

基于 GIS 技术的土地利用效益评价研究

吴志伟^{1,2}, 胡远满², 陈文波¹

(1. 江西农业大学 景观与生态环境研究中心,南昌 330045; 2. 中国科学院 沈阳应用生态研究所,沈阳 110016)

摘 要:通过建立分宜县土地利用综合效益评价指标体系,应用 AHP 法确定评价因子权重,构建分宜县土地利用效益评价模型。在地理信息系统技术(GIS)的支持下,对分宜县土地利用效益影响因子的空间分异特征进行识别和分析,并对分宜县土地利用效益进行评价。研究结果表明:分宜县土地利用综合效益水平适中,县域中东部为土地利用效益最高地区,其次为县中西和中南部,最差的地域为县东北部和西南部,在空间分布上基本符合县域生态经济的基本规律。最后,依据各区自然地理、社会经济及土地利用方式等特点提出相应的土地利用对策。

关键词:土地利用效益; GIS 技术; 综合指标评价法; 分宜县

中图分类号:F301.24;TP79 文献标识码:A 文章编号:1005-3409(2011)02-0075-05

Study on Evaluation of Land Use Benefits Based on GIS Technology

WU Zhi-wei^{1,2}, HU Yuan-man², CHEN Wen-bo¹

(1. Research Center of Environment and Landscape Ecology, Jiangxi Agriculture University, Nanchang 330045, China;
2. Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016, China)

Abstract: Taking Fenyi County in Jiangxi Province as a case study, a regional land use benefitevaluation index system was constructed and a land use benefit quantitative evaluation model was developed based on AHP method. The spatial distribution characteristics of indices were identified and analyzed with the support of the Geographic Information System (GIS) technology. Finally, the land use benefit of the study area was analyzed and some feasibility sustainable land use measures were put forward in accordance with geographical, socioeconomic and land use features.

Key words: land use benefit; GIS technology; multi-index evaluation method; Fenyi County

土地利用效益评价是根据一定的评价标准,对土地利用的效果进行分析、评判的过程,它是衡量土地是否达到合理利用的评判标准,是评价和监测土地利用的状态和优劣程度。1990 年 2 月,首次国际可持续土地利用系统研讨会在印度召开,提出了土地可持续利用思想。1993 年 FAO 正式颁布了《可持续土地利用评价纲要》,确定了土地可持续利用评价的自然、经济和社会等方面 5 项评价指标。各国学者开始在资源、自然生态环境、社会经济和习俗法制等多方面进行土地利用效益综合评价研究。目前,国内土地利用效益评价研究较多,但也存在一些问题。首先研究尺度较大且研究对象主要集中在城市土地利用,对县级甚至乡镇级农业土地利用效益研究较少;在研究方法上,多数以土地可持续利用理论为基础,借助指标评价法,分析土地利用及其经济效益、社会效益和自然

生态环境效益^[1-9]。然而,对于土地利用综合效益的评价,无论是侧重于评价理论的内涵阐述^[10]还是侧重于评价方法的实际应用^[11-12],相关学者主要是从数量上对某一区域的土地利用效益进行评价分析^[9-11],在土地利用效益空间评价方面研究并不多见。

本文以江西省分宜县为例,构建基于 GIS 技术的土地利用综合效益评价指标体系,以实现 GIS 空间分析功能(如空间叠加分析和空间缓冲区分析等)在土地利用效益评价中的应用,为县域土地可持续利用策略的制定提供参考。

1 研究区概况

分宜县位于江西省西部(114°29′—114°51′E, 27°33′—28°08′N),土地面积为 139 176.30 hm²,森林覆盖率为 58.4%。主要由低山和丘陵地貌组成。

收稿日期:2010-09-15 修回日期:2010-11-09
资助项目:江西省自然科学基金(2009GQN0031);江西省教育厅科技项目(GJJ08196)
作者简介:吴志伟(1982—),江西东乡人,男,博士研究生,主要从事景观生态学研究。E-mail:sanbei82@163.com
通信作者:陈文波(1974—),江西上饶人,男,博士,主要从事景观生态学研究。E-mail:cwb1974@126.com

属亚热带季风气候,气候温和、四季分明、无霜期较长。年平均气温为 17.5°C ,极端低温为 -8.3°C ,极端高温为 39.9°C 。年均降水量为 $1\,607.4\text{ mm}$ 。境内主要土壤类型有红壤、黄壤、石灰土、紫色土、炭质土、潮土和水稻土等 7 种。全县土地利用类型分布呈现出一定的地域分布规律,耕地、居民点及工矿用地等的分布以滨湖平原、河流沿岸、河谷地带以及平原区域周边岗地和丘陵地域最为集中,而林地、牧草地等则以山地、丘陵地区面积最大。由于自然因素、社会经济条件和生产技术水平高低的影响不同,各乡镇土地生产率很不平衡,区域间的差异较大。

2 基础数据与研究方法

2.1 基础数据及处理

(1)研究资料包括。图件资料:1:5 万分宜县地形图、1:5 万分宜县土地利用现状图、1:5 万土壤图、1:5 万水土流失图和 1:5 万分宜县交通图。文献资料:《分宜县土壤志》、《分宜县农业区划》、《分宜县统计年鉴 1997—2004》、分宜县土壤侵蚀资料以及分宜县土地利用条件和经济等资料。GIS 软件:ArcGIS。

(2)数据预处理。将收集到的分宜县土地利用现状图等基础图件扫描进入计算机系统,形成影像文件。然后借助 GIS 强大的空间数据采集、编辑与管理功能,建立图形数据库和属性数据库,并实现二者之间的链接。由于通过矢量化所获取的原始空间数据,都不可避免地存在错误或者误差,所以对数据进行一定的点、线、面等属性数据的增删、修改以及空间查询、定位、选择等管理和编辑是很有必要的。编辑主要包括空间数据的不完整或者重复、空间数据位置的不确定性、空间数据的比例尺不准确、空间数据的变形、空间属性和数据连接有误和属性连接不完整等。

2.2 研究方法

2.2.1 技术路线 (1)科学性与预测性、综合完备性、可操作性和多样性等原则,从土地利用自然生态效益指标、经济效益指标和社会效益指标等三个方面构建评价指标体系;(2)结合研究区的自然生态资料和社会经济环境调查等资料,识别土地利用效益的有效影响因子。影响因子空间识别是土地利用效益评价的关键部分。借助 GIS 技术形成影响因子空间分布特征图,如土壤侵蚀空间分布图、水源空间分布图等;(3)依据因子评价标准,通过 GIS 空间叠置分析,识别不同土地利用类型的单因子空间布局特征,确定各个评价单元的单因子分值,从而形成土地利用效益单因子分值图;(4)在单因子评价图形成的基础上,根

据各个因子的权重,将各个评价因子进行空间叠加求和,进而形成土地利用效益评价结果图,实现多因子综合效益评价(见图 1)。

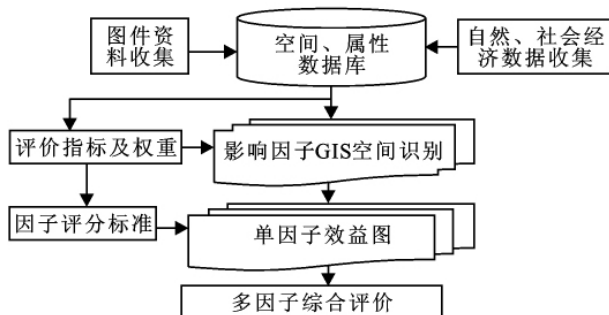


图 1 技术流程图

2.2.2 评价指标体系及其权重确定 土地利用效益评价涉及众多因素,既有自然生态因素也有社会经济因素。在土地利用效益评价中,设置的评价指标要能反映社会—经济—自然生态复合系统的特征。根据分宜县的实际情况,综合前人的研究成果和多位专家的意见,从自然、经济和社会等 3 大方面,构建了 15 个评价指标。各个指标的权重采用 AHP 法确定,其具体计算过程详见文献[13]。

2.2.3 评价单元确定 土地利用评价单元是性状特点基本一致的独立土地单位,是土地评价的基本空间单位。土地评价单元的划分没有统一的模式,其划分标准和方法应该根据评价目的和评价地区的自然条件、技术资料 and 评价手段来确定。本文立足于基于 GIS 的土地利用效益评价,因此土地利用类型图斑大小和 GIS 可操作性均是确定评价单元大小的重要考虑因素。分宜县土地利用图斑破碎程度高,形状极不规则,且最大图斑与最小图斑面积差距甚大,极不利于 GIS 数据空间处理与分析,故采用格网法划分评价单元。分宜县评价单元栅格尺寸为 $25\text{ m} \times 25\text{ m}$,评价单元数为 2 226 816 个。

2.2.4 评价因子 GIS 空间识别及分值图编制 根据各个因子自身特性和基础资料的可获取性,本研究中的影响因子可分为两类:(1)因子空间分布特性强烈,形成空间连续结构,包括地形适宜度、土壤侵蚀度、水源可及度、城镇经济影响度、道路通达度和耕作便利度等,该类因子可以通过 GIS 空间识别技术方法实现(下文将以水源可及度因子为例加以说明);(2)具有明显的区域特征,包括森林覆盖率、洪涝灾害度、地均 GDP、地均农业 GDP、地均工业 GDP、土地利用强度、基本农田保护率和人均粮食拥有量等。对于这类因子由于其影响分值不衰减,为面状因素,仅涉及 GIS 技术的面积计算和区域填充。受篇幅限制,仅以水源可及度因子为例介绍其空间识别过程。

表 1 土地利用效益评价因子权重表

目标层	子目标	因子层	相对权重	组合权重
土地利用效益综合评价 (A)	自然生态环境效益 (B ₁) 0.2971	地形适宜度 (C ₁₁)	0.036	0.011
		水源可及度 (C ₁₂)	0.080	0.024
		森林覆盖率 (C ₁₃)	0.145	0.043
		洪涝灾害度 (C ₁₄)	0.269	0.080
		土壤侵蚀度 (C ₁₅)	0.470	0.140
	经济效益 (B ₂) 0.5400	土地利用强度 (C ₂₁)	0.042	0.023
		地均 GDP (C ₂₂)	0.099	0.053
		地均农业 GDP (C ₂₃)	0.167	0.090
		地均工业 GDP (C ₂₄)	0.268	0.145
		城镇经济影响度 (C ₂₅)	0.424	0.229
	社会效益 (B ₃) 0.1629	耕作便利度 (C ₃₁)	0.044	0.007
		人均粮食拥有量 (C ₃₂)	0.085	0.014
		道路通达度 (C ₃₃)	0.144	0.023
		基本农田保护率 (C ₃₄)	0.262	0.043
		人口密度 (C ₃₅)	0.465	0.076

水源可及度因子空间识别是以湖泊、河流和坑塘为中心点或中心线按照等距离做空间缓冲区而计算分值,即随着距离中心点或线的距离增加分值呈指数衰减。衰减法公式为:

$$f_i=M^{1-r} \quad r=d_c/d \quad (1)$$

式中: f_i ——因素作用分值; M ——规模指数; d_c ——实际距离; d ——因素影响半径; r ——相对距离。影响半径按面积分解法计算,公式为:

$$R=\sqrt{S/n\pi} \quad (2)$$

式中: R ——影响半径; S ——县域面积; n ——水源中心数目,水源影响半径以能覆盖整个研究区范围为准。因素分值图按取高不取低的原则编绘。空间缓冲区分析水源指数按照 500 m 等距离衰减。

单因子分值图编制主要由两个步骤组成:(1)依据因子评价标准,将土地利用现状图与影响因子空间分布图进行空间叠加,以识别不同土地利用类型的单因子空间布局;(2)将单因子分布图按照一定的规则栅格化处理,确定各个评价单元的单因子分值,从而形成土地利用效益单因子分值图(附图 10)。

2.2.5 土地利用效益综合评价 土地利用效益指数计算的模型比较多,本文采用加权综合叠加模型。其基本原理就是基于空间叠合的方法,将各个单因子分级定量后,确定各个因子相对重要性,即权重。然后在各单因子分级评分的基础上对各个因子的评价结果进行加权求和。其数学模型为:

$$F=\sum_{i=1}^n c_i \times w_i \quad (3)$$

式中: F ——综合评价值; i ——评价因子; c_i ——评价因子量化值; w_i ——评价因子权重。

这种基于数学运算的栅格叠加,在地理信息系统

中称为地图代数运算。在评价中具体操作是将栅格的评价因子图(如土地利用现状图、水源可及度图)载入 GIS 软件作为数据图层,然后应用地图代数运算得到土地利用效益指数。

3 结果与分析

本文采用 GIS 软件 ArcGIS 中的自然断点法[Natural Breaks]实现土地利用效益分区。自然断点法可以把相似性最大的数据分在同一级,差异性最大的数据分在不同级^[14]。分宜县土地利用效益划分为 3 个等级,即高效益区、中效益区和低效益区(见表 2—5)。

3.1 自然生态效益评价

从表 2 可以看出,分宜县土地利用自然生态效益较高,最高效益指数达 100,最低效益指数为 45.51。高效益用地区效益指数为 77.78~100,面积为 47 808.67 hm²,占全县土地面积的 34.35%,主要分布在分宜镇、凤阳乡和洋江乡;中效益用地区效益指数为 66.46~77.77,面积为 61 832.50 hm²,占全县土地面积的 44.43%,在全县呈均匀状分布;低效益用地区效益指数为 45.51~66.45,面积为 29 535.14 hm²,占全县土地面积的 21.22%,主要分布在操场乡和高岚乡。

表 2 分宜县土地利用自然生态效益评价结果

效益等级	分值	面积/hm ²	百分比/%
高效益用地	77.78~100.00	47808.66	34.35
中效益用地	66.46~77.77	61832.50	44.43
低效益用地	45.51~66.45	29535.14	21.22
总计		139176.30	100.00

分宜县土地利用生态效益良好的主要原因为:县域内地貌形态为丘陵,适合农业生产,耕地质量较高;

气候资源较好,降水适中;天然水系发育旺盛;境内植物资源丰富,森林覆盖率高。

3.2 经济效益评价

从表 3 来看,分宜县土地利用经济效益高、中、低 3 效益分布持平,最高效益指数仅为 92.09,而最低效益指数则为 16.37。经济效益高地区位于分宜县中东部,用地面积为 36 458.46 hm²,占总用地面积的 26.20%,以分宜镇、湖泽镇和双林镇为代表。中效益用地位于分宜县西北部,用地面积为 38 976.36 hm²,占总用地面积 28.01%,以洋江镇、凤阳乡和杨桥镇为代表。低效益用地主要位于县域北部和南部,用地面积为 63 741.18 hm²,占总用地面积的 45.80%,以操场乡、钐山镇和洞村乡为代表。

表 3 分宜县土地利用经济效益评价结果

效益等级	分值	面积/hm ²	百分比/%
高效益区	50.82~92.09	36458.46	26.20
中效益区	30.63~50.81	38976.36	28.01
低效益区	16.37~30.62	63741.18	45.80
总计		139176.30	100.00

从结果来看,分宜县土地利用经济效益呈现两个特点,(1)经济效益总体水平不高;(2)地域差异明显。经济效益水平不高最终将导致土地利用综合效益处于低水平。

3.3 社会效益评价

从表 4 来看,分宜土地利用社会效益较高,最高效益指数达 95.61。社会效益较高区域主要位于县域南部,用地面积 41 116.57 hm²,占总用地面积 29.54%,以钐山镇为代表。进一步分析发现钐山镇社会效益较高与其土地利用人口密度较低有重大关联。中效益用地主要位于县中北部,面积为 53 548.8 hm²,占总用地面积的 38.48%,以洋江镇、凤阳乡、杨桥镇、洞村乡和湖泽镇为代表。低效益用地主要位于县中西部,用地面积 44 510.61 hm²,占总用地面积的 31.98%,以分宜镇 双林镇。分宜镇社会效益较低与其人口密度较大关系密切。

表 4 分宜县土地利用社会效益评价结果

效益等级	分值	面积/hm ²	百分比/%
高效益区	70.90~95.61	41116.57	29.54
中效益区	51.17~70.89	53548.8	38.48
低效益区	27.69~51.16	44510.61	31.98
总计		139176.30	100.00

3.4 综合效益评价

从表 5 可以看出,县域中东部为土地利用效益最高地区,其次为县中西和中南部,最差的地域为县东北部 and 西南部。高效益指数为 58.87~83.42,包括

分宜镇、湖泽镇和双林镇 3 个乡镇,总面积 35 223.37 hm²,占全县 25.31%。该区域土地利用的社会、经济和生态综合效益较高,具有较强的可持续性。中度效益指数为 48.75~58.86,位于县中西部,用地面积 44 037.99 hm²,占总用地面积 31.64%,以洋江镇、凤阳乡和杨桥镇为代表。低效益指数为 35.62~48.74,位于县北部和南部,用地面积 59 914.94 hm²,占总用地面积 43.05%,以操场乡、高岚乡、洞村乡和钐山镇为代表。

表 5 分宜县土地利用综合效益评价结果

果表效益等级	分值	面积/hm ²	百分比/%
高效益区	58.87~83.42	35223.37	25.31
中效益区	48.75~58.86	44037.99	31.64
低效益区	35.62~48.74	59914.94	43.05
总计		139176.30	100.00

4 结论与讨论

4.1 GIS 技术在土地利用效益评价中的优越性
传统的土地利用效益评价方法主要依赖于手工作业,效果差,反映土地利用效益空间分异能力不足,影响到评价结果的可靠性。将 GIS 强大的空间数据和属性数据的分析和处理能力应用到土地利用评价中,不但可以快速的获得丰富的土地利用效益信息,还可以在空间分析的基础上,获得一系列精美图件及相关的报表。这些功能为土地利用效益评价工作提供了全新的技术支持,在速度和精度方面具有卓越的优越性。

4.2 分宜县可持续土地利用策略

(1)县域中东部地区。该区域为分宜县经济中心,国土开发密度较高,产生了巨大的经济效益,集中表现为工业发展快,经济建设投入高,城镇建设用地集聚增长。但是不可忽视的是由于高速的经济发展,土地资源没有得到合理的保护,该区域土地资源环境承载能力及社会效益开始呈现减弱的趋势。针对这一特点,该区域土地利用应遵循以下策略:改变依靠大量占用土地、大量消耗资源和大量排放污染实现经济较快增长的模式,把提高经济增长质量和社会一经济一生态效益协调发展放在首位;适度控制城镇规模,引导城市走集约用地发展;进行产业结构调整 and 升级,将重污染的工业向周边乡镇转移,以实现生态和经济效益的双赢。

(2)中西和中南地区。该区域为县城经济辐射圈,代表着未来土地利用的发展方向。该区域资源环境承载能力较强、经济和人口集聚条件较好,离中心城市和交通主干道较近。针对这一特点,该区域土地

利用应遵循以下策略:充实基础设施,改善投资创业环境,促进产业集群发展,壮大经济规模;加快工业化和城镇化进程,承接县域中东部地区的产业转移,逐步成为支撑分宜县城经济发展和人口集聚的重要载体。

(3)东北和西南地区。该区域区位地理条件差,相对地形最复杂,自然生态环境较好。但基础设施不健全,交通闭塞,经济发展水平不高。由于大规模集聚经济和人口条件不够好,虽有一定的开发投入,但效益不显著。土地资源利用应遵循以下策略:发展资源环境可承载的特色产业,充分利用丰富的森林资源,大力发展林业经济;加强生态修复和环境保护,尤其是大岗山自然保护区的保护,积极引导超载人口逐步有序转移,逐步成为分宜县区域性的重要生态功能区和旅游区。

参考文献:

[1] 张宝山,陈娟. 山东省土地利用经济效益综合分析研究[J]. 山东经济,2006,22(6):135-137.

[2] 张忠国,高军. 从经济效益和自然生态效益来探索城市土地利用的合理模式[J]. 中国人口·资源与环境,2004,14(2):104-107.

[3] 马连营,臧俊梅,朱亚夫. 新疆土地利用经济效益分析及其对策研究[J]. 石河子大学学报:哲学社会科学版,2006,20(1):12-15.

[4] 王成,徐化成,郑均宝. 河谷土地利用格局与洪水干扰的关系[J]. 地理研究,1999,18(3):327-335.

[5] 郭旭东,邱扬,连纲,等. 基于 PSR 框架的土地质量指标体系研究进展与展望[J]. 地理科学进展,2003,22(5):483-484.

[6] 赵文武,傅伯杰. 黄土丘陵沟壑区集水区尺度土地利用格局变化的水土流失效应[J]. 生态学报,2004,24(7):1358-1364.

[7] 许坚. 论土地利用中兼顾自然生态效益的经济意义[J]. 中国土地科学,1998,12(5):1-5.

[8] 谭永忠,吴次芳,叶智宣,等. 城市土地可持续利用评价的指标体系与方法[J]. 中国软科学,2003(3):139-143.

[9] 陈百明,张凤荣. 中国土地可持续利用评价指标体系理论与方法[J]. 自然资源学报,2001,16(3):197-103.

[10] 王雨晴,宋戈. 城市土地利用综合效益评价与案例研究[J]. 地理科学,2006,26(6):743-748.

[11] 刘喜广,刘朝晖. 城市土地利用效益评价研究[J]. 华中农业大学学报:社会科学版,2005,63(4):91-95.

[12] 佟香宁,杨钢桥,李美艳. 城市土地利用综合效益评价指标体系与评价方法:以武汉市为例[J]. 华中农业大学学报:社会科学版,2006,64(4):53-57.

[13] 常建娥,蒋太立. 层次分析法确定权重的研究[J]. 武汉理工大学学报:信息与管理工程版,2007,29(1):153-156.

[14] 蒋国富,刘长运. 河南省县域经济的空间分异[J]. 经济地理,2008,28(4):636-639.

(上接第 74 页)

[3] 李蕾,刘黎明,唐伟. 退耕还林还草对农民收入及农村经济的影响[J]. 农村经济,2004(3):50-51.

[4] 胡霞. 退耕还林还草政策实施后农村经济结构的变化:对宁夏南部山区的实证分析[J]. 中国农村经济,2005(5):65-70.

[5] 虎陈霞,傅伯杰,陈利顶. 浅析退耕还林还草对黄土丘陵沟壑区农业与农村经济发展的影响:以安塞县为例[J]. 干旱区资源与环境,2006,20(4):67-71.

[6] 董捷. 坡耕地与林地价值比较研究:兼论退耕还林的效益[J]. 中国人口·资源与环境,2003,13(5):81-83.

[7] 徐晋涛,陶然,徐志刚. 退耕还林:成本有效性、结构调整

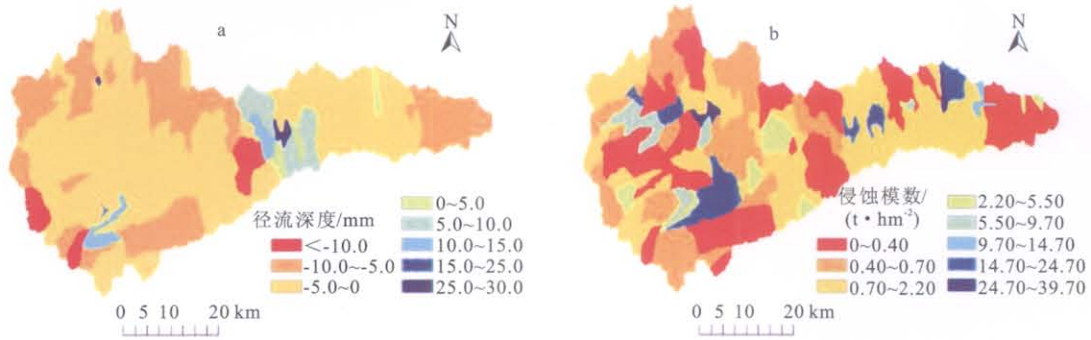
效应与经济可持续:基于西部三省农户调查的实证分析[J]. 经济学,2004,4(1):139-161.

[8] 易福金,徐晋涛,徐志刚. 退耕还林经济影响再分析[J]. 中国农村经济,2006(10):28-36.

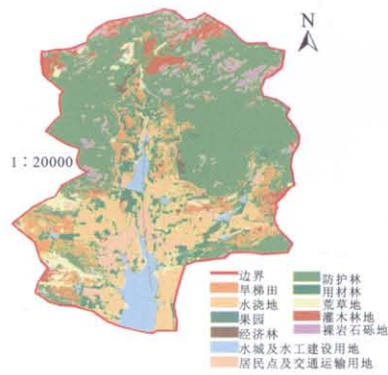
[9] 王学萌,罗建军. 灰色系统预测决策建模程序集[M]. 北京:科学普及出版社,1986:125-145.

[10] 蒋文琼,王冬梅,李永贵,等. 灰色关联度分析法在产业结构调整中的应用:以石匣小流域为例[J]. 中国水土保持科学,2004,2(2):107-110.

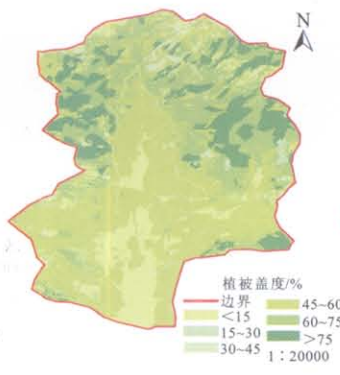
[11] 国家统计局. 国统字[2003]14 号[EB/OL]. <http://www.docin.com/p-522235.html>



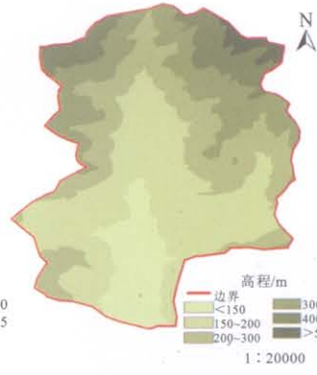
附图5 沱河流域水土流失空间差异评估



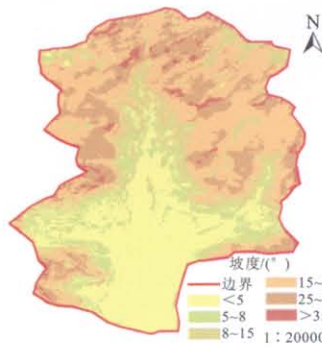
附图6 九仙山子流域土地利用图



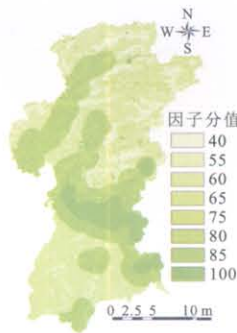
附图7 九仙山子流域植被盖度图



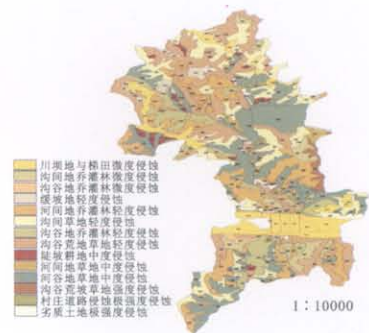
附图8 九仙山子流域DEM图



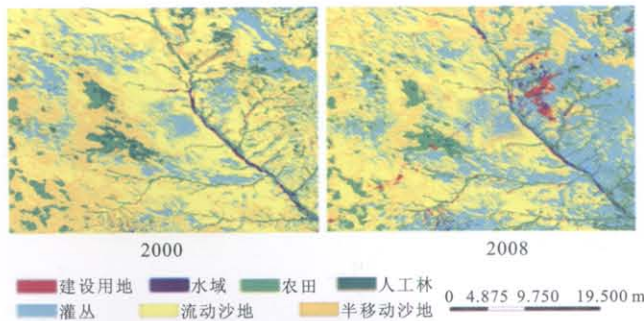
附图9 九仙山子流域坡度图



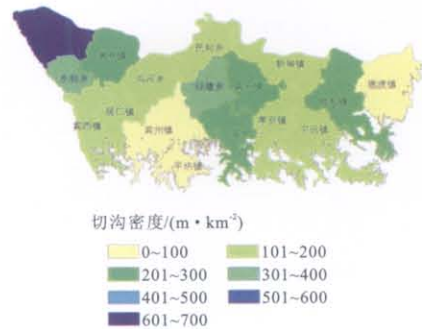
附图10 分宜县水源可及度因子分值图



附图11 安塞县侯门村土壤侵蚀类型图



附图12 2000年、2008年榆神矿区景观格局



附图13 宾县各乡镇切沟密度分布图