

基于 GIS 的蒲江县生态环境综合评价研究

刘 建, 何 宗, 张治清

(重庆市地理信息中心, 重庆 410021)

摘 要:针对龙门山区域生态环境受到了“5·12”汶川大地震重创的现实问题,选取蒲江县为例,构建目标层、制约层、要素层的三级评价体系,建立了生态环境综合评价模型,并运用层次分析法及 GIS 技术开展生态环境综合评价。结果表明:蒲江县生态环境良好率(第Ⅲ分类区以上)达到了 87.6%,总体生态环境状况良好,同时提出了生态保护对策。

关键词:层次分析法; GIS; 生态环境综合评价

中图分类号: TP751

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2012)05-0130-03

The Research of Comprehensive Evaluation of the Ecological Environment Based on GIS in Pujiang County

LIU Jian, HE Zong, ZHANG Zhi-qing

(Chongqing Geomatics Center, Chongqing 410021, China)

Abstract: It is a real problem that the ecological environment had been everely damaged by the 5·12 Wenchuan earthquake for the Longmen region. The comprehensive evaluation of the ecological environment has been completed through using of the analytic hierarchy process and GIS technology by constructing the target layer, constrained layer, feature layer and the establishment of a comprehensive evaluation model of the ecological environment in Pujian County. The results showed that percentage of ecological environment more than third grade in Pujian County reached to 87.6%, and the overall ecological environment in this county was in good condition. Meanwhile, ecological protection countermeasures were proposed in this paper.

Key words: analytic hierarchy process; GIS; comprehensive evaluation of the ecological environment

良好的生态环境是人类赖以生存的基础,也是人类可持续发展的基本条件,经济和社会的发展必须以保持生态环境的稳定和平衡为前提^[1]。在“5·12”汶川大地震后,龙门山地区生态环境受到了重创,在此背景下,对龙门山地区的生态环境综合性评价研究不仅是当前生态环境领域的重要问题之一,也是有针对性制定龙门山区域可持续发展规划的重要前提。

目前,对生态环境的定量评价方法很多。Trevisan^[2]利用 GIS 技术,采用分级的方法评价了农业行为对生态环境的影响;Matthew^[3]用改进的生态足迹法对城市生态系统进行评价,并对美国主要的 20 个大城市进行了比较评价;Weng Qihao^[4]从环境和资源的角度进行评价,将遥感技术与 GIS 技术和城市水文分布模型的研究联系起来,对城市高度扩张过程中导致的生态资源的变化进行了评价;ANU A^[5]对孟买市的各项影响城市发展的因素进行了评价,并

采用 Delphi 方法确定各因素的权重值;申文明等^[6]以遥感影像作为主要数据源,在 GIS 支持下,针对区域主要生态问题,选取水热条件、地形地貌、土地利用和土壤侵蚀为评价因子,运用层次分析法进行生态环境评价;李洪义等^[7]利用 ETM 遥感数据提取反映生态环境的植被、土壤亮度、湿度、热度指数,对因子进行相关性分析从每类因子中选取与遥感本底值相关系数最大的指数作为评价指标。综上所述,应用遥感和 GIS 技术对生态环境进行综合评价,能够获取及时、宏观的生态环境数据,但目前还没有一个统一的方法和指标评价体系^[8],都是根据实际需要,并在一定指导原则下进行,本次研究选用层次分析法进行生态环境综合评价研究。

1 研究区概况及数据源

1.1 研究区概况

蒲江县地处龙门山蒲江—新津断裂带,位于成都

平原经济圈与攀西地区经济带的交汇处,是进藏入滇的咽喉要道,也是成都联系西南少数民族地区的交通枢纽和物资集散地。介于东经 $103^{\circ}19'—103^{\circ}41'$,北纬 $30^{\circ}05'—30^{\circ}20'$,县域东邻彭山县、眉山市东坡区,西界名山县,南连丹棱县,北接邛崃市,是成都市的西南门户,幅员面积 580.44 km^2 。蒲江县属四川盆地亚热季风湿润气候区,年平均气温 17.0°C ,年平均降雨 $1\,300.6 \text{ mm}$,2006 年底全县总人口 26.05 万人,非农业人口 8.36 万人,农业人口 19.06 万人。蒲江县地形地貌可分为丘陵、山地、平坝三个类型,特征为“三山夹两河”,其气候属亚热季风湿润气候。

1.2 数据源及数据预处理

本次研究选用 Landsat TM 遥感影像作为主要遥感数据信息源,成像时间 2009 年 3 月 15 日,轨道号 130/039,地面分辨率 30 m 。遥感影像通过辐射校正、几何校正、图像增强处理、影像裁剪等一系列数据预处理过程^[9-11]。

2 评价体系建立

2.1 指标体系构建与评价单元确定

生态环境综合评价指标体系选择的合适与否,直接影响到评价结果的准确性和可靠性。在构建区域生态环境综合评价指标体系时,要选择最能反映当地生态环境质量及变化状况的环境因素,指标过多则获取困难且难以量化,获取过少则难以纳入控制因素,如何选取易用而又简单的评价指标体系、如何对评价指标的状态空间进行分级与量化,目前仍是非常棘手的问题。根据已有资料,考虑到生态环境综合评价的科学性和数据的可获取性,结合国家有关规范和专家咨询指导意见,挑选出涵盖信息多且叠加少的 12 个指标:土地利用分类、植被指数、土壤湿度指数、水系、断层、土壤、高程、坡度、坡向、人口、经济、道路分布,并建立目标层、制约层、要素层的三级评价体系(图 1)。运用已有的数据提取本次研究的 12 个评价因子,为生态环境综合评价提供数据源。

2.2 权重计算

采用层次分析法得出生态环境综合评价各指标的权重,实施步骤为:

$$\left. \begin{array}{l} u_1 \text{ 地形地貌权重} = (\omega_{11} \text{ 高程}, \omega_{12} \text{ 坡度}, \omega_{13} \text{ 坡向}) = (0.62, 0.29, 0.09) \\ u_2 \text{ 植被覆盖度权重} = (\omega_{21} \text{ 植被指数}) = (1) \\ u_3 \text{ 土壤湿度权重} = (\omega_{31} \text{ 土壤湿度指数}) = (1) \\ u_4 \text{ 生态地质环境权重} = (\omega_{41} \text{ 水系}, \omega_{42} \text{ 土壤}, \omega_{43} \text{ 断层}) = (0.57, 0.15, 0.28) \\ u_5 \text{ 土壤类型权重} = (\omega_{51} \text{ 土地利用分类}) = (1) \\ u_6 \text{ 社会经济活动权重} = (\omega_{61} \text{ 道路分布}, \omega_{62} \text{ 人口}, \omega_{63} \text{ 经济}) = (0.56, 0.32, 0.12) \end{array} \right\} \text{要素层指标:}$$

(1) 对所提取的生态环境综合评价因子进行分析,建立层次结构;生态环境综合评价 $U = \{ \text{地形地貌 } u_1, \text{植被覆盖度 } u_2, \text{土壤湿度 } u_3, \text{生态地质环境 } u_4, \text{土地类型 } u_5, \text{社会经济活动 } u_6 \}$, $u_i (i=1, 2, \dots, 6)$ 为目标层;地形地貌 $u_1 = \{ \text{高程 } u_{11}, \text{坡度 } u_{12}, \text{坡向 } u_{13} \}$,植被覆盖度 $u_2 = \{ \text{植被指数 } u_{21} \}$,土壤湿度 $u_3 = \{ \text{土壤湿度指数 } u_{31} \}$,生态地质环境 $u_4 = \{ \text{水系 } u_{41}, \text{土壤 } u_{42}, \text{断层 } u_{43} \}$,土地类型 $u_5 = \{ \text{土地利用分类 } u_{51} \}$,社会经济活动 $u_6 = \{ \text{道路分布 } u_{61}, \text{人口 } u_{62}, \text{经济 } u_{63} \}$, $u_{ij} (i=1, 2, \dots, 6; j=1, 2, 3)$ 为制约层;高程、坡度、坡向、植被指数、土壤湿度指数、土壤、断层、水系、土地利用分类、人口、经济因子、道路分布为要素层。

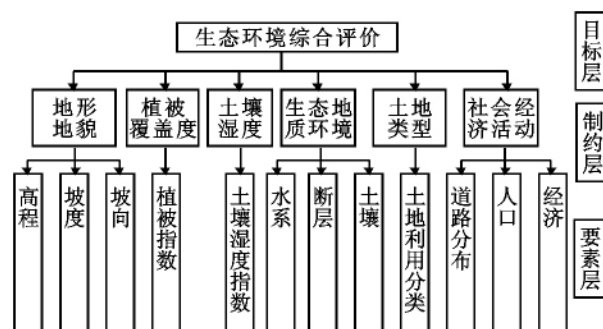


图1 生态环境综合评价体系

(2) 构造两两比较矩阵;通过将同一层的各因素进行两两对比,得到同一层次上的各因素对上一层相关因素的影响作用。

(3) 由比较矩阵计算被比较因素对每一准则的相对权重,并进行判断矩阵的一致性检验。首先,计算判断矩阵每一行元素的乘积;其次,计算三次方根,将得到的值归一化;接着,计算最大特征根;最后求解判断矩阵一致性指标。

(4) 计算方案层对目标层的组合权重和组合一致性检验;应用中规定计算出的指标权重大体上是一致的。通常采用 $CI = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1)$ 评估不一致性的大小, $CI = 0$ 时判断矩阵具有最佳一致性, CI 值越大一致性越差,其详细计算过程见参考文献^[12-15]。文中各个因素的评判矩阵的一致性指标 $CI = 0.001\,321$,说明权重分配是合理的。

按照上述计算过程,计算出生态环境综合评价要素层、目标层的权重分配方案:

目标层指标: $U = \{\omega_1 \text{地形地貌}, \omega_2 \text{植被覆盖度}, \omega_3 \text{土壤湿度}, \omega_4 \text{生态生质环境}, \omega_5 \text{土地类型}, \omega_6 \text{社会经济活动}\} = \{0.15, 0.16, 0.17, 0.17, 0.21, 0.14\}$ 。

3 蒲江县生态环境综合评价

3.1 评价等级划分

为了更加准确地对蒲江县生态环境进行评价,将

蒲江县生态环境综合评价指数值可以划分为 5 个等级,分别为:优、良、一般、较差、差,由于人们习惯上对于生态环境的表达往往不用“好”或“差”来表示,因此本文将蒲江县生态环境综合评价指数划分为:第Ⅰ分类区(优)、第Ⅱ分类区(良)、第Ⅲ分类区(一般)、第Ⅳ分类区(较差)、第Ⅴ分类区(差),其表达的意义详见表 1。

表 1 生态环境综合评价分级标准

评价等级	综合评价指数	说明
第Ⅰ分类区	≥ 8	植被覆盖度高,生物多样性丰富,生态系统稳定,最适合人类生存
第Ⅱ分类区	6~8	植被覆盖度较高,生物多样性较丰富,基本适合人类生存
第Ⅲ分类区	4~6	植被覆盖度中等,生物多样性一般水平,较适合人类生存,但有不适人类生存的制约性因子出现
第Ⅳ分类区	2~4	植被覆盖较差,自然生态环境受到破坏,生态系统基本能维持功能,具有一定的抗外界干扰能力
第Ⅴ分类区	≤ 2	生态环境较严重破坏,生态结构不合理,生态系统脆弱,抗外界干扰能力差

3.2 综合评价模型

对已得到的权重参数,参照已有研究成果及分级标准,根据生态环境综合评价指标的特点,进行综合分析评价。其评价过程如下:

$$U_i = \sum_{j=1}^n U_{ij} \omega_{ij} \quad (1)$$

$$U = \sum_{i=1}^n U_i \omega_i \quad (2)$$

将(1)式代入(2)式中得:

$$U = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n U_{ij} \omega_{ij} \omega_i, (i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, n) \quad (3)$$

式中: U ——目标层即为生态环境综合评价指数; U_i ——制约层数据; U_{ij} ——要素层数据; ω_i ——要素层权重; ω_{ij} ——制约层权重; i ——制约层指标个数; j ——要素层指标个数。

3.3 评价结果

利用公式(3)对已提取的生态环境综合评价指标及权重系数进行计算,并运用 GIS 技术进行叠置分析,其结果见附图 10。

4 结果与分析

通过对蒲江县生态环境进行评价,结果表明,蒲江县生态环境总体良好,第Ⅰ分类区面积为:29.43 km²,占县总面积的 5.07%;第Ⅱ分类区面积为:310.38 km²,占县总面积的 53.47%;第Ⅲ分类区面积为:168.68 km²,占县总面积的 29.06%;第Ⅳ分类区面积为:54.15 km²,占县总面积的 9.33%;第Ⅴ分类区面积为:17.82 km²,占县总面积的 3.07%。

蒲江县生态环境良好率(第Ⅲ分类区以上)达到了 87.6%,主要分布于北部的平坝、浅陵地区,龙泉山脉以及西部的山地地区,蒲江森林资源丰富、发达

的生态农业、果园以及丰富的茶园资源,使得蒲江县生态环境一直享有“绿色蒲江,天然氧吧”美誉,总体生态环境状况良好;第Ⅳ类区及第Ⅴ分类区仅占 12.4%,主要分布于城镇及城郊地区,该区域土地利用类型的林地、园地相对较少,植被覆盖度相对较低,生态环境系统受人类活动开发的影响较大。因此我们在今后的工程治理及生态治理时,及时防止在区域经济发展的过程中造成生态环境下降、土地退化及生态结构不合理等情况,做到社会效益、经济效益与环境效益协调、可持续发展。

5 结论

本研究构建目标层、制约层、要素层的三级评价体系,建立了生态环境综合评价模型,运用层次分析法及 GIS 技术开展蒲江县生态环境综合评价,从评价结果可以得出如下结论:(1)蒲江县生态环境良好率(第Ⅲ分类区以上)达到了 87.6%,总体生态环境状况良好;(2)第Ⅳ类区及第Ⅴ分类区占 12.4%,主要分布于城镇及城郊地区,该区域受人类活动开发的影响较大;(3)从可持续发展的角度提出在今后的工程治理及生态治理时,及时防止在区域经济发展的过程中造成生态环境下降、土地退化及生态结构不合理等情况的生态保护对策。

参考文献:

- [1] 孟岩. 基于 RS 与 GIS 的生态环境评价及其遥感反演模型研究[D]. 山东青岛: 山东科技大学, 2009.
- [2] Trevisan M, Padovani L, Capri E. Nonpoint-source agheultural hazard index: a case study of the province of Cremona[J]. Environmental Management, 2000, 26(5): 577-584.

(下转第 138 页)

作物水分利用率随施磷量的增加逐渐提高,而降水利用效率在施磷量为 90 kg/hm^2 时就达到最大,继续增加施磷量,降水利用效率不再有显著性差异。

3 结论

长期定位施肥试验 2010—2011 年的测定结果表明,单施氮肥能够加强植株根系水分吸收的能力,且氮磷肥配施的效果更佳,使冬小麦根系吸收土壤深层水分的潜力达到最大,土壤各层次的土壤含水量最低;且当施磷量为 90 kg/hm^2 、施氮量为 135 kg/hm^2 时,冬小麦在拔节期至成熟期农田耗水量较不施肥处理增加 32.8%,蒸腾量增加 223.2%。

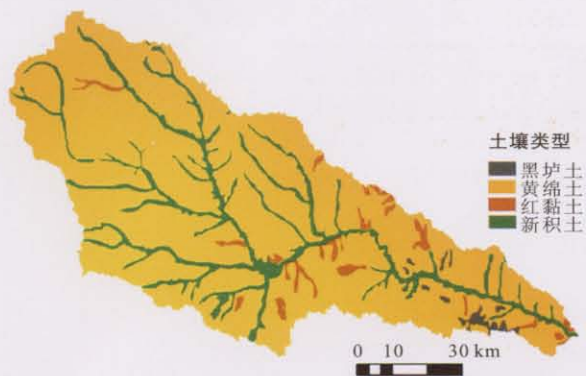
在小麦整个生育期,施肥处理对降水利用效率及各分项的影响较大。在相同施磷条件下,考虑蒸散消耗的作物水分利用效率随施氮量的增加逐渐提高,而考虑蒸腾消耗的作物水分利用率的较单施磷肥处理降低 15%;当施氮量为 180 kg/hm^2 时,作物降水利用效率高达 $18.73 \text{ kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{mm})$ 。在相同施氮情况下,随施磷量的增加,考虑蒸散消耗的水分利用效率不断升高,但施磷量为 $90 \sim 180 \text{ kg/hm}^2$ 时各处理之间变化不明显;只考虑蒸腾消耗的作物水分利用效率随施磷量的增加逐渐提高。降水利用效率在施磷量为 90 kg/hm^2 时达到最大,为 $16.25 \text{ kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{mm})$,继续增加施磷量,不再有显著性变化。

因此,在旱作农业生产中,要综合考虑降水利用

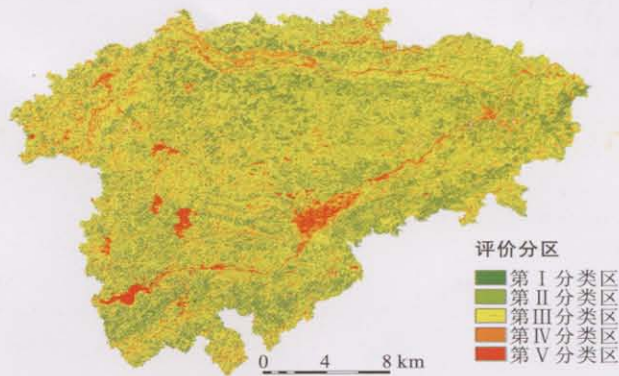
效率各分项对不同施肥处理的响应以及各利用率及效率之间的联动机制,实现水分利用效率、降水利用效率与产量提高的目的。

参考文献:

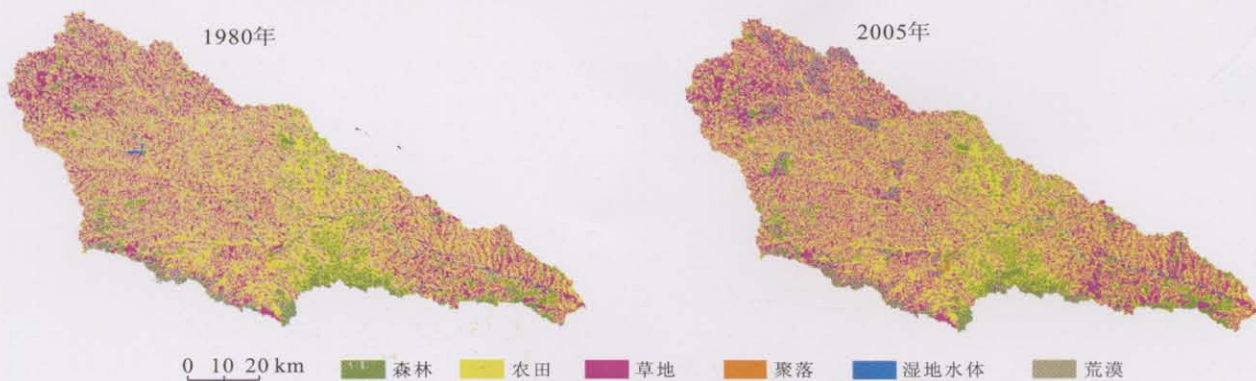
- [1] 李玉山,张孝中.黄土高原南部作物水肥产量效应的田间研究[J].土壤学报,1990,27(1):1-7.
 - [2] 岳维云,宋建荣,张耀辉,等.天水旱作农业区膜侧小麦不同施肥水分增产效应分析[J].干旱地区农业研究,2006,24(3):15-18.
 - [3] 韩磊,王永华,冯伟,等.两种气候年型下不同施肥处理对小麦群体质量及产量的影响[J].西北农业学报,2011,20(12):40-45.
 - [4] 周涛,惠开基.施肥提高旱地作物水分利用效率的机理和效果[J].土壤通报,2000,31(2):85-87.
 - [5] 王学春,李军,郝明德.施肥水平对长武旱塬地冬小麦产量影响的模拟[J].农业工程学报,2008,24(8):45-50.
 - [6] 王怡,高华.冬小麦陕 229 在旱地不同施肥水平的水分效率研究[J].干旱地区农业研究,1999,17(3):35-38.
 - [7] 刘文兆.旱地作物雨水利用效率统一性表达式的构造及其意义[J].土壤侵蚀与水土保持学报,1997,3(2):62-66.
 - [8] Hsiao T C, Pasquale S, Elias F. A systematic and quantitative approach to improve water use efficiency in agriculture[J]. Irrig Sci, 2007,25(3):209-231.
 - [9] 康绍忠,张富仓.作物叶面蒸腾与棵间蒸发分摊系数的计算方法[J].水科学进展,1995,6(4):285-289.
- ~~~~~
- (上接第 132 页)
- [3] Matthew A L, Jendrdtte G D, Wu J G, et al. The urban funnel model and the spatially heterogeneous ecological footprint[J]. Ecosystems, 2001,4(8):782-796.
 - [4] Weng Qihao. Modeling urban growth effects on surface runoff with the integration of Remote Sensing and GIS [J]. Environmental Management, 2001,28(6):737-748.
 - [5] Gokhale A A. Environmental initiative prioritization with a delphi approach: a case study[J]. Environmental Management, 2001,28(2):187-193.
 - [6] 申文明,张建辉,王文杰,等.基于 RS 和 GIS 的三峡库区生态环境综合评价[J].长江流域资源与环境,2004,13(2):159-162.
 - [7] 李洪义,史舟,郭亚东,等.基于遥感与 GIS 技术的福建省生态环境质量评价[J].遥感技术与应用,2006,21(1):49-54.
 - [8] 孟庆香.基于遥感 GIS 和模型的黄土高原生态环境质量综合评价[D].陕西杨凌:西北农林科技大学,2006.
 - [9] 杜自强,王建,陈正华,等.基于 RS 和 GIS 的区域土地利用动态变化及演变趋势分析[J].干旱区资源与环境,2007,21(1):115-119.
 - [10] 龚建周,夏北成.基于大气辐射校正的广州市植被覆盖度遥感估算[J].应用生态学报,2007,18(3):575-580.
 - [11] 刘建,刘小琴,何政伟.基于 TM 影像的城市热岛效应研究[J].水土保持研究,2010,17(5):172-175.
 - [12] 彭补拙.用动态的观点进行环境综合质量评价[J].中国环境科学,1996,16(1):16-19.
 - [13] 谷雨,刘昕,邓红兵.基于层次分析法的重庆市城乡结合部生态系统健康评价[J].中国环境科学,2010,30(11):1573-1578.
 - [14] 王默玉,魏佳,申晓留.基于 AHP 的北京市能源安全研究与分析[J].应用能源技术,2010(9):7-11.
 - [15] 张东辉,赵英俊,薛东剑,等.3S 技术在单体滑坡风险评估中的应用[J].地球与环境,2011,39(1):69-75.



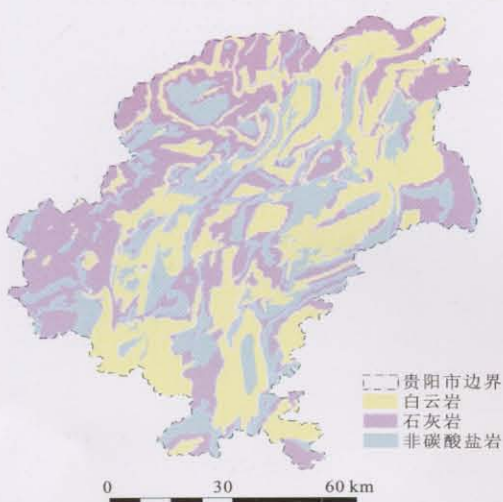
附图9 延河流域土壤类型



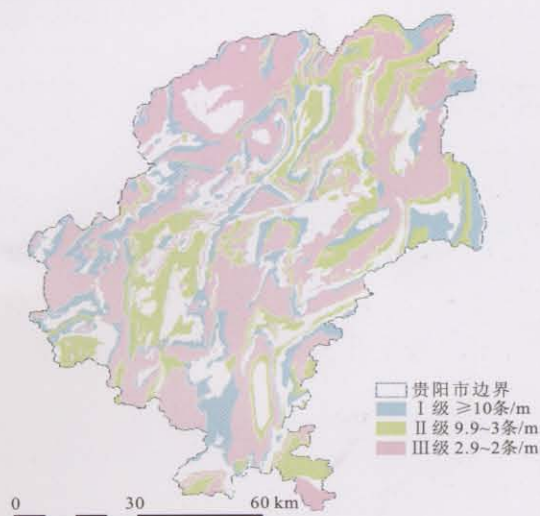
附图10 蒲江县生态环境综合评价



附图11 1980年和2005年延河流域土地利用现状



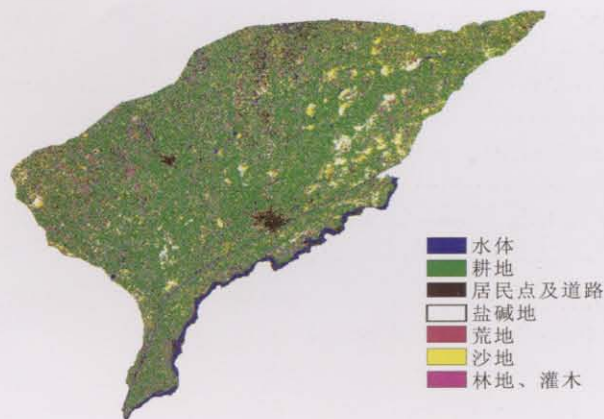
附图12 贵阳市碳酸盐岩分布



附图13 贵阳市层间节理频度分布



附图14 内蒙古河套灌区TM影像波段534波段叠加结果



附图15 内蒙古河套灌区土地利用分类