尺下的国土空间开发适宜性评价的一种探索与尝试,评价分析过程中还存

在以下的一些不足:①指标选取时,未考虑制度政策因素,适宜性评价结果中未去掉永久基本农田、城镇开发边界、饮用水源保护区等刚性管控约束地区;②评价以研究区现状条件为基础,未考虑人类活动的影响,也未考虑评价指标可能的发展变化,局限于现状,未考虑动态变化;③本次评价中农业生产适宜等级和城镇建设适宜等级区域有重合部分,对于多用途用地类型的评价问题,既可以用作耕地,又可以用作建设用地时,如何建立指标和算法将其分开,是下一步的工作目标。

## References

- Abushnaf Farag F, Spence Kevin J, Rotherham Ian D. 2013. Developing a land evaluation model for the Benghazi Region in northeast Libya using a geographic information system and multi-criteria analysis[J]. APCBEE Procedia, 5:69–75.
- Bagdavičiūtė 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: 1797–1812.
- Chen Weilian, Zhang Hongou, Li Shengfa, Wu Qitao. 2019. Thoughts on the evaluation of the carrying capacity of resources and environmental and the territorial development suitability in the new era: Based on the practice of guangdong provincial evaluation[J]. Guangdong Land Science, 18(2): 4–9 (in Chinese with English abstract).
- Dilishati · Yakufu, Yan Jinming, Li Qiang. 2019. Research on suitability evaluation of land space development based on ecological guidance and natural conditions: A case study of Qinghai Province[J]. Geography and Geo-Information Science, 35 (3): 94–98(in Chinese with English abstract).
- Ding Jianzhong, Chen Yi, Chen Wen. 2008. Regionalization of spatial feasible development on based analysis of eco-economy in Taizhou City[J]. Scientia Geographica Sinica, 28(6):842–848 (in Chinese with English abstract).
- Du Haie, Li Zheng, Zheng Yu. 2019. Research progress on assessment of resources and environment bearing capacity and suitability of land space development[J]. China Mining Magazine, 28(S2): 159–165(in Chinese with English abstract).
- Fan Jie. 2015. Draft of major function oriented zoning of China[J]. Acta Geographica Sinica, 70(2): 186–201(in Chinese with English abstract).
- Gao Xiaolu, Wu Danxian, Zhou Kan, Liao Liuwen. 2019. The urban space and urban development boundary under the framework of territory spatial planning[J]. Geographical Research, 38(10): 2458–2472(in Chinese with English abstract).
- Han Peng, Li Tao. 2015. Integrated method for the assessment of carrying capacity of environment and resources: A case study in CPER of China[J]. Journal of Basic Science and Engineering, 23 (S1):88–101(in Chinese with English abstract).
- He Gang, Xia Yeling, Qin Yong, Zhu Yanna, Wang Wenwen. 2019. Evaluation and spatial-temporal dynamic change of water resources carrying capacity in the Yangtze River Economic Belt[J]. Research of Soil and Water Conservation, 26(1): 287–292(in Chinese with English abstract).
- 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.
- Ji Xuepeng, Huang Xianjin, Chen Yi, Wang Danyang, Song Yaya. 2019. Comprehensive suitability evaluation of spatial development and construction land in the perspective of land-ocean coordination: A case study of Liaoning Province, China[J]. Journal of Natural Resources, 34(3):451–463(in Chinese with English abstract).
- Jiang Yuehua, Lin Liangjun, Chen Lide, Ni Huayong, Ge Weiya, Cheng Hangxin, Zhai Gangyi, Wang Guiling, Ban Yizhong, Li Yuan, Lei Mingtang, Tan Chengxuan, Su Jingwen, Zhou Quanping, Zhang Taili, Li Yun, Liu Hongying, Peng Ke, Wang Hanmei. 2017. Research on conditions of resources and environment and major geological problems in the Yangtze River Economic Zone[J]. Geology in China, 44(6): 1045–1061(in Chinese with English abstract).
- Jiang Yuehua, Zhou Quanping, Chen Lide, Ni Huayong, lei Mingtang, Cheng Heqin, Shi Bin, Ma Teng, Ge Weiya, Su Jingwen, Li Yun, Tan Jianmin. 2019. Progresses and main achievements of geological environment comprehensive survey project in the Yangtze River Economic Zone[J]. Geological Survey of China, 6 (5): 1–20(in Chinese with English abstract).
- Li Chongbo, Song Yu, Hao Yinglong. 2020. Application analysis of suitability evaluation of construction Land in Urumqi City based on GIS[J]. Xinjiang Geology, 38(1): 119–123(in Chinese with English abstract).
- Li Chunyan, Xing Lixia, Li Yamin, Feng Dayong. 2014. Land development suitability evaluation indicator system study based on ArcGIS[J]. China Population Resources and Environment, 24(S3): 175–178(in Chinese with English abstract).
- Li Ruimin, Yin Zhiqiang, Wang Yi, Li Xiaolei, Liu Qiong, Gao Mengmeng. 2018. Geological resources and environmental carrying capacity evaluation review, theory, and practice in China[J]. China Geology, 1(4):556–565.
- Li Shengpeng, Xiang Guangxin, Ceng Yi, Zhang Jianxin. 2019. Suitability evaluation of land for space planning: A case study of Miluo City[J]. Journal of Subtropical Resources and Environment, 14(2):74–82(in Chinese with English abstract).
- Liu Fengyou, Wang Pei. 2014. Entropy method based evaluation of

- land spatial development suitability—Take the Wanjiang city belt as an example[J]. *Territory and Natural Resources Study*, (3):11–14 (in Chinese with English abstract).
- Liu Rongjuan, Pu Lijie, Zhu Ming, Huang Sihua, Jiang Yu. 2020. Coastal resource—environmental carrying capacity assessment: A comprehensive and trade-off analysis of the case study in Jiangsu coastal zone, eastern China[J]. *Ocean and Coastal Management*, 186:105092.
- Lu Qing, Hu Shougeng, Ye Jing, Tong Luyi, Lu Jing. 2019. Study on evaluation of county resources and environment carrying capacity—a case study of Tuanfeng County in Hubei Province[J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 40(1): 103–109(in Chinese with English abstract).
- Lv Bin, Sun Li, Tan Wenken. 2008. Urban carrying capacity evaluation of Zhongyuan City Agglomeration[J]. *China Population Resources and Environment*, 18(5): 53–58(in Chinese with English abstract).
- Lu Yan, Xu Hongwen, Wang Yuexiang, Yang Yang. 2017. Evaluation of water environmental carrying capacity of city in Huaihe River Basin based on the AHP method: A case in Huai'an City[J]. *Water Resources and Industry*, 18:71–77.
- Ma Zhen, Xie Hailan, Lin Liangjun, Hu Qiuyun, Qian Yong, Zhang Surong, Wang Guiling, Li Jianguo, Tan Chengxuan, Guo Haipeng, Zhang Fucun, Zhao Changrong, Liu Hongwei. 2017. The environmental geological conditions of land resources in the Beijing—Tianjin—Hebei region[J]. *Geology in China*, 44(5): 857–873(in Chinese with English abstract).
- Ministry of Natural Resources of the People's Republic of China. 2019. The Guidelines for Evaluating the Carrying Capacity of Environment Resources and the Suitability of National Territory Spatial Development (Trial) [S].
- Mukhtar E. 2013. A comparison of parametric and fuzzy multi-criteria methods for evaluating land suitability for olive in Jeffara Plain of Libya[J]. *APCBEE Procedia*, 5:405–409.
- Pourebahim 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*, 101:84–97.
- Qi Xin, Liu Guangning, Huang Zhangsheng, Wang Fangting. 2017. Suitability evaluation of engineering construction site based on environmental geological problems: A case study of the south of Xijiang river of Guangxi, the first trial area for cooperation between Guangdong and Guangxi Provinces[J]. *Geology and Mineral Resources of South China*, 33(1):79–87(in Chinese with English abstract).
- Shang Yongmin, Wang Zhen. 2019. Evaluation of urban resource environmental carrying capacity and its influencing factors of the Yangtze River Economic Belt[J]. *Shanghai Journal of Economics*, (7):14–25(in Chinese with English abstract).
- Shen Chunzhu, Tan Qichuan, Wang Danyang, Chen Yi, Huang Xianjin. 2019. Research on land development intensity based on carrying capacity of resources and environment and suitability of development and construction: A case study of Jiangsu[J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 28(6): 1276–1286(in Chinese with English abstract).
- State Administration for Market Regulation, Ministry of Ecology and Environment of the People's Republic of China. 2018. Soil Environmental Quality Risk Control Standard for Soil Contamination of Agricultural Land(Trial) [S].
- Steiner F, McSherry L, Cohen J. 2000. Land suitability analysis for the Upper Gila River Watershed[J]. *Landscape and Urban Planning*, 50: 199–214.
- Sun Muyun, Wang Jigan, He Kaiyuan. 2020. Analysis on the urban land resources carrying capacity during urbanization: A case study of Chinese YRD[J]. *Applied Geography*, 116:102170.
- Xiong Shangao, Wan Jun, Long Hualou, Yu Lei. 2016. Spatiotemporal dynamic and implications of ecosystem service value in the key ecological function area[J]. *Research of Soil and Water Conservation*, 23(1):296–302(in Chinese with English abstract).
- Yan Huiming. 2019. Comparative study on the suitability evaluation methods of land resources construction and development: A case study of Fujian Province[J]. *Land and Resources of Southern China*, (5): 41–44(in Chinese with English abstract).
- Zhang Lingli, Zhang Wenxuan. 2019. Suitability evaluation of land space development based on urban development function orientation: Taking Zhangjiakou City, Chongli District as an example[J]. *Development of Small Cities and Towns*, 37(11):46–52 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Maosheng, Yue Dongxia, Sun Pingping, Meng Xingmin, Guo Jianun, Wang Dong, Miao Junxia, Zheng Xu. 2019. A comprehensive survey of natural resources and double evaluation of county-level land spatial planning: A case study of Yanchuan County in Shaanxi, China[J]. *Journal of Lanzhou University: Natural Sciences*, 55(3):281–289(in Chinese with English abstract).
- Zhang Xuefei, Wang Chuansheng, Li Meng. 2019. Demarcating ecological space and ecological protection red line under the framework of territory spatial planning[J]. *Geographical Research*, 38(10):2430–2446(in Chinese with English abstract).
- Zheng Xu, Miao Junxia, Wang Dong, Yang Liu, Guo Jianjun, Sun Pingping, Yue Dongxia. 2020. Suitability evaluation and functional division of land space development in the high-incidence area of geological hazards in the Middle and Upper Reaches of the Yellow River: A case study of Yanchuan County, Shaanxi Province[J]. *Northwestern Geology*, 53(2):289–297(in Chinese with English abstract).
- Zhou Pu, Wang Hao, Liu Tianke, Nie Binhan. 2017. Research of evaluation method optimization for natural resources environmental bearing capacity—thoughts and suggestions based on meso- and micro-scale[J]. *Land and Resources Information*, (2):



19-24(in Chinese with English abstract).

## 附中文参考文献

- 陈伟莲, 张虹鸥, 李升发, 吴旗韬. 2019. 新时代资源环境承载能力和国土空间开发适宜性评价思考——基于广东省评价实践[J]. 广东土地科学, 18(2):4-9.
- 迪力沙提·亚库甫, 严金明, 李强. 2019. 基于生态导向与自然条件约束的青海省国土空间开发适宜性评价研究[J]. 地理与地理信息科学, 35(3):94-98.
- 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.
- 杜海娥, 李正, 郑煜. 2019. 资源环境承载能力评价和国土空间开发适宜性评价研究进展[J]. 中国矿业, 28(S2):159-165.
- 樊杰. 2015. 中国主体功能区划方案[J]. 地理学报, 70(2):186-201.
- 高晓路, 吴丹贤, 周侃, 廖柳文. 2019. 国土空间规划中城镇空间和城镇开发边界的划定[J]. 地理研究, 38(10):2458-2472.
- 韩鹏, 李涛. 2015. 资源环境承载力综合评价方法研究——以中原经济区为例[J]. 应用基础与工程科学学报, 23(S1):88-101.
- 何刚, 夏业领, 秦勇, 朱艳娜, 王雯雯. 2019. 长江经济带水资源承载力评价及时空动态变化[J]. 水土保持研究, 26(1):287-292.
- 纪学朋, 黄贤金, 陈逸, 王丹阳, 宋娅娅. 2019. 基于陆海统筹视角的国土空间开发建设适宜性评价——以辽宁省为例[J]. 自然资源学报, 34(3):451-463.
- 姜月华, 林良俊, 陈立德, 倪化勇, 葛伟亚, 成杭新, 翟刚毅, 王贵玲, 班宜忠, 李媛, 雷明堂, 谭成轩, 苏晶文, 周权平, 张泰丽, 李云, 刘红樱, 彭柯, 王寒梅. 2017. 长江经济带资源环境条件与重大地质问题[J]. 中国地质, 44(6):1045-1061.
- 姜月华, 周权平, 陈立德, 倪化勇, 雷明堂, 程和琴, 施斌, 马腾, 葛伟亚, 苏晶文, 李云, 谭建民. 2019. 长江经济带地质环境综合调查工程进展与主要成果[J]. 中国地质调查, 6(5):1-20.
- 李崇博, 宋玉, 郝应龙. 2020. 基于GIS的乌鲁木齐市城区建设用地图适宜性评价的应用分析[J]. 新疆地质, 38(1):119-123.
- 李春燕, 邢丽霞, 李亚民, 冯大勇. 2014. 基于ArcGIS的国土开发适宜性评价指标体系研究[J]. 中国人口·资源与环境, 24(S3):175-178.
- 李慎鹏, 项广鑫, 曾毅, 张建新. 2019. 面向空间规划的土地适宜性评价——以汨罗市为例[J]. 亚热带资源与环境学报, 14(2):74-82.
- 刘丰有, 王沛. 2014. 基于熵值法的国土空间开发适宜性评价——以皖江城市带为例[J]. 国土与自然资源研究, (3):11-14.
- 卢青, 胡守庚, 叶菁, 童陆亿, 卢静. 2019. 县域资源环境承载力评价研究——以湖北省团风县为例[J]. 中国农业资源与区划, 40(1):103-109.
- 吕斌, 孙莉, 谭文昱. 2008. 中原城市群城市承载力评价研究[J]. 中国人口·资源与环境, 18(5):53-58.
- 马震, 谢海澜, 林良俊, 胡秋韵, 钱永, 张素荣, 王贵玲, 李建国, 谭成轩, 郭海朋, 张福存, 赵长荣, 刘宏伟. 2017. 京津冀地区国土资源环境地质条件分析[J]. 中国地质, 44(5):857-873.
- 齐信, 刘广宁, 黄长生, 王芳婷. 2017. 基于环境地质问题的工程建设场地适宜性评价——以粤桂合作先行试验区广西江南片区为例[J]. 华南地质与矿产, 33(1):79-87.
- 尚勇敏, 王振. 2019. 长江经济带城市资源环境承载力评价及影响因素[J]. 上海经济研究, (7):14-25.
- 沈春竹, 谭琦川, 王丹阳, 陈逸, 黄贤金. 2019. 基于资源环境承载力与开发建设适宜性的国土开发强度研究——以江苏省为例[J]. 长江流域资源与环境, 28(6):1276-1286.
- 生态环境部国家市场监督管理总局. 2018. 土壤环境质量农用地土壤污染风险管控标准(试行)[S].
- 习近平. 2018. 在深入推动长江经济带发展座谈会上的讲话[M]. 北京:人民出版社.
- 熊善高, 万军, 龙花楼, 于雷. 2016. 重点生态功能区生态系统服务价值时空变化特征及启示——以湖北省宜昌市为例[J]. 水土保持研究, 23(1):296-302.
- 严惠明. 2019. 土地资源建设开发适宜性评价方法对比研究——以福建省为例[J]. 南方国土资源, (5):41-44.
- 宜昌市人民政府. 2015. 宜昌市环境总体规划(2013-2030年)[R].
- 宜昌市人民政府. 2017. 以生态保护为“红线”稳定耕地保有量[EB/OL]. [2017-06-22]. <http://www.yichang.gov.cn/content-55292-982149-1.html>.
- 宜昌市自然资源和规划局. 2017. 宜昌市国土资源局召开耕地保护与基本农田划定新闻发布会[EB/OL]. [2017-09-29]. <http://zrzy.yichang.gov.cn/content-42390-14422-1.html>.
- 张伶俐, 张文选. 2019. 基于城镇开发功能导向的国土空间开发适宜性评价——以张家口市崇礼区为例[J]. 小城镇建设, 37(11):46-52.
- 张茂省, 岳东霞, 孙萍萍, 孟兴民, 郭建军, 王东, 苗俊霞, 郑续. 2019. 面向县级国土空间规划的自然资源综合调查与双评价——以延安市延川县为例[J]. 兰州大学学报:自然科学版, 55(3):281-289.
- 张雪飞, 王传胜, 李萌. 2019. 国土空间规划中生态空间和生态保护红线的划定[J]. 地理研究, 38(10):2430-2446.
- 郑续, 苗俊霞, 王东, 杨柳, 郭建军, 孙萍萍, 岳东霞. 2020. 黄河中上游地质灾害高发县国土空间开发适宜性评价及功能分区——以陕西省延川县为例[J]. 西北地质, 53(2):289-297.
- 中华人民共和国中央人民政府. 2019. 中共中央国务院关于建立国土空间规划体系并监督实施的若干意见[M]. 北京:人民出版社.
- 中华人民共和国自然资源部. 2019. 资源环境承载能力和国土空间开发适宜性评价技术指南(试行)[S].
- 周璞, 王昊, 刘天科, 聂宾汗. 2017. 自然资源环境承载力评价技术方法优化研究——基于中小尺度的思考与建议[J]. 国土资源情报, (2):19-24.