

doi: 10. 6046/gtzyyg. 2016. 03. 24  
引用格式: 董茜,李江风,方世明,等. 基于 GIS 的地质公园保护区划分——以湖北神农架世界地质公园为例[J]. 国土资源遥感,2016,28(3):154-159. ( Dong Q, Li J F, Fang S M, et al. The division of protected areas in geoparks based on GIS : A case study of Shennongjia Global Geopark of Hubei Province [J]. Remote Sensing for Land and Resources ,2016,28(3):154-159. )

# 基于 GIS 的地质公园保护区划分 ——以湖北神农架世界地质公园为例

董 茜<sup>1</sup>, 李江风<sup>2</sup>, 方世明<sup>2</sup>, 方昆升<sup>3</sup>

(1. 中国地质大学(武汉)经济管理学院, 武汉 430074; 2. 中国地质大学(武汉)公共管理学院, 武汉 430074; 3. 北卡罗来纳州立大学自然资源学院, 美国罗利 27606)

**摘要:**保护区的划分是地质公园规划的重要任务和公园建设的基础,但目前还存在划分标准随意、主观臆断干扰大等问题。在地质遗迹资源调查的基础上,基于游客体验和资源框架,引入地质遗迹集中度、丰富度等评价因子,采用层次分析法建立地质公园保护区划分评价体系,利用 GIS 空间分析等功能定量评价公园保护指数,以湖北神农架世界地质公园为研究区域,对其进行地质遗迹保护区划分。结果显示:公园保护指数为 8.4~124.4,呈现出聚集性和空间差异性;在此基础上,结合地方经济发展等需要,划定神农架世界地质公园保护区总面积 174.749 km<sup>2</sup>,其中一级保护区 9.023 km<sup>2</sup>,二级保护区 75.403 km<sup>2</sup>,三级保护区 90.323 km<sup>2</sup>;保护区的划分为地质公园规划中园区建设和功能区划分等关键问题提供了规划依据。

**关键词:**地理信息系统;地质公园;神农架;地质遗迹;保护区

**中图法分类号:**F 59 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-070X(2016)03-0154-06

## 0 引言

地质公园是包含一定数量的、具有特殊重要性、稀有性及审美性的国家保护区<sup>[1]</sup>,其建设的首要目的是保护公园内的地质遗迹<sup>[2]</sup>。近些年来,地质公园的概念被进一步扩展<sup>[3]</sup>,地质旅游成为地质公园内最核心的活动之一并迅速发展<sup>[4-5]</sup>。中国是地质公园发展最快的国家之一,截止到 2016 年 1 月,国土资源部已批准命名国家地质公园 190 处。根据国土资源部 89 号文件有关地质公园总体规划的规定<sup>[6]</sup>,地质公园内保护地质遗迹及生态环境的有效措施,即为划定不同级别的保护区,从而形成对地质公园的主动保护机制;保护区不仅是公园开展科普科研的重要场所,更是地质公园旅游开发的核心区域。地质遗迹资源作为地质公园的核心吸引物具有较高的科研和科普价值,但是其自然环境却由于公园开发、旅游发展等因素受到人类活动的威胁<sup>[7]</sup>。地质遗迹保护区的科学划分是地质公园规划的重要任务,是地质公园未来建设的指导方向。

目前国内对地质公园的研究多集中于地质公园资源评价、地质公园旅游开发、地质公园管理等方

面,对公园科学规划方面的研究非常欠缺。其中有关保护区的划分研究主要以定性分析为主,受规划人员主观臆断干扰较大,保护区的划分缺乏理论性、系统性和科学性<sup>[8]</sup>。国外国家公园研究中 GIS 被广泛认为是重要的基础工具,而我国基于 GIS 的地质公园规划和建设工作还处于起步阶段<sup>[9]</sup>。鉴于此,本文在基于地质遗迹评价调查结果的基础上,结合游客体验与资源保护理论,选取保护区划分的相关指标,建立地质公园保护区划分指标体系,利用 GIS 的空间分析等相关功能,对地质公园内保护区的划分进行相关研究与探索,以期 为公园规划提供理论基础和技术支撑。

## 1 技术方法

国土资源部 89 号文件规定<sup>[6]</sup>,地质公园保护区的划分主要依据为地质遗迹资源的分等定级,根据资源评价结果划分为Ⅰ级保护区、Ⅱ级保护区和Ⅲ级保护区,并对各级保护区内的开发建设活动制定了严格规定:Ⅰ级保护区内严禁交通工具进入,合理安置必要的游步道和相关设施;Ⅱ、Ⅲ级保护区内允许建设与景观环境协调的少量服务设施,不得进行

与保护功能不相符的工程建设活动、矿产资源勘查等。此规定表明,地质公园保护区的划分需考虑地质遗迹级别之外,还需综合地形、交通等因素。基于此,地质公园保护区划分主要包含以下4个步骤,技术路线图如图1所示。

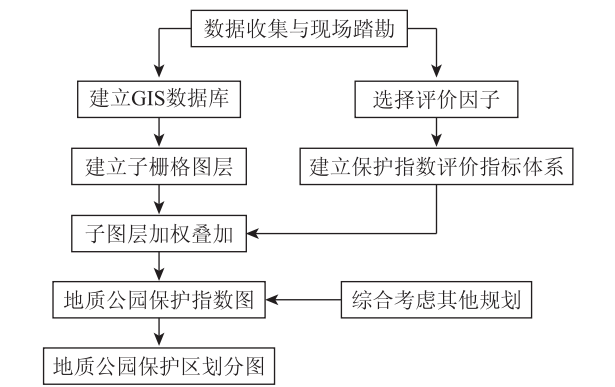


图1 地质公园保护区划分技术路线

Fig. 1 Flow chart of protected areas for geoparks based on GIS

1) 以地质公园保护区划分为目标层,通过总结国内外相关研究文献、结合地质遗迹资源的特殊性和地质公园自身发展需求,对影响保护区划分的因素进行逐级分析,选取影响因子。在广泛收集相关指标和抽样调查的基础上,使用层次分析法(analytic hierarchy process, AHP)科学客观地构建地质公园保护区划分评价指标体系。

2) 运用 ArcGIS10. 01 软件,对研究区的数据矢量文件进行处理。首先根据研究区大小划分相适应的评价单元,其次对保护区划分评价因子层进行单独评价,根据各个评价因子的定义进行初步处理得到单因子图层。为了方便后期对图层进行权重叠加,最后将单因子图层进行栅格化处理,得到单因子栅格数据图层。

3) 由于量化各个因子的数据性质不同,先将各个指标图层进行标准化处理,使得各图层间量纲统一,在相同的标准下进行综合分析。将标准化处理后的单因子图层根据菲什拜因-罗森伯格模型(Fishbein-Rosenberg model),在 ArcGIS 中进行多因子加权叠加分析,得到地质公园保护指数图,即

$$P = \sum_{i=1}^n X_i W_i \quad , \quad (1)$$

式中:  $P$  为第  $n$  个单元的保护指数;  $X_i$  为第  $i$  项指标下的评价价值;  $W_i$  为第  $i$  项指标的权重;  $n$  为评价单元数量。

4) 综合考虑地质公园所在地的重大项目规划以及土地利用规划,将保护区的范围在此基础上进

行相应调整,最终得到地质公园保护区划分图。

2 研究区概况

2.1 研究区简介

湖北神农架世界地质公园位于湖北神农架林区的中南部,是联合国“人与生物圈计划”世界生物圈保护区网成员以及全球环境基金资助的10个示范保护区之一,于2013年加入世界地质公园网络组织。将其作为实证研究区具有一定的典型性和代表性:①神农架是湖北“一江两山”的重要组成部分及“灵秀湖北”的主要旅游名片之一,作为保护区具有示范作用;②研究区晋升世界地质公园后游客大幅度增长,对地质遗迹保护工作产生了一定影响,明确保护区边界刻不容缓;③作为湖北省首个世界地质公园,地质遗迹的合理保护和保护区的科学划分,是联合国教科文组织对公园检查的重点之一。

2.2 地质遗迹资源调查和评价

湖北神农架地质公园位于扬子板块北缘及秦岭造山带接触带,雪峰山前陆与大巴山前陆的复合区域,公园内发育了大量独特的、具有全球科学意义的地质遗迹。明确研究区内地域各种地质遗迹资源空间分布特点、组合情况和结构,是地质公园的首要任务,也是开展各项工作的基础。通过实地考察,研究区内共分布76处地质遗迹景观,涵盖地质剖面、地质构造、古生物、矿物与矿床、地貌景观、水体景观遗迹和环境地质遗迹7个大类,地质遗迹种类较为丰富。结合《中国国家地质公园建设技术要求和 Work 指南(试行)》等方案<sup>[1]</sup>,结合研究区地质遗迹资源特点,从地质遗迹资源的科学价值、文化价值及美学价值等方面建立相关地质遗迹评价指标体系<sup>[11-12]</sup>,对公园内地质遗迹资源的级别进行评定。评价结果为:世界级地质遗迹7处(大龙潭、小龙潭、神农顶、神农谷石林、阴峪河峡谷、鸭子口南沱组冰碛岩、神农架远古人类旧石器遗址)、国家级地质遗迹45处(金猴岭、瞭望塔、板壁岩石芽群、酒壶坪冰蚀谷、长岩屋冰川漂砾、猴子石寒冻石柱、南天门、金丝燕垭、香溪源、青天袍冰川地貌、木鱼坪至里二沟冰蚀U形谷、木鱼石、神农祭坛、天生桥、大千家坪岩溶地貌、野人峰石柱、寒武系牛蹄塘组锅底灰岩、古犀牛洞、燕子垭寒武系天河板组的鲕状灰岩、刘享寨、天门垭溯源侵蚀地貌、脊峰峰丛、红坪画廊、红坪画廊、大岩坪岩楔-角砾状白云岩、野马河叠套谷、大九湖沼泽泥炭堆积、卸甲套冰斗、大九湖角峰与刃脊、放牛湾槽谷、上坝槽谷、九灯河基岩鼓丘、小九湖冰川U形谷、侧碛堤、国公坪冰川U形谷、大九湖岩溶盆

地、大九湖黑水河、大九湖落水孔、大九湖高山湿地、落羊河峡谷、国公坪、川鄂古盐道和大九湖古战场)、省级及地方级地质遗迹 21 处(鲤鱼石、龙嘴、响水河瀑布、红石沟神龙洞、小当阳天然崖壁画卷、官门山断裂露头、三堆河崩塌、水帘瀑、溶洞奇观—冷热洞、石槽河断裂、亮石坪小型水晶矿床、龙头峰高家屋场—庙沟温泉群黄宝坪断裂、燕子洞、天门垭石牌组三叶虫和遗迹(虫迹)化石、野马河辉绿岩、燕子垭与飞云渡、红坪画廊经络石、夹道河“玛瑙”、冰洞山大型铅锌矿床、关门岩和杉树坪)。公园内地质遗迹景观丰富且级别较高,国家级及以上地质遗迹资源占总数的 71.2%。

3 保护区划分评价因子量化方法

3.1 保护区划分评价指标体系

本文参考游客体验及资源保护(visitor experience and resource protection, VERP)框架对保护区划分进行指标选取。VERP 是广泛应用于美国国家公园规划及管理的理论框架之一,体现了美国国家公园是对公园内特色资源的开发和社会条件管理的目标。VERP 框架对公园发展的管理指标分为资源指标和社会指标,指标的选取具有“代表性、可量度”,便于公园管理者的监测和管理<sup>[13]</sup>。

在收集相关图件资料以及广泛调查的基础上,依据科学性、独立性、可比性和可量化原则,选取资源指标和社会指标为评价层,其中资源指标又划分为景源指标和自然环境评价层。景源指标按照地质遗迹的外部特性划分为地质遗迹点级别、集中度和丰富度 3 个因子层<sup>[1]</sup>;自然环境评价层划分为高程和坡度 2 个因子层;社会指标划分为通达性和可及度 2 个评价层(表 1)。

表 1 地质公园保护区划分评价指标体系

Tab. 1 Evaluation of geoheritages in Shennongjia Geopark

| 评价层  | 评价因素层 | 因子层   | 权重    |
|------|-------|-------|-------|
| 资源指标 | 景源指标  | 级别    | 0.495 |
|      |       | 集中度   | 0.099 |
|      |       | 丰富度   | 0.099 |
|      | 自然环境  | 高程    | 0.069 |
|      |       | 坡度    | 0.069 |
| 社会指标 | 通达性   | 交通便捷度 | 0.085 |
|      | 可及度   | 到达距离  | 0.084 |

3.2 评价因子量化方法

1) 级别。地质公园和地质遗迹资源点的面积大小,对缓冲区的划分有一定的影响,遗迹点的级别越高,保护区的等级越高。人为活动会改变景观的结构,距离人为活动点 600 m 范围内为典型人为影

响区,600~1 200 m 为过渡区域,超过 1 200 m 属于自然景观范围,且表示出明显的梯度衰减趋势<sup>[14]</sup>。根据以上研究结果及结合研究区实际情况,将缓冲区划分为:以地质遗迹点为圆心,半径 < 600 m 范围内为一级缓冲区;[600,1 200) m 以内为二级缓冲区;[1 200,1 500) m 以内为三级缓冲区。在 ArcGIS 中根据遗迹点的级别创建不同距离的缓冲区,将同级别缓冲区进行融合得到 3 个子图层并叠加。将最终图层栅格化处理后,得到级别指数子图层。

2) 集中度。地质遗迹集中度是表征地质遗迹分布特征的度量指标之一<sup>[15]</sup>,是保护区划分的重要依据。本研究将用 ArcGIS 的空间统计功能,来研究地质遗迹点的空间分布模式。首先对研究区的地质遗迹点进行平均最邻近距离操作(average nearest neighbor),来分析研究区内地质遗迹的空间分布模式,是呈聚集、随机,还是分散状态,数据进行统计后返回 z 得分,其值为负且越小则表明要素越趋向于聚类状态。计算结果如表 2 所示。

表 2 地质遗迹点邻要素分析结果一览表

Tab. 2 Overview of average nearest neighbor analysis results on geosites

| 要素       | 数值             |
|----------|----------------|
| 平均观测距离/m | 1 406. 973 548 |
| 预期平均距离/m | 2 525. 750 825 |
| 最邻近指数    | 0. 557 052     |
| z 得分     | - 7. 289 536   |
| p 值      | 0. 000 000     |

其中 z 得分为 -7.29,且  $p < 0.01$ ,表明在 1% 的显著水平下,样本呈现聚集状态。在此基础上,引入改进的辛普森(Simpson)指数来计算地质遗迹的集中度,即

$$C_{ij} = \frac{n_{ij}(n_{ij} - 1)}{N(N - 1)}, \quad (2)$$

式中:  $C_{ij}$  为该评价单元内的集中度(concentration)指数;  $N$  为地质遗迹点总个数;  $n_{ij}$  为该评价单元内地质遗迹点的个数。集中度越高表明该单元的保护指数越高。在 ArcGIS 中进行运算,将结果进行栅格化处理,得到集中度指数子图层。

3) 丰富度。丰富度表明了该区域的地质遗迹种类的丰富程度,丰富度越高,表明该区域科研科普的价值越高,需要保护的级别越高。本文借鉴马加莱夫(Margalef)丰富度指数<sup>[16]</sup>,来衡量地质遗迹点的丰富度,即

$$D_{ij} = (S_{ij} - 1)/\ln N, \quad (3)$$

式中:  $D_{ij}$  为该评价单元的遗迹点丰富度指数,  $D_{ij}$  值

越大,则表示地质遗迹点越丰富; $S_{ij}$ 为该评价单元内地质遗迹类型数; $N$ 表示地质遗迹点总数。通过地质遗迹调查,可以得到地质遗迹点总数( $N$ ),并在此基础上,根据国土资源部 89 号文件中的地质遗迹类型划分表,可得到地质遗迹类型数( $S_{ij}$ )。与集中度采取相同的评价单元,计算每个评价单元内的地质遗迹丰富度。将数据进行栅格化处理,得到丰富度指数子图层。

4) 高程。研究区属于山岳型地质公园,高程变化较大。高程的变化会引起温度和降水量的明显变化,同时造成了植物和生物的明显垂直分层特征,对自然环境抗干扰能力有一定影响<sup>[8]</sup>。根据研究区被地形数据的原始矢量文件,利用 ArcGIS 的 IDW 空间分析方法,得到研究区的高程图层,将数据栅格化后得到高程子图层。

5) 坡度。坡度描述的是保护区的地势陡峭情况,绝大部分的泥石流、坍塌发生在坡度大于 45° 的陡坡,任何在此坡度上的轻微或局部人为活动对环境都可以造成不可逆转的破坏,较大强度的人类活动可能导致水土流失的严重后果<sup>[16]</sup>。根据研究区的高程点,利用 ArcGIS 中的空间分析得到研究区坡度图,数据栅格化后得到坡度子图层。

6) 通达性。将交通条件作为衡量研究区的通达性的指标,结合神农架林区交通总体规划,综合考虑研究区内的现状交通数据(包括国道和省道)以及点状交通数据(包括汽车站、火车站和机场)<sup>[18]</sup>,通达度表明游客进入该区域的难易度,其值越高表明越容易进入则需要保护的力度更大。结合点状和面状的交通条件,将交通路网合并为交通路网图,计算研究区内每个地质遗迹点到与之距离最近的道路的欧式距离,将数据栅格化后得到通达度子图层。

7) 可及度。选取研究区内的地质遗迹点为中心,通过研究区内各点到达地质遗迹点的距离来衡量该指标。在 ArcGIS 中计算研究区内所有点到目标源的欧式距离(Euclidean distance),即

$$A = [D_{ij} - \min(D_{ij})] / [\max(D_{ij}) - \min(D_{ij})], (4)$$

式中: $A$  为可及度指数,其得分与距离地质遗迹点远近有关; $D_{ij}$  为该点至目标远的距离,距离越远,目标源的可及度越低,该区域保护力度就越低。得到可进入性的子图层并栅格化,得到可及度子图层。

3.3 评价结果及综合分析

将上述各单个影响因子栅格图层进行标准化处理,根据表 1 所示各影响因子权重,在 ArcGIS 将标准化单因子图层进行空间加权叠加,得到公园保护指数图(图2),其分值范围为 8.4 ~ 124.4。图中颜

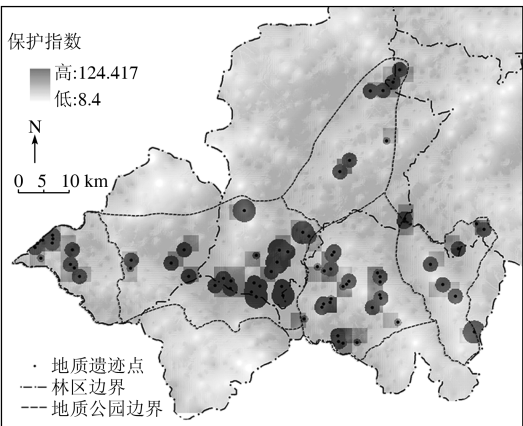


图2 湖北神农架世界地质公园保护指数图  
Fig.2 Protected index of Shennongjia Global Geopark of Hubei Province

色越深表示叠加后分值越高,保护的价值越大,颜色越浅则反之。在 ArcGIS 中利用 ReClass 功能将结果划分为 3 个等级:较重要[20.0,50.0)、重要[50.0,75.0)和十分重要[75.0,124.4],得到保护区初步划分图(图3)。在对保护区进行实际定界时,将初

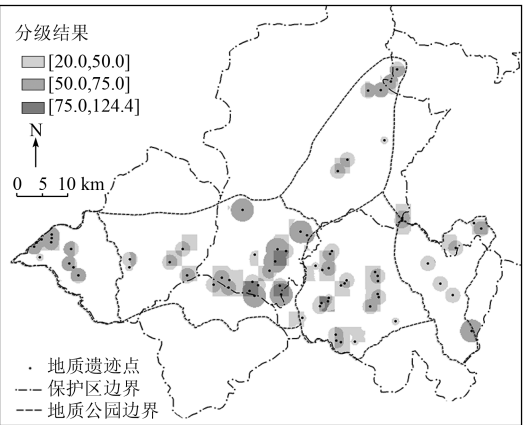


图3 湖北神农架世界地质公园保护区初步划分图  
Fig.3 Preliminary division of protected areas in Shennongjia Global Geopark of Hubei Province

步划分图作为主要依据,仍需要考虑以下 2 个因素:①由于叠加图层通过软件处理和数学运算,产生了不连续、破碎的区域,不利于公园后期管理工作的进行,需根据附近较为明显的标志(如山脊线、山谷线及道路等)对边界进行融合和调整;②需综合考虑研究区土地利用状况和兼顾地方经济发展等因素<sup>[20]</sup>。基于以上两点,在 ArcGIS 中将保护区初步划分图与神农架土地利用规划图及重大项目规划图进行等权叠加,将农用地、矿产及重大项目等用地排除在保护区初步范围之外,并按照地形因素和行政区划对保护区边界进行微调,最终划定公园地质遗迹保护区范围(图4)。神农架世界地质公园地质遗迹保护区划定的总面积为 174.749 km<sup>2</sup>,其中一级保护区 9.023 km<sup>2</sup>,二级保护区 75.403 km<sup>2</sup>,三级保

保护区 90.323 km<sup>2</sup>。

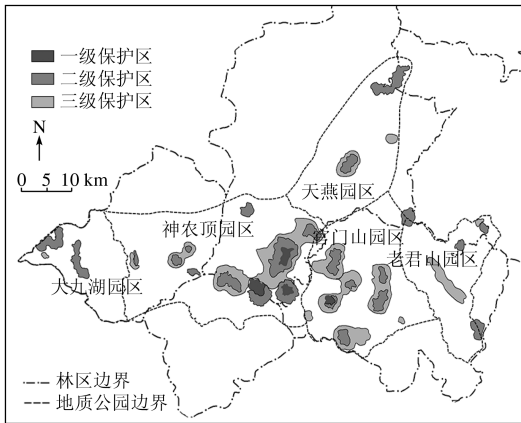


图 4 湖北神农架世界地质公园地质遗迹保护区划分图

Fig. 4 Protected areas division of geosites areas in Shennongjia Global Geopark of Hubei Province

## 4 结论

1) 本文尝试利用 GIS 技术对地质公园保护区划分进行研究,通过 GIS 技术对各个评价指标量化处理,相对于单纯的定性评价更为客观,其评价指标体系较好地应用于研究区;根据划分结果,后期在对保护区边界进行实地考察过程中得到了较好的验证,其边界基本符合实际情况以及公园自身发展需求,说明该方法具有一定的实际操作意义。

2) 从结果得知:研究区保护区指数得分具有聚集性和空间差异性。①得分值较高的区域多位于地质遗迹级别较高区域和道路附近,因此在公园实际规划的过程中,需根据保护区划分图对拐点坐标进行实地测量,针对不同等级的保护区采取有针对性的保护措施,并在保护区边界处做好标记和提示;②湖北神农架世界地质公园保护区的分布在园区上体现出差异性,其中神农顶园和官门山园区保护区面积分别为 62.525 km<sup>2</sup> 和 54.237 km<sup>2</sup>,分别占总保护区面积的 35.8% 和 31.4%。地质公园不同园区中保护区面积的差异性可为功能区的划分提供依据,于规划近期将科普教育区设立于官门山园区,并设立科普教育基地;神农顶园区为开展科学考察和开发地质旅游的主要园区,并将公园管理区设于此园区;天燕园区、老君山园区和大九湖园区内保护区面积相对来说较小且基础设施较为落后,以自然生态区和居民保留区为主,并设立发展预留区,最大程度保留地质公园的生态环境和民俗文化。

3) 在划分过程中,可能有如下几点会影响保护区划分的结果:①地质调查的广度和精度,以及地质遗迹的评价结果从一定程度上影响了缓冲区的划

分。为此,项目组先后 5 次进入湖北神农架世界地质公园进行考察,力求地质遗迹调查的全面性和分等定级的客观性;②影响保护区的划分的因素很多,本文选取的景源级别、集中度、丰富度、研究区高程、坡度、交通便捷度和通达性作为神农架世界地质公园保护区的划分评价指标,评价因子有待进一步细化,空间精度还有待提高;③不同级别的地质遗迹景观的缓冲区划分具有一定的主观性,在后续工作中可就道路、居民点和服务设施等对缓冲区的划分影响做进一步的研究。

地质公园的保护和建设是长期和不断完善的过程,基于 GIS 的地质公园保护区划分为公园规划提供了新的思路和方法,在后续研究中可借助 GIS 监控保护区的变化及变化的模式和趋势,有效地对公园进行科学管理。

## 参考文献(References):

- [1] 陈安泽. 中国国家地质公园建设的若干问题[J]. 资源·产业, 2003, 5(1): 58-64.  
Chen A Z. Some problems about the construction of national geological park of China[J]. Resources & Industries, 2003, 5(1): 58-64.
- [2] Patzak M, Eder W. UNESCO GEOPARK. A new programme - a new UNESCO label[J]. Geologica Balcanica, 1998, 28(3/4): 33-34.
- [3] Gray M. Geodiversity: Developing the paradigm[J]. Proceedings of the Geologists' Association, 2008, 119(3/4): 287-298.
- [4] Dowling R K. The emergence of geotourism and geoparks[J]. Journal of Tourism, 2008, 9(2): 227-236.
- [5] Farsani N T, Coelho C, Costa C. Geotourism and geoparks as novel strategies for socio-economic development in rural areas[J]. International Journal of Tourism Research, 2011, 13(1): 68-81.
- [6] 国土资源部. 国土资源部关于发布《国家地质公园规划编制技术要求》的通知[J]. 国土资源通讯, 2010, (15): 21-32.  
Ministry of Land and Resources. Ministry of Land and Resources released National Geological Park planning technical requirements of notice[J]. Land and Resources Newsletter, 2010, (15): 21-32.
- [7] Gray M. Geodiversity: Valuing and Conserving Abiotic Nature[M]. 2nd ed. New York: John Wiley and Sons, 2013.
- [8] 曾慧梅. 基于生态敏感性分析与景源评价的风景区保护区划分探讨[D]. 重庆: 西南大学, 2013.  
Zeng H M. The Discussion on Scenic Protection Zone Delineation based on the Ecological Sensitivity Analysis and Scenic Resources Evaluation[D]. Chongqing: Southwest University, 2013.
- [9] 方世明, 李江凤. GIS 技术在地质公园建设中的应用研究[C]//全国国土资源与环境遥感技术应用交流会论文集. 武汉: 中国地质学会, 2004.  
Fang S M, Li J F. The reasearch and application of GIS on construction of Geoparks[C]//Proceedings of application on national land resource and enviromental remote sensing technology. Wuhan:

Geological Society of China,2004.

[10] 方世明,李江风,赵来时. 地质遗迹资源评价指标体系[J]. 地球科学-中国地质大学学报,2008,33(2):285-288.

Fang S M,Li J F,Zhao L S. Assessment index system of geological relic resources[J]. Earth Science - Journal of China University of Geosciences,2008,33(2):285-288.

[11] 王铠铭,武法东,张建平. 北京延庆地质公园主要地质遗迹评价[J]. 地球学报,2013,34(3):361-369.

Wang K M,Wu F D,Zhang J P. Assessment of major geoheritages in the Yanqing Geopark of Beijing[J]. Acta Geoscientica Sinica, 2013,34(3):361-369.

[12] 林明水,谢红彬. VERP 对我国风景名胜区旅游环境容量研究的启示[J]. 人文地理,2007,22(4):64-67.

Ling M S,Xie H B. The enlightenment from VERP to the tourism environment carrying capacity study of scenic areas in China[J]. Human Geography,2007,22(4):64-67.

[13] 曾辉,孔宁宁,李书娟. 卧龙自然保护区人为活动对景观结构的影响[J]. 生态学报,2001,21(12):1994-2001.

Zeng H,Kong N N,Li S J. Human impacts on landscape structure in Wolong Natural Reserve[J]. Acta Ecologica Sinica,2001,21(12):1994-2001.

[14] 廖继武,周永章,何俊国,等. 基于地质遗迹集中度的地质公园边界划分[J]. 地理与地理信息科学,2009,25(3):108-110.

Liao J W,Zhou Y Z,He J G,et al. Delimiting border of Geoparks based on the concentration degree of Geo-sites[J]. Geography and Geo-Information Science,2009,25(3):108-110.

[15] Margalef D R. Information Theory in Ecology[M]. Pocklington: Society for General Systems Research,1958.

[16] 卢升高,吕军. 环境生态学[M]. 杭州:浙江大学出版社,2002.

Lu G S,Lyu J. Environmental Ecology[M]. Hangzhou:Zhejiang University Press,2002.

[17] 袁开国,刘莲,向云波,等. 基于GIS的异地互动旅游养老目的地适宜性评价[J]. 经济地理,2013,33(11):163-168.

Yuan K G,Liu L,Xiang Y B,et al. Assessment study of destination suitability for interactive tourism retirement scheme among different places based on GIS[J]. Economic Geography,2013,33(11):163-168.

[18] 李晓琴,赵旭阳,覃建雄. 地质公园的建设与发展[J]. 地理与地理信息科学,2003,19(5):96-99.

Li X Q,Zhao X Y,Qin J X. Construction and development of geopark[J]. Geography and Geo-Information Science,2003,19(5):96-99.

[19] 赵逊,赵汀. 从地质遗迹的保护到世界地质公园的建立[J]. 地质论评,2003,49(4):389-399.

Zhao X,Zhao T. The process from the geoheritage conservation to the construction of world geoparks[J]. Geological Review,2003,49(4):389-399.

[20] 丁华,陈杏,张运洋. 中国世界地质公园空间分布特征与旅游发展对策[J]. 经济地理,2012,32(12):187-190.

Ding H,Chen X,Zhang Y Y. Research on space distribution, tourism benefit and future development of global geoparks in China[J]. Economic Geography,2012,32(12):187-190.

The division of protected areas in geoparks based on GIS: A case study of Shennongjia Global Geopark of Hubei Province

DONG Qian<sup>1</sup>, LI Jiangfeng<sup>2</sup>, FANG Shiming<sup>2</sup>, FANG Kunsheng<sup>3</sup>

(1. College of Economics and Management, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China; 2. College of Republic Management, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China; 3. College of Natural Resource, North Carolina State University, Raleigh NC 27606, USA)

**Abstract:** The division of protected area is one of the most important tasks in planning of geoparks and also the foundation for future construction; nevertheless, some relevant problems exist such as vague standards of division. This study was based on the investigation of geosites and the framework of Visitor Experience and Resource Protection (VERP). Evaluation scale was composed of 7 indicators that were selected and weighted by AHP. The GIS was used as a tool to quantitatively evaluate the protected index of the geopark. The Shennongjia Global Geopark of Hubei Province was selected as the study area, and the results showed that the protected index was from 8.4 to 124.4, which indicated the aggregation and spatial difference. The final protected areas were divided on the basis of the preliminary map, with the consideration of the local economic demands and land using planning. The achievement shows that total area of protected areas in the Shennongjia Geopark is 174.749 km<sup>2</sup>, which is the basis for the planning of division of functional zones and construction of geoparks in the future.

**Keywords:** GIS; geoparks; geoheritages; Shennongjia; protected area

**第一作者简介:** 董茜(1988-),女,博士研究生,主要从事地质公园规划与建设、遗产旅游的保护与开发研究。Email: dai-sydong829@qq.com。

(责任编辑: 李瑜)