

山地区域土地生态红线划定方法与实证研究 ——以重庆市涪陵区义和镇为例

丁雨琛¹, 冯长春^{1*}, 王利伟²

(1. 北京大学城市与环境学院, 北京 100871; 2. 清华大学建筑学院, 北京 100084)

摘要: 无序和不合理的土地利用是引发生态问题的重要因素。合理划定土地生态红线, 可协调土地利用和生态环境的关系, 促进土地资源的合理配置, 保障区域生态安全。山地区域地势起伏较大, 水系密布, 土地利用破碎化, 作为重要的水土保持和水源涵养区域, 是进行生态恢复和重建的关键地区。本文以山地区域村镇为例, 运用GIS平台, 基于生态敏感性和生态服务价值, 对土地生态进行综合评价, 据此划定刚性和弹性的土地生态红线。生态敏感性评价的指标包括坡度、植被覆盖度、水体、土壤类型和降水侵蚀力等5个指标; 生态服务价值评价的指标包括食物生产、原料生产、气体调节、气候调节、水文调节、土壤保持、维持养分循环、生物多样性和美学景观9个指标。义和镇的刚性生态红线内所包含的刚性生态保护区面积为43.90 km², 占义和镇总面积的44.34%。弹性生态红线包含的弹性生态保护区面积为29.18 km², 占义和镇总面积的29.47%。义和镇的生态红线范围主要包含东北部山地区域和南部水系丰富地区, 该区域的生态敏感性较高, 同时也有较高的生态服务价值, 因此生态红线的划定对于生态修复和生态保护具有指引作用, 为生态系统健康发展提供基础保障, 并可为构建生态文明安全格局提供科学支持。

关键词: 山地区域; 土地生态红线; 生态敏感性; 生态服务价值; 重庆市义和镇

1 引言

生态空间是一个蕴含时间、空间、自然资源、生物多样性和生态服务功能的综合载体(李力等, 2014)。2015年国务院印发了《生态文明体制改革总体方案》, 将生态文明建设放在了更突出的地位。生态红线作为生态文明建设的重要条件, 识别生态红线, 构建生态红线划分的方法体系, 对于保障国土安全、生态环境安全、资源安全具有重要意义。

生态保护红线是指依法在重点生态功能区、生态环境敏感区和脆弱区等区域划定的严格管控边界, 是国家和区域生态安全的底线。土地生态红线内的生态用地承载了多种生态功能, 提供了调节气

候、保持水土等重要生态价值。红线明确了禁止建设区的范围, 也给出了土地开发的范围边界, 可良好地协调国土开发和生态环境容量, 提高资源的综合承载力(马永欢等, 2014)。随着生态环境的恢复、环境污染的治理和耕地质量的提高, 生态红线的划定可进一步为粮食和食品安全提供有力保障。生态红线同时也界定了土地开发边界, 而土地开发边界的划定可提高建设用地利用效率, 降低在经济发展中不必要的土地浪费, 为科学构建土地储备制度, 促进良性互动的土地市场提供依据(冯长春, 2008)。因此, 土地生态红线的划定不仅是实现国土安全的重要保障, 也是实现土地可持续利用的前提条件。

学界对于生态红线的划定方法已进行了一定

收稿日期: 2015-02; 修订日期: 2015-04。

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2012BAJ22B04) [Foundation: National Science and Technology Support Program of China, No.2012BAJ22B04]。

作者简介: 丁雨琛(1990-), 女, 河南洛阳人, 硕士研究生, 主要研究方向为土地利用规划, E-mail: dingyuchen@pku.edu.cn。

通讯作者: 冯长春(1957-), 男, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为城市规划与土地利用, E-mail: fcc@pku.edu.cn。

引用格式: 丁雨琛, 冯长春, 王利伟. 2016. 山地区域土地生态红线划定方法与实证研究: 以重庆市涪陵区义和镇为例[J]. 地理科学进展, 35(7): 851-859. [Ding Y C, Feng C C, Wang L W. 2016. Determination of ecological red line of mountainous areas: A case study of Yihe Town in Chongqing Municipality[J]. Progress in Geography, 35(7): 851-859.]. DOI: 10.18306/dlkxjz.2016.07.006

的探索。如许妍等(2013)根据湿地面积、生物资源量等指标对渤海进行了生态红线划定;王云才等(2015)结合生态网络规划对平原地区——安徽省宣城市南漪湖地区进行了生态红线划定;燕守广等(2014)基于生态功能对江苏省生态红线区域划定进行了研究。综合来看,目前对于生态红线划定的研究和实践多集中在生态影响因素方面,涉及土地利用的评价不多,关于土地生态红线划定的研究也较少。

由于山地区域以山地地形为主,自然环境恶劣,对生产生活建设限制明显,生态问题凸显,也是生产建设与自然环境冲突较大的地区,因此山地区域具有土地利用类型多样、生态敏感性强和生态服务价值多样的特征,是生态文明建设的重要空间单元。山地区域的主要生态功能为保持水土和水源涵养,生态脆弱性主要表现在水土流失和土壤侵蚀等方面。山地区域生态红线的划定,需要兼顾山区特有生态脆弱区和山区特有的生态功能。因而,山地区域生态红线的研究对于山区生态文明建设、协调生态与经济可持续发展有着重要的理论意义和实践价值。在具体方法上,研究生态环境综合评价的方法很多,生态敏感性评价是常用的评价方法之一。例如,冯长春等(2014)运用生态敏感性评价来确定生态保育尺度;李广娣等(2013)基于生态敏感性划分了平原地区铜陵市的生态保育尺度。生态服务价值也是生态环境综合评价的重要组成部分。例如傅伯杰等(2001)将生态系统服务功能评价纳入生态综合评价的框架内;李双成等(2014)认为生态系统服务对于保障生态安全和社会经济可持续发展有重要的作用。因此,本文在总结前人研究的基础上,基于生态敏感性评价和生态服务价值评价,以重庆市涪陵区义和镇为例,针对山地区域进行土地生态红线划定方法研究,旨在建立一套系统综合的生态现状评价和生态红线划定体系,以期提供一种对山地区域土地的生态保护和生态建设提的技术方法和思路。

2 土地生态红线划定方法模型构建

2.1 总体技术框架

土地生态红线的划定,是为了解决土地利用与资源环境的冲突问题,以达到土地利用和自然生态关系的协调发展。不合理的土地利用和生产建设

会造成自然生态系统的严重破坏,因此土地生态红线需要为生态保护提出一种合理的土地利用空间布局 and 解决办法。同时土地生命系统不仅是一个自然的综合系统,也为人类的社会经济系统提供包括食物生产、旱涝调节、旅游审美等生态服务功能(Daily, 1997)。因此,在土地生态红线划定过程中需要综合考虑自然系统和生态服务系统2个方面。

本文从生态敏感性评价和生态服务价值2个方面,构建山地区域土地生态红线划定方案(图1)。生态敏感性指生态系统对人类活动干扰和自然环境变化的反应程度(欧阳志云等, 2000)。生态敏感性评价是指在现有自然环境背景下,人类活动干扰和自然环境变化导致发生区域生态或环境问题的难易程度及其可能性大小,也就是生态环境问题出现的概率大小(杨志峰等, 2002; 禹莎等, 2008; 颜磊等, 2009)。生态敏感性评价的实质是对现状自然环境下,潜在的生态问题进行明确辨识,并将其落实到具体空间区域的过程(徐广才等, 2007)。生态敏感性高的区域,容易发生自然灾害,生态系统比较脆弱,容易受损,应减少人类活动,主要以生态恢复重建为主。生态敏感性是反映生态环境现状的重要指标,是划定土地生态红线的重要依据。

另一方面,生态系统可为人类提供产品以及直接和间接的服务是生态功能的重要体现。生态系统服务是指通过生态系统的结构、过程和功能直接或间接地得到的生命支持产品和服务,自然资源含有多重与其生态服务功能相应的价值(Repetto, 1992; Costanza et al, 1997)。随着全球范围内的城市化、工业化的发展,生态系统服务的稀缺性越发增强。尤其在中国农村地区,对于关键资源的过度开发,导致生态系统服务严重退化,对生态安全造成了严重威胁。通过对生态服务价值进行评价,可

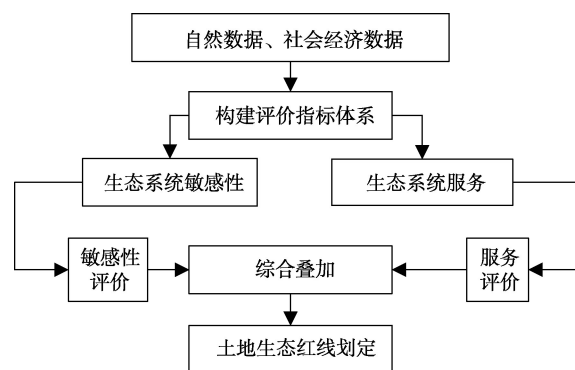


图1 土地生态红线划定技术框架

Fig.1 Framework for determining ecological red line

以根据生态服务价值对区域进行功能划分,为生态红线划定提供支持,同时可以提升生态服务功能,推动生态修复工作。因此本文在生态敏感性和生态服务价值两部分评价的基础上,进行生态红线划定,基本思路为:①建立生态敏感性评价指标体系,通过土地利用现状调查数据和 ArcGIS 软件,对研究区域土地利用的生态敏感性进行评价,评价单元的生态敏感性评价总分等于各单因子评分值加权求和结果,即:

$$P_1 = \sum_{i=1}^{i=n} F_i W_i \quad (1)$$

式中: P_1 为某土地评价单元生态敏感性评价总分值; W_i 为第 i ($i=1, 2, 3, \dots, n$) 个因子的权重值; F_i 为第 i 个因子的生态敏感性评价分值,根据生态敏感性评价结果对区域进行生态敏感性分等定级;②建立生态服务价值评价指标体系,通过对山地区域生态服务价值类型的研究,对不同地类不同类型的生态服务价值进行评价(标准化后结果记为 P_2),根据评价结果对区域进行生态服务价值分等定级;③将生态敏感性评价结果和生态服务价值评价结果进行综合评价,运用布尔运算将生态敏感性评价结果和生态服务价值评价结果分级叠加;④根据不同生态保护尺度得到土地生态红线刚性约束界限值和弹性约束界限值。

2.2 生态敏感性评价指标构建

由于村镇区域图件规格不统一,基础数据缺失较多,且生态敏感性具有复杂性和综合性,因此,根据义和镇山地区域水土流失较为严重的现状和西南地区水源涵养较丰富的特点,结合环境主导因素,进行评价指标选择。

(1) 坡度

西南地区处于中国青藏高原向四川盆地的过渡地带,由于特殊的地质地貌因素,地震、滑坡和土壤侵蚀是该地区经常发生的灾害。在小尺度研究中,坡度是主要指标。研究表明,坡度越陡,汇流的时间越短,径流能量越大,对坡面的冲刷就越强烈,侵蚀量就越大。在坡度较陡的条件下,土壤侵蚀率和滑坡发生率随着坡长的增加而迅速增加。对于耕作来说,坡度 25° 以上的地区已不太适宜。但西南山区, 25° 以上的地区分布较广。因此坡度是影响生态敏感性的重要因素之一。本文采用了 $<2^\circ$ 、

$2\sim6^\circ$ 、 $6^\circ\sim15^\circ$ 、 $15^\circ\sim25^\circ$ 、 $>25^\circ$ 等 5 个分级,分别对应平坡、缓坡、中坡、陡坡、急坡,即一般敏感性、轻度敏感性、中度敏感性、高度敏感性和极敏感性。

(2) 植被覆盖度

陆地植被是联系土壤、陆地水体和大气之间的媒介体,可促进物质交换和能量交换。植被覆盖度作为一个直接量化的指标,可很大程度上反映一个地区的植被情况,进而反映一个地区的生态条件。西南地区山地是重要的水土保持区,将植被覆盖度纳入评价指标,可较好地评价生态敏感特征。根据植被覆盖度普遍分级, $\leq 20\%$ 为极低覆盖度, $20\%\sim40\%$ 为低覆盖度, $40\%\sim60\%$ 为中覆盖度, $60\%\sim80\%$ 为高覆盖度, $>80\%$ 为极高覆盖度,可根据这个分级对植被覆盖度进行评价和分级(陈效述, 2009),分别对应一般敏感性、轻度敏感性、中度敏感性、高度敏感性和极敏感性。

(3) 水体

水体是对生态环境的水热交换有着重要影响的因素。义和镇坑塘水面较多,需要把水体纳入评价体系。根据已有学者(潘竞虎等, 2006; 冉圣宏等, 2009)对水体资源的研究,往往依据距离水体远近划分水体因子敏感性级别,具体划分等级见表 1。

(4) 土壤类型

不同土壤类型反映了不同程度的土壤侵蚀敏感性,对于土壤侵蚀的形成和分异规律有着显著影响,并且可在一定程度上反映水土流失情况(刘春霞等, 2011),对于西南地区山地尤其重要。因此根据不同土壤类型可以划分不同的生态敏感性(表 1)。

(5) 降水侵蚀力

降雨是引起水土流失的重要原因,主要是由于降水的动能对于土粒产生冲击,同时降雨产生的径流进一步加剧水土流失。王万中(1996)等通过对全国 125 个重点站降水资料的分析,得出了各站年降水量和降雨侵蚀力 R 值, R 值是一个表征降雨量、降雨强度、降雨历时、雨滴大小及下降素的指标。该指标已经被国内多个相关研究参考引用(凡非得等, 2011)。本文在王万中基础上,通过空间差值得到义和镇降雨侵蚀力 R 值空间分布情况^①,按表 1 进行分级。

2.3 生态服务价值评价指标构建

近年来,国内外学者对生态系统服务价值进行

①由于单因子指标图太多,生态敏感性和生态服务价值一共有 14 个单因子评价图,全部放进文章比较冗余,因此文中只放了综合评价的分级表和结果图。

表1 生态环境敏感性评价因子及分级

Tab.1 Indicators of ecological sensitivity assessment and classification in Yihe Town, Chongqing Municipality						
生态敏感性因子	权重	一般敏感	轻度敏感	中度敏感	高度敏感	极敏感
坡度/°	0.25	≤2	2~6	6~15	15~25	> 25
植被覆盖度/%	0.25	≤20	20~40	40~60	60~80	> 80
水体/m	0.15	≥500	350~500	200~350	100~200	< 100
土壤类型	0.15	水稻土	新积土、山地草甸土	棕壤、黄褐土、石灰(岩)土	黄壤、黄棕壤、粗骨土	紫色土
降雨侵蚀力 <i>R</i> 值/ (MJ·mm·hm ⁻² ·h ⁻¹ ·a ⁻¹)	0.20	≤250	250~300	300~350	350~400	> 400

了许多研究。对于生态服务价值的评估方法有2种,分别为基于单位生态服务产品价格的方法(吴钢等, 2001; 赵同谦等, 2004; 王兵等, 2009)和基于单位面积价值当量因子的方法(谢高地等, 2001; 李正等, 2012)。前者对数据需求高、计算复杂、难以形成统一评价标准和广泛应用,对于村镇地区来说,所需数据比较难以获得;而后者设定的单位生态系统是提供生态服务产品的标准功能单元,尽管相对简单,但易于广泛应用(谢高地等, 2015),对于村镇地区来说,选用这种方法比较适宜。

根据 Costanza 等(1997)、谢高地等(2015)的研究,同时参考其他国内学者的研究成果(李正等, 2012),以生态服务价值当量因子法为基础,考虑区域差异性,对该标准进行修正和补充。山地区域村镇的生态系统以第一产业为主,结合乡村社会经济对生态系统服务的需求,选取食物生产、原料生产、气体调节、气候调节、水文调节、土壤保持、维持养分循环、生物多样性和美学景观等9个类别的生态系统服务作为评价指标。据此得到义和镇各类生态系统提供的生态服务价值。对各类生态服务价值加总后进行标准化,在 ArcGIS 10.2 中给不同地类输入其相应的生态服务价值分值(记为 P_2),即可完成生态服务价值评价。

3 土地生态红线划定的实证研究

3.1 研究区概况

研究区义和镇位于重庆市区东北部(图2),涪陵市域西部长江北岸,镇域面积99.45 km²,长江从义和镇西面、南面呈“L”型流过,属沿江浅丘地带。研究区地势东高西低,系由北向南倾斜的长江河谷浅丘褶皱地带,海拔高度多在160~700 m,地貌以低山、沟谷、平坝夹溪沟为主,形成低山丘陵、河谷浅丘、河漫滩阶地3种地貌。由于处在中国地势第一

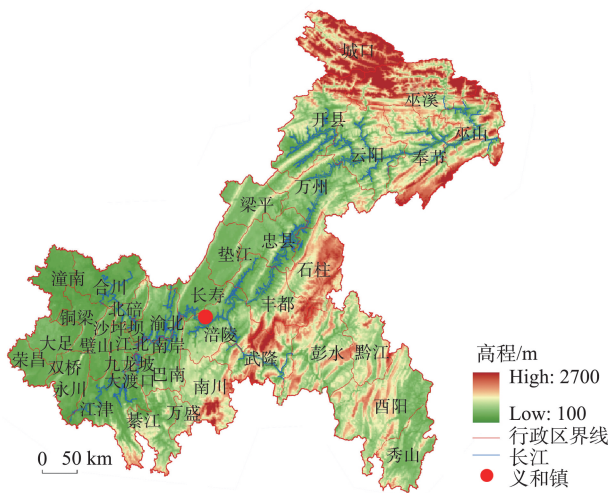


图2 义和镇区位图

Fig.2 Location of Yihe Town, Chongqing Municipality

阶梯和第二阶梯过渡区域,受地形和水系影响,滑坡泥石流频发,水土流失严重,是生态环境高度脆弱的地区。总体来看,农村居民点在山地、丘陵地区广泛分布,呈现“大分散、小集中”的格局,不仅不利于经济建设,对生态环境也造成了一定的压力和破坏。与此同时,随着城镇化的加速发展,资源整合、旅游生态资源统筹开发的需求意愿加强,生态保护和生态恢复成为镇域统筹规划的前提和重点。

3.2 数据来源

本文采用的数据主要包括:义和镇第二次全国土地调查的土地利用现状调查数据、精度为5 m的义和镇数字高程模型(DEM)和义和镇行政区划图,以及从联合国粮农组织(FAO)和维也纳国际应用系统研究所(IIASA)所构建的世界土壤数据库(Harmonized World Soil Database version 1.1)(HWSD)中提取的精度为1 km的中国土壤类型格网数据,所有数据均在 ArcGIS 10.2 的平台上运行和处理。

3.3 生态敏感性评价

根据研究区域实际情况,结合生态敏感性评价

较为成熟的方法(潘竞虎等, 2006; 潘峰等, 2011; 许妍等, 2013), 建立评价指标体系, 对义和镇进行生态敏感性评价。具体方法是将义和镇划分为 $50\text{ m} \times 50\text{ m}$ 的网格, 首先进行单因子评价。在 ArcGIS 10.2 中提取每个网格的单因子值, 按照对环境敏感的程度, 将其划分为一般敏感性、轻度敏感性、中度敏感性、高度敏感性和极敏感性, 分别赋值 1、3、5、7、9。各因子权重根据层次分析法(AHP)获得。通过对义和镇自然生态条件及周围的环境条件等各方面情况的综合调查, 查阅相关资料并与专家交流, 反复论证。将评价因子进行定量化处理, 其分级结果见表 1。

在第一个步骤提取单因子值的基础上, 进行多因子综合评价。义和镇镇域内敏感性得分范围为 1.03~7.60。在 ArcGIS 10.2 中, 为识别敏感性边界, 对敏感性得分进行重新分类, 分为一般敏感、轻度敏感、中度敏感、高度敏感、极敏感等 5 类, 得到生态敏感性评价图(图 3), 分类标准及各类敏感性面积见表 2。从表 2 可以看出, 义和镇生态一般敏感的土地面积只占全区 11.58%, 而高度敏感和极敏感的地区占到 32.69%。从空间分布上来看, 高度敏感和极敏感地区主要分布在北部山地地区及南部沿长江地带, 该地区坡度较大, 水土流失严重, 加上人类活动具有“小聚集、大分散”的态势, 因此对全区的生态环境造成了明显的压力和影响。生态敏感性不高的地区主要集中在镇域中部, 具有良好的生产生活条件, 海拔较低, 是人们生产生活主要集中区。

3.4 生态服务价值评价

根据生态服务价值当量因子的方法, 义和镇的食物生产、原料生产等 9 个生态服务类型进行价值核算, 具体核算结果见表 3。将各地类的生态服务价值加总, 并且标准化为 0~100 之间, 对不同生态服务价值的地类进行重新分类为: 极低生态服务价值、低生态服务价值、一般生态服务价值、高生态服务价值和极高生态服务价值, 得到生态服务价值结果图结果(表 4)。结合图 4 和表 4 可以看出, 生态服务价值较高的主要在山地、水系、湿地、园林地等区域, 总体来说, 义和镇土地生态服务价值总体处于中等水平, 高生态服务价值区占镇域面积 23.92%, 该区集中分布在北部地区, 极高生态价值区占全区面积的 14.21%, 该区除了长江沿岸地区以外, 零星分布在镇域范围内。一般生态服务价值、低生态服务价值和极低生态服务价值基本上平均分布在全

镇范围内。低生态服务价值区面积, 一般生态服务价值区面积和高生态服务价值区面积基本相同, 都远高于极低生态服务价值区面积和极高生态服务价值区面积。从极低生态服务价值到极高生态服务价值, 5 类面积大小分布呈现纺锤状。

3.5 生态红线划定

生态红线的划定是在综合考虑生态敏感性分析、生态服务价值评价基础上, 运用布尔运算法将生态敏感区和生态服务价值高的地区进行叠加, 只要在所选定的生态敏感区或者生态服务价值区内, 直接划定为生态红线范围。

由于山地区域土地利用破碎化现象严重, 因此生态评价结果也呈现出图斑严重破碎化现象。为科学合理的划定生态红线范围, 对数据结果进行处理, 参考中华人民共和国环境保护部颁布的《生态保护红线划定技术指南》, 结合村镇区域尺度, 进行生态红线范围的数据处理和图形整饰。首先, 进行

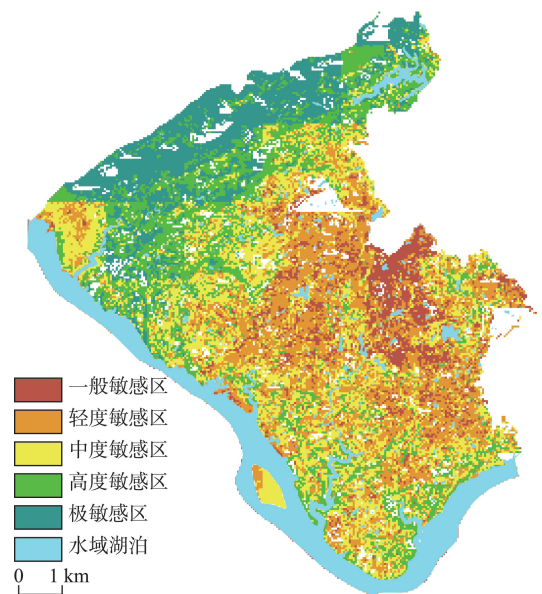


图 3 涪陵区义和镇生态敏感性评价图
Fig.3 Spatial distribution of ecological sensitivity classes in Yihe Town, Chongqing Municipality

表 2 生态敏感性分级赋值表
Tab.2 Ecological sensitivity classes in Yihe Town, Chongqing Municipality

生态敏感性	一般敏感	轻度敏感	中度敏感	高度敏感	极敏感
敏感性总分	(1,3]	(3,4]	(4,5]	(5,6]	(6,7.6]
面积/km ²	10.755	27.245	24.495	18.693	11.665
百分比/%	11.58	29.34	26.38	20.13	12.56

表3 义和镇不同土地利用类型单位面积生态服务价值/(元·hm²·a⁻¹)

Tab.3 Values of ecosystem services per unit area of different land use types in Yihe Town, Chongqing Municipality/(yuan·hm⁻²·a⁻¹)

生态系统分类	供给服务		调节服务		支持服务		文化服务		总和
	食物生产	原料生产	气体调节	气候调节	水文调节	土壤保持	维持养分循环	生物多样性	
农田	507.82	112.59	409.01	213.70	687.05	238.97	71.23	78.13	2352.97
林地	137.87	314.80	1038.62	3108.96	1895.71	1266.10	96.51	1151.21	9515.30
草地	174.63	257.36	905.34	2394.34	1755.54	1102.96	82.72	1001.85	8115.92
湿地	234.38	229.78	873.17	1654.43	11135.27	1061.60	82.72	3616.78	21061.88
荒漠	0.00	0.00	9.19	0.00	13.79	9.19	0.00	9.19	45.96
水域	367.65	105.70	353.87	1052.40	46985.95	427.40	32.17	1171.89	51365.61
城镇用地	-	-	-	-	-	-	-	-	165.20

表4 生态服务价值评价表

Tab.4 Ecosystem services value classes in Yihe Town, Chongqing Municipality

生态服务价值	极低价值	低价值	一般价值	高价值	极高价值
服务价值评分	(0, 0.11]	(0.11, 3.93]	(3.93, 6.61]	(6.61, 22.66]	(22.66, 100]
面积/km ²	8.57	26.80	25.89	23.68	14.07
百分比/%	8.66	27.07	26.15	23.92	14.21

数据聚合,在 ArcGIS 10.2 中,通过聚合工具将叠加结果中相对聚集或邻近的图斑聚合为相对完整连片的图斑。考虑到前期评价单元网格大小和村镇范围较小两方面因素,选择聚合距离为 50 m,最小孔洞面积为 3 km²;其次,将破碎图斑剔除。选择剔除破碎图斑的阈值为 5 km²,面积在 5 km²以下的图斑删除,以减少红线区的破碎化程度,但同时又保留重要的水源涵养和水土保持区域。最后,根据实

际土地利用类型和影像地物分布进行遥感判读与补充勾绘,扣除聚合后图斑内的大型建设用地和集中连片农田,调整生态保护红线界线,形成边界清晰、切合实际、生态完整性好的生态红线分布图。

具体操作中将生态敏感性极敏感区、高度敏感区与极高、高生态服务价值区进行叠加,得到刚性生态红线,刚性生态红线是建设发展不可逾越的边界,红线内应以生态保护和生态恢复为主(图5)。义

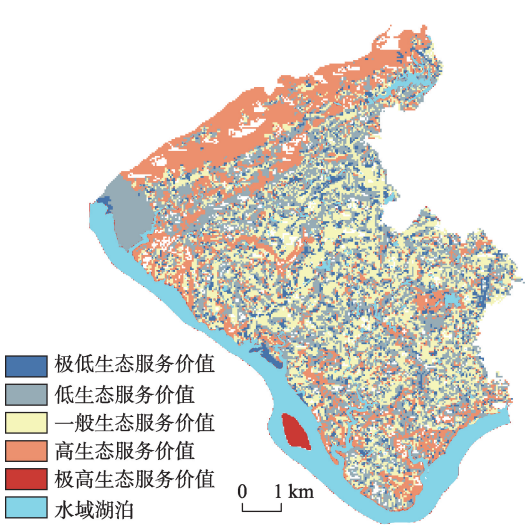


图4 义和镇生态服务价值评价图

Fig.4 Spatial distribution of ecosystem services value classes in Yihe Town, Chongqing Municipality



图5 义和镇生态红线划定结果

Fig.5 Ecological red line zones in Yihe Town, Chongqing Municipality

和镇刚性生态红线所包含的区域为刚性生态保护区,面积为43.90 km²,占镇域面积44.34%,范围主要包括镇域的东部、北部和长江沿岸,主要起重点防御水土流失和水源涵养作用,生态红线的划定为义和镇的规划建设、生态保护提供了控制性基准。

与刚性生态红线不同,弹性生态红线可根据镇域的发展阶段以及生态环境保护状况和生产建设规模划定生态保护边界。随着生态恢复和镇域发展的需要可发生变化,但是刚性边界是弹性边界坚守的底线。义和镇的弹性生态红线是中生态敏感区与一般生态服务价值区相叠合的结果(图5)。与刚性生态保护区相比,弹性生态红线主要分布在义和镇南部地区,所包围的弹性生态保护区面积为29.18 km²,占义和镇镇域面积的29.47%;义和镇南部地区虽然总体海拔没有北部山区高,但是有丰富的河网水系,生态敏感性和生态服务价值都处在中等位置。划定弹性土地生态红线,可对土地利用和生态保护进行阶段性指导,根据镇域的发展状况可以进行弹性调整,这样既可以保护生态环境又不阻碍镇域的整体发展。

4 结论与讨论

经过30多年的高速城镇化进程后,中国生态环境问题愈发突出,大力推进生态文明建设、构建人与自然和谐发展的现代化新格局是国家重大战略方针。本文以山地区域村镇为案例,基于生态系统的综合评价,探讨了生态红线的划定技术,从生态敏感性、生态服务价值2个方面,系统综合地对山地区域村镇生态红线划定方法进行了探索,建立了一套划定村镇生态红线的技术流程和方法,对以基础空间单元构建生态安全格局具有重要的理论意义和实践价值。

义和镇的刚性生态红线区主要分布在北部山地区域和南部沿长江沿岸地区,弹性生态红线与刚性生态红线相比地域范围有所扩大,包括了南部一些地区。由于义和镇北部山地区域有比较重的水土流失问题,生态环境较为敏感,是生态系统容易遭受破坏的区域。但北部地区植被丰富,生态服务价值高;南部地区水系丰富,也蕴含了较高的生态服务功能,对于增强生物多样性和水源涵养有重要作用。因此,生态红线区的划定,可较合理地保护生态脆弱地区和生态服务价值较高的地区,以便科

学引导区域生产建设规划,保障生态系统向健康方向发展。

山地区域村镇多位于中国西南地区,河流水系发达、生态环境脆弱,属于典型的生态敏感性高、生态价值高的地区,因而生态红线划定复杂、生态保护区所占面积较大。从预防自然灾害、减少生产安全风险、促进经济活动合理分布的角度来看,山地区域村镇应以防范自然灾害、恢复生态环境为主要目标,结合国家生态补偿转移支付政策,有序地引导位于生态敏感区的居民外迁,构建村镇生态保护机制,促进村镇人地和谐发展。

参考文献(References)

- 陈效述, 王恒. 2009. 1982-2003年内蒙古植被带和植被覆盖度的时空变化[J]. 地理学报, 64(1): 84-94. [Chen X Q, Wang H. 2009. Spatial and temporal variations of vegetation belts and vegetation cover degrees in Inner Mongolia from 1982 to 2003[J]. Acta Geographica Sinica, 64(1): 84-94.]
- 凡非得, 王克林, 宣勇, 等. 2011. 西南喀斯特区域生态环境敏感性评价及其空间分布[J]. 长江流域资源与环境, 20(11): 1394-1399. [Fan F D, Wang K L, Xuan Y, et al. 2011. Eco-environmental sensitivity and its spatial distribution in karst regions, Southwest China[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 20(11): 1394-1399.]
- 冯长春. 2008. 中国土地储备制度探讨[J]. 农业工程学报, 24(S1): 247-249. [Feng C C. 2008. Research on the land reserve system of China[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 24(S1): 247-249.]
- 冯长春, 曹敏政, 谢婷婷. 2014. 不同生态保育尺度下铜陵市土地利用结构优化[J]. 地理研究, 33(12): 2217-2227. [Feng C C, Cao M Z, Xie T T. 2014. Optimization of land use structure in Tongling City based on different ecological conservation scales[J]. Geographical Research, 33(12): 2217-2227.]
- 傅伯杰, 刘世梁, 马克明. 2001. 生态系统综合评价的内容与方法[J]. 生态学报, 21(11): 1885-1892. [Fu B J, Liu S L, Ma K M. 2001. The contents and methods of integrated ecosystem assessment[J]. Acta Ecologica Sinica, 21(11): 1885-1892.]
- 李广娣, 冯长春, 曹敏政. 2013. 基于土地生态敏感性评价的城市空间增长策略研究: 以铜陵市为例[J]. 城市发展研究, 20(11): 69-74. [Li G D, Feng C C, Cao M Z. 2013. Study of urban spatial growth strategy based on ecological sensitivity assessment: A case study of Tongling[J]. Urban Development Studies, 20(11): 69-74.]

- 李力, 王景福. 2014. 生态红线制度建设的理论和实践[J]. 生态经济, 30(8): 138-140. [Li L, Wang J F. 2014. Institutional construction of ecological red line: Theory and practice[J]. Ecological Economy, 30(8): 138-140.]
- 李双成, 王珏, 朱文博, 等. 2014. 基于空间与区域视角的生态系统服务地理学框架[J]. 地理学报, 69(11): 1628-1639. [Li S C, Wang J, Zhu W B, et al. 2014. Research framework of ecosystem services geography from spatial and regional perspectives[J]. Acta Geographica Sinica, 69(11): 1628-1639.]
- 李正, 王军, 白中科, 等. 2012. 贵州省土地利用及其生态系统服务价值与灰色预测[J]. 地理科学进展, 31(5): 577-583. [Li Z, Wang J, Bai Z K, et al. 2012. Land use and ecosystem service values and their grey forecast in Guizhou Province[J]. Progress in Geography, 31(5): 577-583.]
- 刘春霞, 李月臣, 杨华, 等. 2011. 三峡库区重庆段生态环境敏感性综合评价[J]. 地理学报, 66(5): 631-642. [Liu C X, Li Y C, Yang H, et al. 2011. RS and GIS-based assessment for eco-environmental sensitivity of the Three Gorges Reservoir Area of Chongqing[J]. Acta Geographica Sinica, 66(5): 631-642.]
- 马永欢, 张丽君, 黄先栋. 2014. 确立我国土地管理红线的战略思考[J]. 中国软科学, (1): 29-35. [Ma Y H, Zhang L J, Huang X D. 2014. The strategic thinking on establishing red lines of land management[J]. China Soft Science, (1): 29-35.]
- 欧阳志云, 王效科, 苗鸿. 2000. 中国生态环境敏感性及其区域差异规律研究[J]. 生态学报, 20(1): 9-12. [Ouyang Z Y, Wang X K, Miao H. 2000. China's eco-environmental sensitivity and its spatial heterogeneity[J]. Acta Ecologica Sinica, 20(1): 9-12.]
- 潘峰, 田长彦, 邵峰, 等. 2011. 新疆克拉玛依市生态敏感性研究[J]. 地理学报, 66(11): 1497-1507. [Pan F, Tian C Y, Shao F, et al. 2011. Evaluation of ecological sensitivity in Karamay, Xinjiang, Northwest China[J]. Acta Geographica Sinica, 66(11): 1497-1507.]
- 潘竞虎, 董晓峰. 2006. 基于GIS的黑河流域生态环境敏感性评价与分区[J]. 自然资源学报, 21(2): 267-273. [Pan J H, Dong X F. 2006. GIS-based assessment and division on eco-environmental sensitivity in the Heihe River Basin[J]. Journal of Natural Resources, 21(2): 267-273.]
- 冉圣宏, 宋晓龙, 李晓文, 等. 2009. 衡水湖国家自然保护区生态敏感性分析[J]. 地域研究与开发, 28(4): 129-133. [Ran S H, Song X L, Li X W, et al. 2009. The ecological sensitivity analysis in Heng-shui Lake National Nature Reserve[J]. Areal Research and Development, 28(4): 129-133.]
- 王兵, 鲁绍伟. 2009. 中国经济林生态系统服务价值评估[J]. 应用生态学报, 20(2): 417-425. [Wang B, Lu S W. 2009. Evaluation of economic forest ecosystem services in China[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 20(2): 417-425.]
- 王万中, 焦菊英, 郝小品, 等. 1996. 中国降雨侵蚀力 R 值的计算与分布(II)[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 2(1): 29-39. [Wang W Z, Jiao J Y, Hao X P, et al. 1996. Distribution of rainfall erosivity R value in China[J]. Journal of Soil Erosion and Soil Conservation, 2(1): 29-39.]
- 王云才, 吕东, 彭震伟, 等. 2015. 基于生态网络规划的生态红线划定研究: 以安徽省宣城市南漪湖地区为例[J]. 城市规划学刊, (3): 28-35. [Wang Y C, Lv D, Peng Z W, et al. 2015. The demarcation of ecological red line based on ecological network planning: A case study of Nanyi Lake region in Anhui Province[J]. Urban Planning Forum, (3): 28-35.]
- 吴钢, 肖寒, 赵景柱, 等. 2001. 长白山森林生态系统服务功能[J]. 中国科学: 生命科学, 31(5): 471-480. [Wu G, Xiao H, Zhao J Z, et al. 2002. Forest ecosystem services of Changbai mountain in China[J]. Science in China: Life Sciences, 45(1): 21-32.]
- 谢高地, 鲁春霞, 成升魁. 2001. 全球生态系统服务价值评估研究进展[J]. 资源科学, 23(6): 5-9. [Xie G D, Lu C X, Cheng S K. 2001. Progress in evaluating the global ecosystem services[J]. Resources Science, 23(6): 5-9.]
- 谢高地, 张彩霞, 张昌顺, 等. 2015. 中国生态系统服务的价值[J]. 资源科学, 37(9): 1740-1746. [Xie G D, Zhang C X, Zhang C S, et al. 2015. The value of ecosystem services in China[J]. Resources Science, 37(9): 1740-1746.]
- 徐广才, 康慕谊, 赵从举, 等. 2007. 阜康市生态敏感性评价研究[J]. 北京师范大学学报: 自然科学版, 43(1): 88-92. [Xu G C, Kang M Y, Zhao C J, et al. 2007. Appraisal of eco-sensitivity on Fukang City[J]. Journal of Beijing Normal University: Natural Science, 43(1): 88-92.]
- 许妍, 梁斌, 鲍晨光, 等. 2013. 渤海生态红线划定的指标体系与技术方法研究[J]. 海洋通报, 32(4): 361-367. [Xu Y, Liang B, Bao C G, et al. 2013. Research on the index system and the technical methods of ecological red line division for the Bohai Sea[J]. Marine Science Bulletin, 32(4): 361-367.]
- 燕守广, 林乃峰, 沈渭寿. 2014. 江苏省生态红线区域划分与保护[J]. 生态与农村环境学报, 30(3): 294-299. [Yan S G, Lin N F, Shen W S. 2014. Delineation and protection of ecological red lines in Jiangsu Province[J]. Journal of Ecology and Rural Environment, 30(3): 294-299.]
- 颜磊, 许学工, 谢正磊, 等. 2009. 北京市域生态敏感性综合评价[J]. 生态学报, 29(6): 3117-3125. [Yan L, Xu X G, Xie Z L, et al. 2009. Integrated assessment on ecological sensitivity for Beijing[J]. Acta Ecologica Sinica, 29(6):

- 3117-3125.]
- 杨志峰, 徐俏, 何孟常, 等. 2002. 城市生态敏感性分析[J]. 中国环境科学, 22(4): 360-364. [Yang Z F, Xu Q, He M C, et al. 2002. Analysis of city ecosensitivity[J]. China Environmental Science, 22(4): 360-364.]
- 禹莎, 王原, 李敬, 等. 2008. 北方小型工业城市生态敏感性评价研究: 以沙河市大沙河古河道地区为例[J]. 复旦学报: 自然科学版, 47(4): 501-508. [Yu S, Wang Y, Li J, et al. 2008. Appraisal of eco-sensitivity on small-sized industrial city in northern China: Set the Shahe City as an example[J]. Journal of Fudan University: Natural Science, 47(4): 501-508.]
- 赵同谦, 欧阳志云, 郑华, 等. 2004. 中国森林生态系统服务功能及其价值评价[J]. 自然资源学报, 19(4): 480-491. [Zhao T Q, Ouyang Z Y, Zheng H, et al. 2004. Forest ecosystem services and their valuation in China[J]. Journal of Natural Resources, 19(4): 480-491.]
- Costanza R, D'Arge R, Groot R, et al. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. Nature, 387: 253-260.
- Daily G C. 1997. Nature's services: Societal dependence on natural ecosystems[M]. Washington DC: Island Press.
- Repetto R. 1992. Accounting for environmental assets[J]. Scientific American, 266(6): 94-100.

Determination of ecological red line of mountainous areas: A case study of Yihe Town in Chongqing Municipality

DING Yuchen¹, FENG Changchun^{1*}, WANG Liwei²

(1. College of Urban and Environmental Sciences, Peking University, Beijing 100871, China;

2. School of Architecture, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: Unsuitable land use is an important factor contributing to ecological problems. Determining ecological red line can coordinate the relationship between land use and the ecological environment, promote reasonable allocation of land resources, and improve regional ecological security. Research on methods to determine ecological red line has theoretical and practical values. Mountain areas have rugged terrain and dense water systems, where fragmentation of land use is often serious. They are also important areas with regard to soil and water conservation and key areas for ecological restoration and reconstruction. Taking a mountainous town—Yihe in Chongqing Municipality—as an example, this study used GIS tools and took into consideration ecological sensitivity and ecosystem services value to determine the rigid and flexible ecological red lines of the study area. This study chose slope, vegetation coverage, water and soil types, and erosive force of precipitation as indicators for ecological sensitivity assessment and food production, raw material production, gas regulation, climate regulation, hydrology regulation, soil retention, nutrient cycling maintenance, biodiversity, and aesthetic as indicators for ecological service assessment. The area within the rigid ecological red line is 43.90 km², 44.34% of the total area of Yihe Town; and the area within the elastic ecological red line is 29.18 km², 29.47% of the total area. Ecological red line encloses the northern and eastern mountainous area and southern area with dense water courses of the town. The ecological sensitivity and ecological services value are high in this area. The ecological red lines determined in this study identify key areas for ecological restoration and protection, and the methods and result can support policy-making for improving ecological security of the region.

Key words: mountainous areas; ecological red line; ecological sensitivity; ecosystem services value; Yihe Town of Chongqing Municipality