

# Study on Recognition for the Urban Ecological Protection Redlines and Assessment of Urban Ecological Assets Based on Remote Sensing and GIS Technology

Chengyu Feng, Jianqiang Zhang, Jifu Lin

Faculty of Geosciences and Environmental Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu Sichuan  
Email: fengcy0311@126.com

Received: Aug. 27<sup>th</sup>, 2019; accepted: Sep. 13<sup>th</sup>, 2019; published: Sep. 20<sup>th</sup>, 2019

---

## Abstract

The delimitation of ecological protection redlines is of great significance for safeguarding national ecological security and strengthening the construction of ecological civilization. As the center of human activities and gathering, the city is estimated by the delimitation of ecological protection redlines, which is an urgent requirement to promote the work of urban ecological environment protection and keep the bottom line of urban security. Taking Chenghua District of Chengdu City in Sichuan Province as an example, based on remote sensing and GIS technology, through remote sensing image data, meteorological data, social statistics and field investigation, this paper identified the scope of ecological protection redline in Chenghua District, on this basis, the land use change statues of ecological protection redline in the period of 2012-2016 was analyzed, and the value and change of ecological assets within the ecological protection redline were objectively evaluated through the remote sensing quantitative evaluation model of ecological assets. The results showed that the total area of ecological protection redline in Chenghua District is 24.32 km<sup>2</sup>, accounting for 22.47% of the total area of Chenghua District, and the protection area was mainly distributed in the eastern and northern regions; the land use pattern of ecological protection redline in Chenghua District is dominated by green vegetation, which accounts for more than half of the total area of ecological protection redline, the area of water and wetland area increased most, while the area of cultivated land and green land vegetation decreased in 2012-2016; the ecological assets of Ecological Protection redlines in Chenghua District in 2012 and 2016 was 16.2873 million Yuan and 16.3196 million Yuan respectively, and the ecological assets increased by 0.20%.

## Keywords

Ecological Protection Redlines, Ecological Assets, Chenghua District of Chengdu City, RS (Remote Sensing), GIS (Geographic Information System)

---

# 基于遥感和GIS技术的城区生态保护红线识别及其生态资产评估研究

冯程瑜, 张建强, 林吉富

西南交通大学地球科学与环境工程学院, 四川 成都

Email: fengcy0311@126.com

收稿日期: 2019年8月27日; 录用日期: 2019年9月13日; 发布日期: 2019年9月20日

## 摘要

划定生态保护红线对维护国家生态安全和加强生态文明建设具有重要意义, 城市作为人类活动和聚集的中心, 对其进行生态保护红线的划定, 是推进城市生态环境保护工作、守住城市安全底线的迫切要求。以四川省成都市中心城区的成华区为例, 基于遥感和GIS技术, 通过遥感影像数据、气象数据、社会统计等数据和现场调查, 识别了成华区生态保护红线范围, 在此基础上, 分析了2012~2016年生态保护红线土地利用变化状况, 并通过生态资产遥感定量评估模型, 客观评估了生态保护红线范围内的生态资产价值及变化状况。结果显示: 成华区生态保护红线区总面积为24.32 km<sup>2</sup>, 占全区总面积的22.47%, 主要分布在东部和北部区域; 成华区生态保护红线土地利用以绿地植被为主, 其面积占生态保护红线总面积的一半以上, 2012~2016年水域湿地面积增加最多, 耕地和绿地植被面积有所减少; 成华区生态保护红线区2012年和2016年的生态资产依次为1628.73万元和1631.96万元, 生态资产有所增加, 增幅达0.20%。

## 关键词

生态保护红线, 生态资产, 成都市成华区, 遥感, GIS

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

当前, 全球性和区域性生态危机日益严峻, 生态系统服务功能迅速退化, 对人类社会的可持续发展造成了巨大的冲击和挑战。面对如此严峻的环境形势和迅速发展的生态问题, 为维护国家生态安全, 改善生态环境质量, 划定生态保护红线的战略任务应运而生。生态保护红线是在生态空间范围内的具有特殊重要生态功能且必须强制性严格保护的区域, 是保障和维护国家生命安全的底线和生命线[1]。中办、国办于2017年2月印发的《关于划定并严守生态保护红线的若干意见》, 对划定并严守生态保护红线工作进行了全面部署, 要求以改善生态环境质量为核心, 以保障和维护生态功能为主线, 按照山水林田湖系统保护的要求, 划定并严守生态保护红线, 实现一条红线管控重要生态空间, 确保生态功能不降低、面积不减少、性质不改变[2]。因此, 生态保护红线划定已成为国家和区域生态安全保护的战略要求。

生态资产是生态资源的价值形式, 是能带来用货币量化的直接或间接或潜在经济利益的生态经济资源。生态资产的估算也成为绿色GDP核算和生态安全评价的基础。近些年来, 生态资产作为生态经济学

与可持续发展研究的一个新兴领域，成为国内外经济学家和生态学家以及政府部门研究的热点领域，科学评估生态资产并对其时空动态变化进行量化描述，可为区域科学规划、决策与可持续发展提供重要参考[3] [4] [5] [6] [7]，成为当前保护生态环境、维护人类社会福祉、促进人与自然和谐发展的迫切需求之一。国内外学者对生态资产已进行了一系列较为系统、全面的研究，但仍没形成一套公认的、较为完善的生态资产测量的理论和方法体系[8]-[13]，同时，在参数修正上，大多数研究未结合研究区域生态系统类型、质量状况的空间及时间差异，导致评估结果难以准确反映研究区域生态资产空间分布的实际情况[14]-[19]。随着遥感和 GIS 技术的引入，生态资产评估进入了一个全新的阶段，遥感技术克服了获取数据难的问题，避免出现“以点代面”的情况，GIS 技术提供了一个集数据采集、贮存、输出与运算的技术平台，具有强大的数据集成能力，综合应用这两种技术手段有利于进行区域尺度生态资产的评估，同时可及时获取数据，便于进行生态资产的动态监测[20] [21]。

对区域生态保护红线生态资产进行定量评估，可及时、准确、动态地掌握生态保护红线生态资产状况，可全面了解生态系统质量及变化状况，为生态保护红线划定及管理 and 生态补偿提供了有利的科学理论依据[22] [23] [24] [25]。本研究基于遥感和 GIS 技术，以四川省成都市中心城区的成华区为例，结合生态资产遥感定量评估模型，识别了成华区生态保护红线范围，在此基础上，分析了生态保护红线土地利用变化状况，并客观评估了生态保护红线生态资产价值及变化状况，以期为城市区域生态安全保护和城市可持续发展研究提供参考。

## 2. 研究方法 with 数据

### 2.1. 研究区概况

成华区地处四川省成都市东北部，行政区域面积 108.24 km<sup>2</sup>，是成都市区面积最大的城区，位于东经 103°53'~104°03'、北纬 30°33'~30°44'之间，如图 1。成华区地处轴状凹陷构造盆地——成都平原的东部，

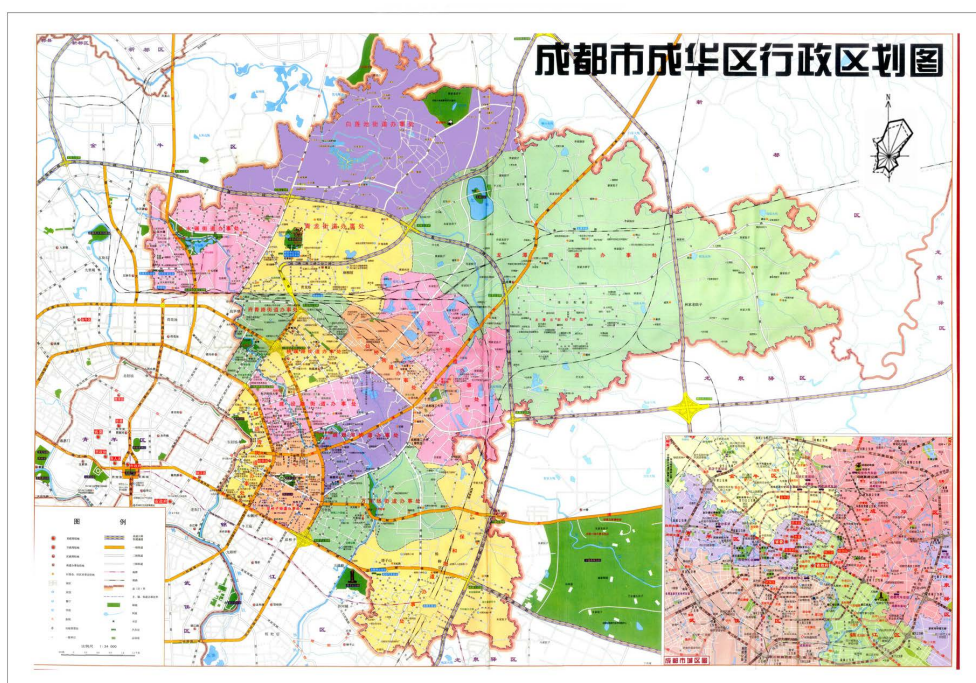


Figure 1. Administrative map of the study area

图 1. 研究区行政区划图

区内地势平坦,地质构造简单,地貌类型不多,主要由第四纪冲积平原、丘陵和台地组成,仅东北部偏高,属浅丘地带。成华区属亚热带湿润季风气候,终年温暖湿润,四季分明,常年平均气温 16.2℃,全年雨量充沛,年平均降雨量 900~1300 mm,日照偏少,年平均日照数 1228.3 h,太阳辐射量 90.94 kcal/cm<sup>2</sup>,属全国低值区,全年无霜期 278 d。成华区水源属岷、沱江水系,地处都江堰自流灌溉区,主要河流为沙河、府河和东风渠,河流纵横交错,地表水和地下水资源丰富。

成华区土质肥沃,区内水资源充足、气候温和,适宜多种动植物生长,生物资源十分丰富,生物种类多样。但由于成华区属于成都市中心城区,开发历史久远,区内自然生态环境受人类活动的干扰很大,自然植被被大量人工植被所取代,人工植被主要以道路交通绿化林、小区住宅绿化林及公园绿地绿化林等,主要树种有银杏、柏木、楠木、红豆木、黄连木等,林业属典型城市林业,栽培植物上千种,饲养动物百余种。区内有环城生态区、成都大熊猫繁育研究基地、西南地区最大的成都动物园、锦城绿道、多个大型公园等。

## 2.2. 数据来源及处理

土地利用数据为四川省环境保护科学研究所提供的分辨率 30 m × 30 m 目视解译数据,遥感数据为美国国家航空航天局(NASA)的 landsatETM7 影像(像元大小 30 m × 30 m,轨道号及行号为 129/39),相关数据处理在 ENVI5.0 和 ArcGIS10.0 环境中完成,所用数据均转换成统一的双标准纬线等面积圆锥(Albers)投影,采用的椭球体为 Krasovsky 椭球体。此外,研究还采用国际科学服务平台提供的 DEM 数据,以及当地相关部门提供的气象数据、社会统计数据及其他辅助数据。图 2 为预处理后的研究区 2016 年遥感影像。

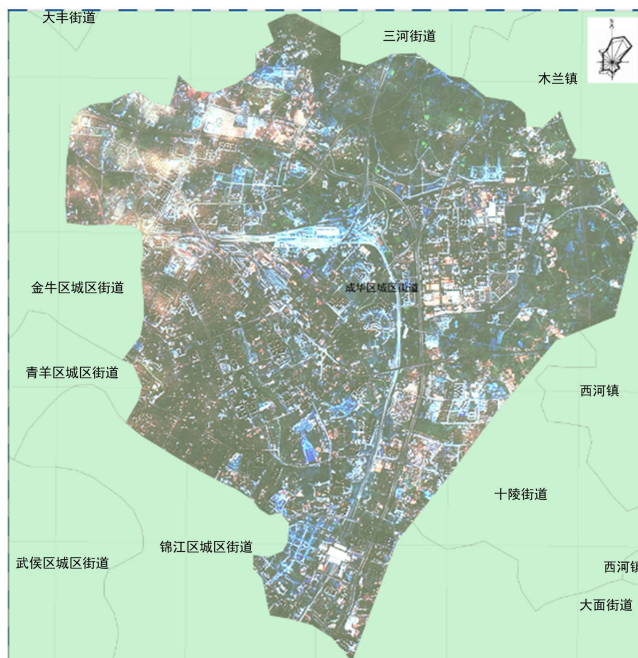


Figure 2. Remote sensing images of the study area  
图 2. 研究区遥感影像

## 2.3. 研究方法

### 2.3.1. 生态保护红线划定

生态保护红线是在生态空间范围内具有特殊重要生态功能、必须强制性严格保护的区域,是保障和

维护国家生态安全的底线和生命线, 通常包括具有重要水源涵养、生物多样性维护、水土保持、防风固沙、海岸生态稳定等功能的生态功能重要区域, 以及水土流失、土地沙化、石漠化、盐渍化等生态环境敏感脆弱区域。划定过程及方法如下:

### 1) 生态功能重要性评估

由于成华区属于成都市中心城区, 城市化水平较高(90%以上), 整个区域以城市生态系统为主, 自然生态系统及半自然生态系统所占比例较小。因此, 成华区城市生态系统生态功能重要性评估主要从水源涵养、水土保持和生物多样性维护这3个方面进行评估。

#### a) 水源涵养功能评价模型

以生态系统水源涵养服务能力指数作为评估指标, 计算公式为:

$$WR = NPP_{\text{mean}} \times F_{\text{sic}} \times F_{\text{pre}} \times (1 - F_{\text{slo}}) \quad (1)$$

式中:  $WR$  为生态系统水源涵养服务能力指数;  $NPP_{\text{mean}}$  为多年植被净初级生产力平均值;  $F_{\text{sic}}$  为土壤渗流因子;  $F_{\text{pre}}$  为多年平均降水量因子;  $F_{\text{slo}}$  为坡度因子。

#### b) 水土保持功能评价模型

以生态系统水土保持服务能力指数作为评估指标, 计算公式为:

$$S_{\text{pro}} = NPP_{\text{mean}} \times (1 - K) \times (1 - F_{\text{slo}}) \quad (2)$$

式中:  $S_{\text{pro}}$  为生态系统水源涵养服务能力指数;  $NPP_{\text{mean}}$  为多年植被净初级生产力平均值;  $K$  为土壤可蚀性因子;  $F_{\text{slo}}$  为坡度因子。

#### c) 生物多样性维护功能评价模型

以生物多样性维护服务能力指数作为评估指标, 计算公式为:

$$S_{\text{bio}} = NPP_{\text{mean}} \times F_{\text{pre}} \times F_{\text{tem}} \times (1 - F_{\text{alt}}) \quad (3)$$

式中:  $S_{\text{bio}}$  为生态系统水源涵养服务能力指数;  $NPP_{\text{mean}}$  为多年植被净初级生产力平均值;  $F_{\text{pre}}$  为多年平均降水量因子;  $F_{\text{tem}}$  为多年平均气温;  $F_{\text{alt}}$  为海拔因子。

### 2) 生态敏感性评估

成华区水土流失敏感区域敏感性评价主要对区域内水动力为主的水土流失敏感性进行评价, 结合成华区实际情况, 选取降水侵蚀力、土壤可蚀性、坡度坡长和地表植被覆盖等评价指标, 并根据成华区的实际对分级评价标准做相应调整[26]。将反映各因素对水土流失敏感性的单因子分布图, 用地理信息技术进行乘积运算, 公式如下:

$$SS_j = \sqrt[4]{R_i \times K_i \times LS_i \times C_i} \quad (4)$$

式中:  $SS_j$  为  $j$  空间单元水土流失敏感性指数, 评价因子包括  $R_i$ 、 $K_i$ 、 $LS_i$  和  $C_i$ , 其中  $R_i$  为降雨侵蚀力;  $K_i$  为土壤可蚀性;  $LS_i$  为坡度坡长;  $C_i$  为地表植被覆盖。不同评价因子对应的敏感性等级在 ArcGIS 的重分类模块方法下, 根据水土流失敏感性评价指标及分级赋值进行判定。

### 2.3.2. 生态资产定量评估

一定区域内生态资产的总量是一个随时间动态变化的量值, 它是区域内所有生态系统类型提供的服务功能及其自然资源价值的总和, 并随着区域内所含有的生态系统的类型、面积、质量的变化而变化。COSTANZA 等[27]在进行全球生态资产测量时, 将全球生态系统划分为 17 个类型的研究方法, 为基于定量遥感测量的生态资产价值评估模型的建立提供了一种可借鉴的方法。一定区域内的生态资产价值总量(V)可以表示为:

$$V = \sum_{c=1}^n V_c \tag{5}$$

$$V_c = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m R_{ij} \times V_{ci} \times S_{ij} \tag{6}$$

式中： $c=1,2,\dots,n$ ，表示生态系统的类型； $V_c$ 表示第  $c$  类生态系统生态资产价值。 $i=1,2,\dots,n$ ，表示第  $c$  类生态系统的第  $i$  种生态服务功能； $V_{ci}$ 表示第  $c$  类生态系统的第  $i$  种生态服务功能类型的单位面积价值； $j=1,2,\dots,m$ ，表示一定区域内第  $c$  类生态系统在空间上分布的像元数； $S_{ij}$ 表示各个像元的面积大小，对于等面积投影  $S_{ij}$ ，为给定的常数； $R_{ij}$ 表示每个像元的调整系数。

对于调整系数的计算，参照国内外研究成果，本文选取植被覆盖度和植被净第一性生产力( $NPP$ )作为表征当年生态系统质量状况的生态参数，来反映不同像元价值量的动态变化。对于任意像元，调整系数可表示为：

$$R_{ij} = \left( NPP_j / NPP_{\text{mean}} + f_j / f_{\text{mean}} \right) / 2 \tag{7}$$

式中： $NPP_{\text{mean}}$ 和  $f_{\text{mean}}$ 为区域内第  $c$  类生态系统植被净第一性生产力的均值和植被覆盖度的均值； $NPP_j$ 和  $f_j$ 为  $j$  像元的净第一性生产力和植被覆盖度。

$NPP$ 和植被覆盖度估算分别采用改进的光能利用率 CASA 模型和像元二分模型[28]，公式如下：

$$NPP = FPAR \times SOL \times T_{\varepsilon_1} \times T_{\varepsilon_2} \times W_e \times \varepsilon' \times 0.5 \tag{8}$$

$$f = (NDVI - NDVI_{\text{min}}) / (NDVI_{\text{max}} - NDVI_{\text{min}}) \tag{9}$$

式中： $FPAR$ 为植被冠层对入射光合有效辐射的吸收比例； $SOL$ 为太阳总辐射量， $\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}$ ； $T_{\varepsilon_1}$ 和  $T_{\varepsilon_2}$ 分别为温度胁迫系数； $W_e$ 为水分胁迫系数； $\varepsilon'$ 为理想条件下的最大光能利用率， $\text{gC}\cdot\text{MJ}^{-1}$ ；常数 0.5 为植被所能利用的太阳有效辐射(波长为 0.4~0.7  $\mu\text{m}$ )占太阳总辐射的比例； $NDVI$ 为像元的归一化植被指数； $NDVI_{\text{min}}$ 和  $NDVI_{\text{max}}$ 表示不同生态系统的  $NDVI$  最小值和最大值。

对于生态资产评估指标，本研究从宏观生态学角度，基于遥感手段的区域生态资产计算的特点，考虑数据获取的可能性和可靠性，以及生态红线划定中开展的生态功能重要性评估，最终确定营样物质循环价值、水源涵养价值、水土保持价值、固碳释氧价值、大气净化价值和精神文化价值这 6 种生态资产评估指标[29]，计算方法是在遥感和 GIS 技术的支持下，结合经济学方法进行确定和评价的，具体见表 1。

**Table 1.** Assessment method of ecological asset

**表 1.** 生态资产评估方法

评估指标	计算方法	参数
营样物质循环价值	以生态系统的净初级生产力为基础，以氮、磷、钾肥的平均价格，对应的纯氮、磷、钾元素折算率分别为 79/14、506/62、174/78 [30]。 $V = V_N + V_P + V_K$ 以氮元素为例， $V_N = \sum V_N(x) ;$ $V_N(x) = NPP(x) \times r_1 \times r_2 \times M$	$V$ 为区域每年吸收的营养物质价值，元； $V_N(x)$ 为像元 $x$ 处每年吸收的氮元素价值，元； $NPP(x)$ 为像元 $x$ 处每年生产的有机质， $\text{gC}$ ； $r_1$ 为不同生态系统中氮元素在有机物质中的分配率， $\text{gN/gC}$ ； $r_2$ 为纯氮折算成化肥的比，79/14； $M$ 为氮肥的平均价格，400 元/t； $V_N$ 为区域每年吸的的氮元素价值，元
水源涵养价值	采用影子工程法[31]。 $V = \sum V(x) ;$ $V(x) = Q(x) \times P \times S ; Q(x) = J(x) \times R(x)$	$J(x)$ 为像元 $x$ 处的年降雨量， $\text{m}$ ； $R(x)$ 为像元 $x$ 处的降雨贮藏量占总降水量的百分比降雨蓄积量 = (降雨量 - 蒸散量)/1000 × 单位像元面积； $P$ 为建造 1 $\text{m}^3$ 水库所需的成本； $S$ 为研究区面积， $\text{m}^2$

## Continued

水土保持价值	从保护土壤肥力、减少表土损失量和减少泥沙淤积 3 个方面来评价水土保持的价值[32]。 $V(x) = V_1(x) + V_2(x) + V_3(x)$	$V(x)$ 为像元 $x$ 处每年的水土保持价值, 元; $V_1(x)$ 为像元 $x$ 处每年保护土壤肥力的价值, 元; $V_2(x)$ 为像元 $x$ 处每年减少表土损失量的价值, 元; $V_3(x)$ 为像元 $x$ 处每年减少泥沙淤积损失的价值, 元
固碳释氧价值	通过植被固碳和释氧两个指标进行评价[33]。 以固碳指标为例, $V_i = \sum V_i(x);$ $V_i(x) = 1.63 \times NPP(x) \times R$	$V_i$ 为区域每年吸收 $CO_2$ 的价值, 元; $V_i(x)$ 为像元 $x$ 处每年吸收 $CO_2$ 的价值, 元; $NPP(x)$ 为像元 $x$ 处每年生产的有机物质, gC; $R$ 为碳税法中 $CO_2$ 的单位质量价值
大气净化价值	选取吸收二氧化硫、氟化物、氮氧化物和滞尘 4 个指标评价生态系统净化大气环境能力[34]。 以吸收二氧化硫指标为例, $V_{SO_2} = \sum V_{SO_2}(x);$ $V_{SO_2} = Q_{SO_2}(x) \times P_{SO_2}$	$V_{SO_2}$ 为区域每年吸收 $SO_2$ 的价值, 元; $V_{SO_2}(x)$ 为像元 $x$ 处每年吸收 $SO_2$ 的价值, 元; $Q_{SO_2}(x)$ 为像元 $x$ 处每年吸收的 $SO_2$ 量, gC; $P_{SO_2}$ 为 $SO_2$ 的治理费用, 元
精神文化价值	利用 COSTANZA 等估算出的全球精神文化服务价值的均值来近似计算研究区的精神文化价值[35]。 $V_{js} = t_{js} \times S$	$V_{js}$ 为区域每年精神文化价值, 元; $t_{js}$ 为单位面积生态系统精神文化服务价值, 元/m <sup>2</sup> ; $S$ 为研究区面积, m <sup>2</sup> 。

## 3. 结果与分析

## 3.1. 生态保护红线划定

将成都市成华区水源涵养功能、水土保持功能、生物多样性维护功能等主要生态系统服务在 ArcGIS 中进行叠加处理, 得到生态系统服务总值, 然后按生态系统服务总值将其重要性由低到高划分为 3 个重要性级别, 即极重要、重要和一般重要, 得到成华区生态服务功能重要性评估结果, 具体见表 2, 其中, 生态系统服务功能极重要区面积 19.83 km<sup>2</sup>, 占全区总面积的 18.32%, 主要集中分布在东部和北部的环城生态区, 以及西北部的饮用水源地保护区; 重要区面积 12.91 km<sup>2</sup>, 占全区总面积的 11.93%; 一般重要区面积 75.50 km<sup>2</sup>, 占全区总面积的 69.75%, 主要是城市区及道路区域。

**Table 2.** Classification table for evaluating the importance of ecological service function in Chenghua district

**表 2.** 成华区生态服务功能重要性评价分级表

生态系统服务功能重要性分级特征	面积(km <sup>2</sup> )	比例(%)
极重要	19.83	18.32
重要	12.91	11.93
一般重要	75.50	69.75
合计	108.24	100

通过对成华区市水土流失敏感性进行评价, 成华区位于成都市中心城区, 没有极敏感和敏感的水土流失区域, 一般敏感区面积也仅为 0.87 km<sup>2</sup>, 占全区总面积的 0.80%, 成点状散落分布于成华区北部和东部水土保持功能居于主导地位的区域。因此, 成华区水土流失敏感区不纳入生态保护红线划定范围内。

利用 ArcGIS 软件将成华区生态功能重要区评估数据转换为 shape 格式数据,对生态服务功能极重要区、禁止开发区、环城生态区和重要湿地区域进行叠加,并结合城市特征生态保护红线区域的范围以及实地踏勘对叠加区域进行修正与调整,形成最终的成华区生态保护红线区。成华区生态保护红线区面积为 24.32 km<sup>2</sup>,占全区总面积的 22.47%,主要分布在东部和北部区域。各类生态保护红线区域面积和主要红线区块如表 3 和表 4 所示。

**Table 3.** Area of Scope delimitation of various types of redline of ecological protection in Chenghua district

**表 3.** 成华区各类生态保护红线划定范围面积

生态红线分类	生态保护红线区域名称	面积(km <sup>2</sup> )	所占面积比重(%)
重要生态功能区保护红线	饮用水水源保护区	0.03	0.03
	生态服务功能重要区	19.83	18.32
其他生态保护红线	重要湿地	5.19	4.79
	环城生态区	22.65	20.93
成华区生态保护红线区叠加总面积(扣除重复面积)		24.32	22.47

**Table 4.** Major redline blocks in Chenghua district

**表 4.** 成华区主要红线区块

红线区域	概况	面积(km <sup>2</sup> )
沙河	成华区沙河段地处沙河上、中游,纵贯区内长达 14 km,包括河道两侧各 50 m 的区域。	1.4
东风渠	东风渠是成都市中心区长度最长、流域最广、影响区域最大的河流,长达 12.1 km,河道两侧各 50 m 的区域。	1.21
环城生态区	成都市环城生态区成华区部分主要分布于成华区东部龙潭街道和北部的白莲池街道。	22.65
北湖	主要位于龙潭街道和白莲池街道。	0.36
成都市沙河刘家碾集中式饮用水水源保护区	水源地一级保护区下游 100 m 的全部河道水域及两岸纵深 50 m 的水域;二级保护区从一级保护区边界起,沿沙河下溯 300 m 的全部河道及两岸纵深 50 m 的陆域,位于双水碾街道的西北部。	0.03

如图 3 所示,划定的成华区生态保护红线区域整体呈现“一带、一区、两河”的基本格局。“一带”:指成华区环城生态带,包括成华区范围包括龙潭街道东部四环路公路内外 500 m 和白莲街道的环城生态区等共 22.65 km<sup>2</sup>的环城生态区部分;“一区”:指饮用水水源保护区,包括成华区境内成都市沙河刘家碾集中式饮用水水源保护区一级保护区从取水口(成都市刘家碾水闸东经 104°4'0.87",北纬:30°43'0.06")起,沿沙河(成华区段)下游 100 m 的全部河道水域及两岸纵深 50 m 的水域;二级保护区从一级保护区边界起,沿沙河下溯 300 m (至北星大道跨沙河处为止)的全部河道及两岸纵深 50 m 的陆域;“两河”:指成华区的 2 条主要河道的绿地建设,即沙河景观绿带和东风渠生态绿带,东风渠生态带、沙河生态带单侧宽度均控制为 50 m。



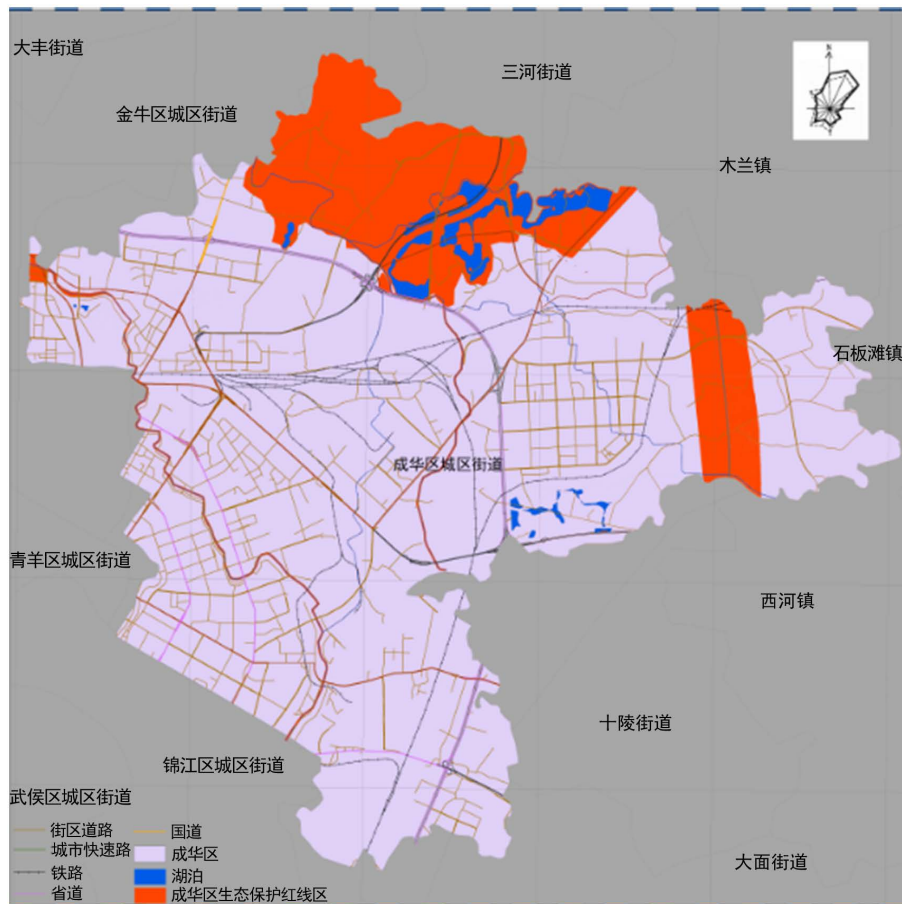


Figure 3. Redline of ecological protection in the study area  
图 3. 研究区生态保护红线

### 3.2. 生态保护红线土地利用变化

土地利用变化主要体现在土地利用类型变化、土地利用类型数量变化、土地资源生态背景质量变化、土地利用程度变化及土地利用变化的区域差异等方面。本研究主要从土地利用变化幅度和土地利用动态度进行评价[36]，计算模型分别为：

$$P = [(U_b - U_a) / U_a] \times 100\% \quad (10)$$

$$K = [(U_b - U_a) / U_a] \times (1/T) \times 100\% \quad (11)$$

式中： $P$  为研究时段内土地利用变化幅度； $K$  为研究时段内某一土地利用类型动态度； $U_a$ 、 $U_b$  分别为研究期初及研究期末某一种土地利用类型的数量； $T$  为研究时段长；当  $T$  的时段设定为年时， $K$  的值就是该研究区某种土地利用类型年变化率。

从表 5 可以看出，在 2012~2016 年期间成华区生态保护红线内土地利用变化情况。成华区生态保护红线范围内土地利用格局主要为绿地植被，占生态保护红线总面积的一半以上，其中 2012 年绿地植被面积 12.74 km<sup>2</sup>，占总面积的 52.39%，2016 年绿地植被面积 12.63 km<sup>2</sup>，占总面积的 51.94%，原因是成华区内有以环城生态区为核心的生态旅游带分布，是成都市规划的大面积全市生态用地之一，主要以绿地植被为主。在 2012~2016 年期间，成华区生态保护红线内水域湿地面积和建设用地面积有所增加，增加幅度分别为 1.76% 和 1.81%，而耕地面积和绿地植被面积有所减少，减少幅度分别为 2.95% 和 0.86%。

**Table 5.** Land use change along the redline of ecological protection in Chenghua district from 2012 to 2016  
**表 5.** 2012~2016 年成华区生态保护红线土地利用变化

土地利用类型	2012 年		2016 年		土地利用变化		
	面积(km <sup>2</sup> )	比例(%)	面积(km <sup>2</sup> )	比例(%)	面积(km <sup>2</sup> )	变幅(%)	变化速率(%)
耕地	2.04	8.39	1.98	8.14	-0.06	-2.95	-0.74
绿地植被	12.74	52.39	12.63	51.94	-0.11	-0.86	-0.21
水域湿地	5.13	21.09	5.22	21.46	0.09	1.76	0.44
建设用地	4.41	18.13	4.49	18.46	0.08	1.81	0.45
总计	24.32	100	24.32	100	-	-	-

总体而言,成华区生态保护红线土地利用以绿地植被为主,其次为水域湿地,2012~2016 年期间各种土地利用类型变化幅度均不大,主要是因为这些土地是在生态保护红线范围内,进行了生态管控,同时禁止城市开发建设,对于建设用地面积的略微增加,主要是由于生态保护红线范围内的附属设施和道路交通用地的增加。

### 3.3. 生态保护红线生态资产评估

由城市生态系统生态资产遥感定量评估模型计算可得,成华区生态保护红线范围内的 2012 年和 2016 年生态资产分别为 1628.73 万元和 1631.96 万元,2012~2016 年期间共增加了 3.23 万元,增幅达 0.20%。

从表 6 可以看出,在 2012~2016 年各类用地提供的生态资产中,绿地植被生态资产和水域湿地生态资产始终较高,两者之和提供了成华区生态保护红线内 96%以上的生态资产。从各类用地生态系统生态资产的总体变化情况来看,耕地和绿地植被的生态资产均有一定程度下降,而水域湿地的生态资产呈增长趋势,其中水域湿地的生态资产从 703.60 万元增加到 715.94 万元,增加幅度 1.75%;耕地的生态资产从 53.77 万元减少到 52.18 万元,变化幅度最大,减少了 2.96%;绿地植被的生态资产减少量最多,从 871.36 万元减少到 863.84 万元,但变化幅度不大,减少幅度 0.86%。

**Table 6.** Changes of ecological assets in different land use types along the redline of ecological protection  
**表 6.** 生态保护红线不同土地利用类型生态资产变化

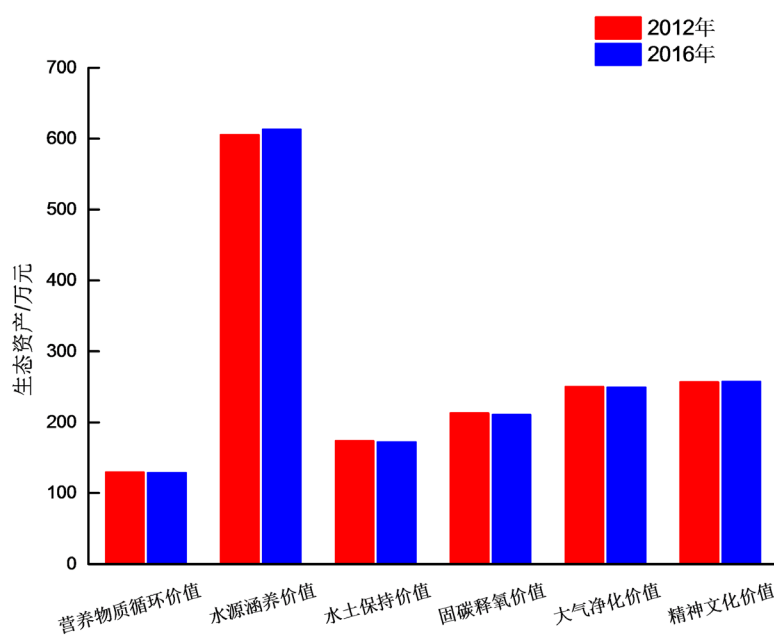
土地利用类型	2012 年		2016 年		生态资产变化	
	生态资产(万元)	所占比例(%)	生态资产(万元)	所占比例(%)	变化量(万元)	变化幅度(%)
耕地	53.77	3.30	52.18	3.20	-1.59	-2.96
绿地植被	871.36	53.50	863.84	52.93	-7.52	-0.86
水域湿地	703.60	43.20	715.94	43.87	12.34	1.75
总计	1628.73	100	1631.96	100	3.23	0.20

从成华区生态保护红线内 2012~2016 年不同类型生态资产可以看出(见表 7 和图 4),水源涵养价值所占比重最大,占总生态资产的 35%以上,接下来依次为精神文化价值、大气净化价值、固碳释氧价值和水土保持价值,均占总生态资产的 10%以上,营养物质循环价值所占比例最小,占总生态资产的不到 8%。在研究期间除水源涵养价值和精神文化价值外,其余类型生态资产均发生了不同程度的减少,营养物质循环价值、水土保持价值、固碳释氧价值和大气净化价值减少幅度分别为 0.85%、0.89%、0.77%和 0.38%;

而水源涵养价值和精神文化价值有所增加，其中水源涵养价值增加最为显著，增加幅度 1.26%，精神文化价值增加幅度 0.32%，这是由于研究期间对成华区生态保护红线内的水域湿地进行了治理和保护，水域湿地面积有增不减。

**Table 7.** Changes of different types of ecological assets along the redline of ecological protection  
**表 7.** 生态保护红线不同类型生态资产变化

生态资产 评估指标	2012 年		2016 年		生态资产变化	
	生态资产 (万元)	所占比例 (%)	生态资产 (万元)	所占比例 (%)	变化量 (万元)	变化幅度 (%)
营养物质 循环价值	129.77	7.97	128.67	7.88	-1.10	-0.85
水源涵养 价值	605.80	37.19	613.43	37.59	7.63	1.26
水土保持 价值	173.85	10.67	172.30	10.56	-1.55	-0.89
固碳释氧 价值	212.70	13.06	211.06	12.93	-1.64	-0.77
大气净化 价值	250.17	15.36	249.23	15.27	-0.94	-0.38
精神文化 价值	256.44	15.75	257.27	15.77	0.83	0.32
总计	1628.73	100	1631.96	100	3.23	0.20



**Figure 4.** Different types of ecological assets within the redline of ecological protection in the study area  
**图 4.** 研究区生态保护红线内不同类型生态资产

## 4. 讨论

成都市中心城区是成都城市发展的核心与主体,是中国西南地区的科技中心、商贸中心和交通、通讯枢纽。为推进世界生态田园城市建设,确保城市生态环境资源永续存在,促进城市绿色发展,目前,成都市正在建设环城生态区,即一条为成都市中心城区提供绿色生态隔离空间的屏障。成华区地处成都市中心城区东北部,是成都市区面积最大的城区,区内五分之一面积属于环城生态区,同时有成都市沙河刘家碾集中式饮用水水源保护区。本文以成华区为研究对象,研究成华区生态保护红线的划定及其保护红线内的生态资产变化情况,可以在一定程度上评价城市区域生态环境质量情况,为成都市中心城区和其他中心城市区域生态系统保护和生态系统管理提供理论依据和技术支持。

本研究采用的基础数据是经过遥感影像解译以及其他辅助数据加工得到,存在数据处理上的误差,同时生态红线划定过程中参考了《生态保护红线划定指南》中的相关参数标准化和分级要求,但这些要求可更适宜大尺度区域,如区域、流域和省域等,对于中小尺度的区域,则相应的精度要求不是太符合,会对评估结果的准确度造成影响。因此,除用模型数据进行评估外,还应结合研究区其他现有相关成果资料和实地勘探,提高生态红线划定的准确度。本研究从生态功能重要性评估和生态敏感性评估 2 个方面进行生态红线的划定工作。由于成华区属于成都市中心城区,城市化水平较高,整个区域以城市生态系统为主,因此从水源涵养、水土保持和生物多样性维护这 3 个方面对成华区城市生态系统生态功能重要性评估进行评估,而成华区没有极敏感和敏感的水土流失区域,故成华区水土流失敏感区不纳入生态保护红线划定范围内。在 ArcGIS10.0 软件系统中,将生态服务功能极重要区、禁止开发区、环城生态区和重要湿地区域进行叠加,形成生态保护红线叠加图,但存在红线区斑块破碎化的问题,不利于后期的边界核定和综合管理,同时也可能出现于保护规划及规划发展有冲突和矛盾的情况,需结合现场勘探以及成华区各类规划分析,对形成的生态保护红线叠加图进一步分析和优化。最终成华区生态保护红线区叠加总面积(扣除重复面积)为 24.32 km<sup>2</sup>,占全区总面积的 22.47%,主要分布在东部和北部区域。

生态资产与生态系统状况密切相关,生态资产的变化受生态系统生产能力的制约。目前,当量因子法和功能价值法是区域生态资产评价的最主要的 2 种方法。本研究采用功能价值法,并在其基础上,基于最新的遥感和 GIS 技术,构建了生态资产定量评估模型。遥感获取信息快,更新周期短,时效性强,并且可大面积的同步观测, GIS 技术具有强大的空间分析和数据处理能力,模型中选取植被覆盖度和植被净第一性生产力作为表征当年生态系统质量状况的生态参数,来反映不同像元价值量的动态变化。生态价值评估指标体系结果的计算是平行进行,具有一定的动态性,根据研究项目和区域的不同可以增添和选择指标,具有一定的灵活性。本研究在生态价值评估指标选取中,基于研究区实际情况、数据获取的可能性和可靠性以及参考目前的国内外的各项指标研究情况,最终确定营养物质循环价值、水文调节价值、土壤保持价值、固碳释氧价值、大气净化价值、精神文化价值这 6 项生态价值评估指标。同时,为了分析研究区生态保护红线内的生态资产变化情况,选取了 2012 年和 2016 年 2 个年份,计算了生态资产情况,其值分别为 1628.73 万元和 1631.96 万元,2012~2016 年期间生态资产有所增加,共增加了 3.23 万元,增幅达 0.20%。说明在城市建设发展的同时,政府决策者对城市生态环境保护工作愈发重视,走绿色发展方式的道路,有效地保护了城市区域的生态环境资源。虽然存在生态系统本身的异质性、复杂性和动态性,以及存在重复计算、尺度转换、模型参数众多,计算过程复杂等问题,与常规方法相比,本研究所构建的生态资产定量评估模型依然能有效地满足对同一区域不同时期的生态资产变化动态研究,克服了传统生态统计学方法“以点代面”的缺点,具有较好的评估准确度。

本研究对成华区生态保护红线范围内的土地利用类型进行分类,根据城市的特点和生态保护红线内土地利用的实际情况,分了 4 大类,分别为绿地植被、水域湿地、耕地、建设用地。成华区生态保护红线范

围内土地利用格局主要为绿地植被, 占生态保护红线总面积的一半以上, 其与环城生态区有密切的关系, 环城生态区主要以绿地植被为主。从各类用地提供的生态资产来看, 水域湿地生态资产和绿地植被生态资产最为显著, 从不同类型生态价值来看, 水源涵养价值所占比重最大, 占总生态资产的 35%以上, 水域湿地生态资产的增加, 对生态保护红线内总生态资产的增加起到了最重要的作用。水域湿地在生态保护红线范围内的面积不是最高, 只占总面积的 21%左右, 但其单位面积生态资产价值最高, 同时具有多种类型的生态价值, 在生态系统的功能中扮演着十分重要的角色, 需要加大对城市区域水域湿地的重视和保护。

目前, 国家对于划定生态保护红线的政策, 是实现一条红线管控重要生态空间。生态红线是生态保护的最小面积和生态安全的底线, 其划定有严格的要求和规定[37], 但除生态红线外的其他生态用地也具有生态功能价值, 对维护生态系统的安全和完整性具有重要的价值, 需要进行保护和管控, 特别是像城市这种中小尺度区域, 生态空间与城市空间错落交织, 如果严格按照生态红线管控要求, 很多生态用地将不属于管控范围内, 得不到有效的保护。在生态环境部通过的《三线一单编制技术指南(试行)》中, 提到对于各类优先保护单元以及生态保护红线以外的其他生态空间, 应从环境功能维护、生态安全保障等角度出发, 优先从空间布局上禁止或限制有损该单元生态环境功能的开发建设活动。因此, 在生态红线的基础上, 扩大生态系统保护区域, 划定更大的生态空间, 生态空间的面积范围大于生态红线的面积范围。本研究在对成华区生态保护红线的划定过程中, 在按照《生态保护红线划定指南》对成华区生态功能重要性评估和生态敏感性评估基础上, 将识别出的生态服务功能极重要区与其他区域进行叠加时, 考虑到成华区的实际城市特点, 将对成都市最具特色的生态保护用地, 即环城生态区也进行了叠加, 同时考虑到生态系统的完整性, 减少破碎化的问题, 因此本研究识别的生态保护红线面积相较指南的划定要求, 保护面积更大, 但更符合城市生态环境的管控。今后, 在生态保护红线划定的基础上, 要进一步深入地更加科学合理、符合实际的城市生态空间划分进行研究。

## 5. 结论

1) 将成都市中心城区的成华区水源涵养功能、水土保持功能、生物多样性维护功能等主要生态系统服务在 ArcGIS 中进行叠加处理, 得到生态服务功能极重要区, 并将其与禁止开发区、环城生态区和重要湿地区域进行叠加, 同时结合城市特征生态保护红线区域的范围以及实地踏勘对叠加区域进行修正与调整, 成华区生态保护红线区叠加总面积(扣除重复面积)为 24.32 km<sup>2</sup>, 占全区总面积的 22.47%, 主要分布在东部和北部区域, 生态保护红线区域整体呈现“一带、一区、两河”的基本格局。

2) 成华区生态保护红线土地利用以绿地植被为主, 其面积占生态保护红线总面积的 52.39% (2012 年) 和 51.94% (2016 年), 其次为水域湿地, 其面积占生态保护红线总面积的 21.09% (2012 年) 和 21.46% (2016 年), 2012~2016 年期间各种土地利用类型变化幅度均不大, 水域湿地面积和建设用地面积有所增加, 耕地面积和绿地植被面积有所减少。

3) 通过基于遥感和 GIS 技术的生态资产定量评估模型, 从营养物质循环价值、水文调节价值、土壤保持价值、固碳释氧价值、大气净化价值、精神文化价值 6 个评估指标对成华区生态保护红线区 2012 年和 2016 年的生态资产进行了定量测量, 生态资产依次为 1628.73 万元和 1631.96 万元, 2012~2016 年期间生态资产有所增加, 共增加了 3.23 万元, 增幅达 0.20%。针对各类用地提供的生态资产, 水域湿地生态资产和绿地植被生态资产最为显著, 这 2 种用地类型提供了成华区生态红线保护区 96% 的生态资产, 从不同类型生态价值来看, 水源涵养价值所占比重最大, 占总生态资产的 35%以上, 接下来依次为精神文化价值、大气净化价值、固碳释氧价值和水土保持价值, 均占总生态资产的 10%以上, 营养物质循环价值所占比例最小, 占总生态资产的不到 8%。2012~2016 年期间水源涵养价值和精神文化价值有所增加, 其余类型生态资产均发生了不同程度的减少。

## 参考文献

- [1] 杨邦杰, 高吉喜, 邹长新. 划定生态保护红线的战略意义[J]. 中国发展, 2014, 14(1): 1-4.
- [2] 新华社. 中共中央办公厅、国务院办公厅印发“关于划定并严守生态保护红线的若干意见”[EB/OL]. [http://www.gov.cn/zhengce/2017-02/07/content\\_5166291.htm](http://www.gov.cn/zhengce/2017-02/07/content_5166291.htm), 2017-02-07.
- [3] 欧阳志云, 王如松, 赵景柱. 生态系统服务及其生态经济价值评价[J]. 应用生态学报, 1999, 10(5): 635-640.
- [4] Daily, D.C. (1997) *Nature's Service: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Island Press, Washington DC, 35-37.
- [5] Bolund, P. and Hunhammar, S. (1999) Ecosystem Services in Urban Area. *Ecological Economics*, **29**, 293-301.
- [6] Millennium Ecosystems Assessment (2003) *Ecosystems and Human Well-Being: A Framework for Assessment*. Island Press, Washington DC, 63-67.
- [7] 王建民, 王如松. 中国生态资产概论[M]. 江苏: 科学技术出版社, 2001: 11-15.
- [8] 潘耀忠, 史培军, 朱文泉, 等. 中国陆地生态系统生态资产遥感定量测量[J]. 中国科学 D 辑, 2004, 34(4): 375-384.
- [9] 李京, 陈云浩, 潘耀忠, 等. 生态资产定量遥感测量技术体系研究——生态资产定量遥感评估模型[J]. 遥感信息, 2003(3): 8-11.
- [10] 朱文泉, 张锦水, 潘耀忠, 等. 中国陆地生态系统生态资产测量及其动态变化分析[J]. 应用生态学报, 2007, 18(3): 586-594.
- [11] 李文华, 张彪, 谢高地. 中国生态系统服务研究的回顾与展望[J]. 自然科学学报, 2009, 24(1): 1-10.
- [12] 傅伯杰, 周国逸, 谢高地, 等. 中国主要陆地生态系统服务功能与生态安全[J]. 地球科学进展, 2009, 24(6): 571-576.
- [13] 谢高地, 张彩霞, 张昌顺, 等. 中国生态系统服务的价值[J]. 资源科学, 2015, 37(9): 1740-1746.
- [14] Feng, X.M., Fu, B.J., Yang, X.J. and Lü, Y. (2010) Remote Sensing of Ecosystem Services: An Opportunity for Spatially Explicit Assessment. *Chinese Geographical Science*, **20**, 522-535. <https://doi.org/10.1007/s11769-010-0428-y>
- [15] Costanza, R., Groot, R.D., Sutton, P., et al. (2014) Changes in the Global Value of Ecosystem Services. *Global Environmental Change*, **26**, 152-158. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.04.002>
- [16] Gravestock, P. and Sheppard, C. (2015) Valuing the Ecosystem Services of the Chagos: A Review of Challenges and Estimates. *Marine Ecology Progress*, **530**, 255-270. <https://doi.org/10.3354/meps11235>
- [17] 彭文甫, 周介铭, 杨存建, 等. 基于土地利用变化的四川省生态系统服务价值研究[J]. 长江流域资源与环境, 2014, 23(7): 1011-1020.
- [18] 陈阳, 张建军, 杜国明, 等. 三江平原北部生态系统服务价值的时空演变[J]. 生态学报, 2015, 35(18): 6157-6164.
- [19] 燕守广, 张慧, 李海东, 等. 江苏省陆地和生态红线区域生态系统服务价值[J]. 生态学报, 2017, 37(13): 4511-4518.
- [20] 王玉梅, 常学礼, 丁俊新, 等. 基于 RS/GIS 的呼和浩特市生态系统服务价值评估[J]. 干旱区资源与环境, 2009, 23(8): 9-13.
- [21] 孙晓, 李锋. 城市生态资产评估方法与应用——以广州市增城区为例[J]. 生态学报, 2017, 37(18): 6216-6228.
- [22] 高吉喜. 划定生态保护红线, 推进长江经济带大保护[J]. 环境保护, 2016, 44(15): 21-24.
- [23] 王燕, 高吉喜, 邹长新, 等. 生态保护红线划定及其生态资产变化研究[J]. 中国环境科学, 2017, 37(6): 2369-2376.
- [24] 徐梦佳, 王燕, 邹长新, 等. 生态保护红线区生态资产价值评估[J]. 生态与农村环境学报, 2018, 34(6): 528-534.
- [25] 熊善高, 秦昌波, 于雷, 等. 基于生态系统服务功能和生态敏感性的生态空间划定研究——以南宁市为例[J]. 生态学报, 2018, 38(22): 1-13.
- [26] 何建华, 詹皖欣, 黄俊龙, 等. 基于 GIS 的武汉市生态红线划定的技术方法研究[J]. 生态科学, 2018, 37(5): 131-139.
- [27] Costanza, R., D'Arge, R., De Groot, R., et al. (1997) The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital. *Nature*, **387**, 253-260. <https://doi.org/10.1038/387253a0>
- [28] 徐昔保, 陈爽, 杨桂山. 长三角地区 1995-2007 年生态资产时空变化[J]. 生态学报, 2012, 32(24): 7667-7675.
- [29] Feng, C.Y., Lu, Y.X. and Zhang, J.Q. (2019) The Quantitative Assessment of the Ecological Assets in the Center Region of Chengdu City Based on Remote Sensing and GIS Technology. *EKOLOGI*, **28**, 1325-1335.

- 
- [30] 于德永, 潘耀忠, 刘鑫, 等. 湖州市生态资产遥感测量及其在社会经济中的应用[J]. 植物生态学报, 2006, 30(3): 404-41.
- [31] 孙作雷, 李亚男, 俞洁, 等. 浙江省 6 大重点水库生态服务功能价值评估[J]. 浙江大学学报(理学版), 2015, 42(3): 353-364.
- [32] 欧阳志云, 赵同谦, 赵景柱, 等. 海南岛生态系统生态调节功能及其生态经济价值研究[J]. 应用生态学报, 2004, 15(8): 1395-1402.
- [33] 白玛卓嘎, 肖焱, 欧阳志云, 等. 甘孜藏族自治州生态系统生产总值核算研究[J]. 生态学报, 2017, 37(19): 6302-6312.
- [34] 马新辉, 任志远, 孙根年, 等. 城市植被净化大气价值计量与评价——以西安市为例[J]. 中国生态农业学报, 2004, 12(2): 180-182.
- [35] 谢高地, 张彩霞, 张雷明, 等. 基于单位面积价值当量因子的生态系统服务价值化方法改进[J]. 自然资源学报, 2015, 30(8): 1243-1254.
- [36] 佟光臣, 林杰, 陈杭, 等. 1986-2013 年南京市土地利用/覆被景观格局时空变化及驱动力因素分析[J]. 水土保持研究, 2017, 24(2): 240-245.
- [37] 江波, 王晓媛, 杨梦斐, 等. 生态系统服务研究在生态红线政策保护成效评估中的应用[J]. 生态学报, 2019, 39(9): 3365-3371.