维普资讯 http://www.cqvip.com

第20卷 第2期 农业系统科学与综合研究 Vol.20,No.2
2004年5月 SYSTEM SCIENCES AND COMPREHENSIVE STUDIES IN AGRICULTURE May.,2004

基于MAPGIS的小流域土地质量评价

李晓燕[1]，李壁成[2]，张树文[1]
（1. 中国科学院 东北地理与农业生态研究所，吉林 长春 130012；
2. 中国科学院 水利部水土保持研究所，陕西 杨凌 712100）

摘 要：根据研究区土地资源的特点，以土壤类型图、土地类型图、土地利用图经过叠加分析所获得的土地资源单元作为基础评价单元，对GIS在黄土高原小流域土地质量评价中的应用进行了尝试。基于MAPGIS，应用主成分分析方法，选择8个样本对宁南山区上黄小流域进行了土地质量等级评价，并对主成分的综合得分利用聚类分析划分土地等级，生成小流域土地质量等级图。图3，表3，参10。

关键词：土地资源单元；主成分分析；土地质量评价；小流域；MAPGIS
中图分类号：F323.211 **文献标识码**：A **文章编号**：1001-0068（2004）02-0099-04

The assessment of land quality in small watershed based on MAPGIS

LI Xiao-yan[1], LI Bi-cheng[2], ZHANG Shu-wen[1]
（1. *Northeast Institute of Geography and Agricultural Ecology, Chinese Academy of Sciences, Changchun* 130012, *China*;
2. *Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling* 712100, *China*）

Abstract: Land resource is the foundation of agricultural production, to evaluate land quality specifically is of importance to plan and manage agricultural production. According to the characteristics of soil resources of the study area, the soil resource unit which was overlaid by soil type map, land type map and land use map was used as the basic evaluating unit. The paper explored the application of MAPGIS in land quality assessment in small watershed. Based on MAPGIS, major component analysis in which 8 samples were chosen was used to assess the land quality classes of the Shanghuang small watershed in Ningnan mountainous region, clustering analysis of major component scores was used to decide the land classes and class map of land quality of small watershed was produced finally.

Key words: land resource unit; major component analysis; land quality assessment; small watershed; MAPGIS

土地是由各种自然要素组成的综合体，土地质量评价是进行农业生产的重要基础。黄土高原水土流失严重，生态环境日益恶化，农业与农村经济发展缓慢；小流域是黄土高原土壤侵蚀发生、发展的基本单元，往往又是乡村聚落[1]。以小流域为单元进行水土流失治理、土地质量评价等基础研究，符合自然规律和经济规律；有利于整体规划、综合治理，实现农业可持续发展。土地是一个灰色系统，影响该系统的因素很多，有些因素可定量描述，如土层厚度、土壤有机质含量等；有些因素不易用准确的数据来描述，如土壤侵蚀程度、土壤质地等；有些因素之间往往存在着不同程度的相关性，使它们提供的信息部分发生交叉和重叠，从而影响数据的正确分析[2]。因此在土地质量等级评价中，必须排除相关因子间的干扰，选择差异性较大、相关性较小的因子作为参评因子。

地理信息系统（GIS）是20世纪60年代随着计算机技术的发展而产生的一门新兴技术，目前已应用于涉及空间信息的所有领域。土地资源评价与管理是GIS应用最早和较为成熟的领域之一。我们根据黄土高原土地资源的特点，参考前人研究成果[3]，选择影响黄土高原土地质量的几个指标，基于MAPGIS6.0地理信息系统软件，应用主成分分析方法，选择8个样本进行质量等级评价，并对主成分的综合得分利用聚类分析划分土地等级。研究中遵循以下评价原则：综合分析与主导因素相结合的原则；定性分析与定量分析相结合原则；比较性原则；持续性原则。

1 固原上黄小流域基础信息库的建立

1.1 研究区简介

研究区位于宁夏南部河川乡上黄村，东经106°26′～106°30′，北纬35°59′～36°01′；海拔1 534m～

收稿日期：2003-04-07.
基金项目：中国科学院知识创新工程重要方向项目（KZCX2-SW-320-1）.
第一作者简介：李晓燕（1975-），女，内蒙古阿盟人，在读博士，从事地图学与地理信息系统应用研究.

维普资讯 http://www.cqvip.com

1 822m，总土地面积 7.6km^2。该区年均温 6.9℃，年均降水 475mm，干燥度为 1.75，属温凉半干旱气候。区内地貌类型为黄土高原梁状宽谷丘陵，地势起伏较大，高差悬殊，一般相对高差达 200m 以上。土壤为黄土母质上发育的黄绵土和黑垆土；水资源主要为自然降水，地下水位较深，难以利用，季节性变化明显；土壤侵蚀强烈，侵蚀模数达 2 000 t/km^2[1,4]。本区由于气候干旱、低产、贫困、生态环境恶化，为全国有名的西海固“老少边穷”地区。

1.2 小流域基础信息库的建立

以土地资源单元作为流域数字化信息采集的基本地理单元，采用矢量栅格叠加方法获取基础单元图斑图，通过对矢量叠加后过渡图层的属性表操作来获取属性数据[5]，最后进行数据库集成，建立流域基础信息库（图 1）。

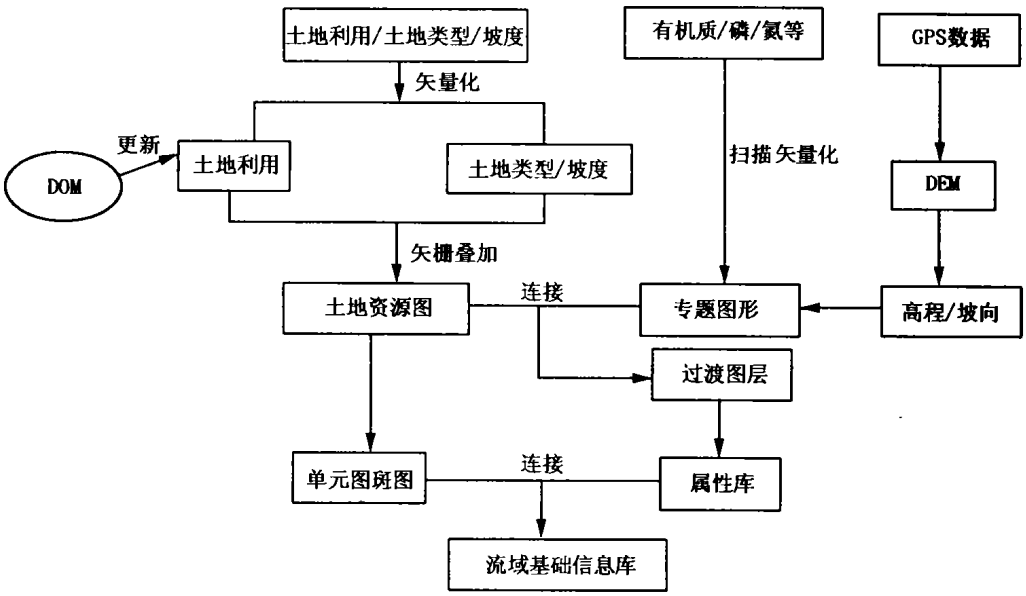


图 1 流域基础信息库数据采集流程

2 小流域土地质量等级评价

2.1 划分评价单元

评价单元是土地自然性状基本一致的独立土地单元，是由各土地因素组成的空间实体，是土地评价的基本单位[6,7]。本研究中选择由土壤类型图、土地类型图、土地利用图经过叠加分析所获得的土地资源单元图作为基本单元。

2.2 建立单元属性库

在 MAPGIS 系统中，调入工程文件，修改区属性结构，增加没有录入的评价因子字段，输入单元（区）属性资料。

2.3 定性因子定量化与评价标准确定

由于在因子数据处理中需要定量化因子，因而在评价过程中需将定性或难以评定的因素进行赋值，并制定相应的评价标准表（表 1）。根据所制定的赋值标准，通过空间属性数据库操作，实现属性数据的定量化。按照评价标准，在完成主成分分析后对定量因子进行指数赋值，实现各因子值的标准化，从而为计算等级分值提供基础。

表 1 评价因子及评价标准

指标	评价标准			
	1	2	3	4
坡度	0～5	5～8	8～15	>15
高程	<1 579	1 579～1 679	1 679～1 729	>1 729
土壤水分	>15	12～15	8～12	<8
土壤质地	中壤	轻壤	砂壤	黏土、沙土、砾石
有机质	1.6～2.0	1.0～1.6	0.5～1.0	<0.5
速效钾	>200	150～200	100～150	<100
速效磷	10～20	5～10	3～5	<3
全氮	0.1～0.15	0.07～0.1	0.05～0.07	<0.05

首先建立定性因子定量化标准，然后根据该标准，在图形编辑子系统中增加相应因子字段，在“根据参数赋属性”命令中，设定查找条件，输入增加字段的定量数值。在“属性数据库”中，将定量属性数据表导出到 Visual Foxpro 中，形成单元属

维普资讯 http://www.cqvip.com

性表。

2.4 评价因子筛选与权重确定

因子筛选与权重确定是评价过程中的关键环节，在此应用专业统计软件 SPSS，选择主成分分析法筛选评价因子，根据因子的负荷确定权重。

2.4.1 建立评价因子体系。根据因子筛选的基本原则，针对研究区小流域的基本情况，并参考以往土地评价经验[3,8]，选择坡度、高程、土壤水分、土壤质地、有机质、速效磷、速效钾、全氮 8 个因子作为评价因子。根据该因子体系和划分的评价单元，验证所拥有资料的完整性，补充收集调查资料。

2.4.2 因子筛选。研究中样本个数（评价单元的个数）为 308，所选指标个数为 8。在 SPSS 软件下运行“主成分分析”程序，得到各因子负荷量（表 2）。主成分是原 P 个指标的线性组合，各指标的权数为特征向量 r_{ij}，它刻划了各单项指标对于主成分的重要程度，并决定了该主成分的实际意义。根据主成分选择的基本要求，当累积贡献率 > 85% 时能够基本代表原始数据所反映的信息情况[2,9]。从表 2 可以看出，当选择主成分个数 $K = 3$ 时，包含了原始数据信息总量的 87.1%，根据运算结果，选择土壤水分、有机质、土地侵蚀程度作为最终参评因子，剔除其它 5 个因子。

表 2　特征根、贡献率及累积贡献率

序号	特征根 λ	贡献率 b	累积贡献率 $\sum b_i$
1	4.987 7	0.623	0.623
2	1.277 7	0.160	0.783
3	0.700 4	0.088	0.871
4	0.391 9	0.049	0.920
5	0.268 0	0.034	0.953
6	0.204 2	0.026	0.979
7	0.132 1	0.017	0.995
8	0.038 1	0.005	1.000

2.4.3 权重计算。根据主成分计算公式，可得这 3 个主成分与原 8 项指标的线性组合：

$$Z_1 = -0.393X_1 - 0.145X_2 - 0.381X_3 - 0.246X_4 - 0.338X_5 - 0.414X_6 - 0.414X_7 - 0.404X_8$$

$$Z_2 = 0.025X_1 + 0.677X_2 + 0.198X_3 - 0.612X_4 - 0.323X_5 + 0.113X_6 + 0.096X_7 - 0.025X_8$$

$$Z_3 = -0.226X_1 + 0.644X_2 + 0.111X_3 + 0.444X_4 + 0.384X_5 - 0.290X_6 - 0.278X_7 - 0.125X_8$$

2.5 等级的划分

在 MAPGIS 图形编辑子系统中，根据限制因素设定查找条件，通过“根据参数赋属性”命令来实现相应字段评价综合值的确定。在求取单元指数和的基础上，运用 SPSS 中的“聚类分析”程序求取中心值，划分等级的指数区间，然后通过上述赋值操作改变土地等级的参数。

2.5.1 各单元综合值的确定。以主成分因子对各单元的贡献率作为权重值，求得各单元图斑的综合分值。利用主成分分析结果，将各单元值代入，得到样本在 3 个主成分上的得分，再根据 $F = \sum b_j Z_j = b_1 Z_1 + b_2 Z_2 + b_3 Z_3$ 求得各样本综合得分 F。

2.5.2 确定土地等级。以各单元等级分值为基础，采用“最小距离法”进行聚类分析；根据聚类间距和聚类图的样本次序，确定聚类中心值，从而确定不同等级下的等级分值区间。根据综合得分 F 聚类的结果并与土地类型相比较，可将土地分为 5 个等级。

2.5.3 统计数据空间化。在等级确定的基础上，根据所设定的限制因素标准，在面属性结构中增加等级字段，通过字段设定赋值条件。在 Visual Foxpro 中，通过属性连接导入面属性库。

2.6 土地评价图的生成与属性空间分析

在 MAPGIS 图形编辑子系统中，设定不同土地等级图斑的颜色和图案，修改区文件属性，输入表示土地等级的点注释并进行其它有关方面的编辑，完成评价图的制作；借助 MAPGIS 中“空间分析子系统”中“数据检索”和“属性分析”的功能实现属性分析。

2.6.1 土地评价图的生成。将单元图的点、线、面文件分别换名另外存储，参照有关制图规程，设计评价等级的图例；根据面文件中各图斑等级属性，统一修改区参数，并将全部区属性导出。在 Visual Foxpro 中，清除区属性库中除 ID 号和不可编辑字段的全部属性字段，将外部数据有选择地连接回区属性库中。最后，将编辑好的点、线、面文件组成工程文件，通过“保存部分点”命令，去除点文件不需要的注释，根据土地等级的表示方法，为各等级单元加名称注释。对点、线、区文件作最后修正，保存工程文件，完成评价图（图 2）。

2.6.2 空间属性分析。在空间属性分析子系统中，以面积为统计属性，以等级为分类属性，通过单点分类、累计方式进行双属性分类统计可得到流域各等级质量地的总面积及在流域总面积中占的百分比（图 3）。

维普资讯 http://www.cqvip.com

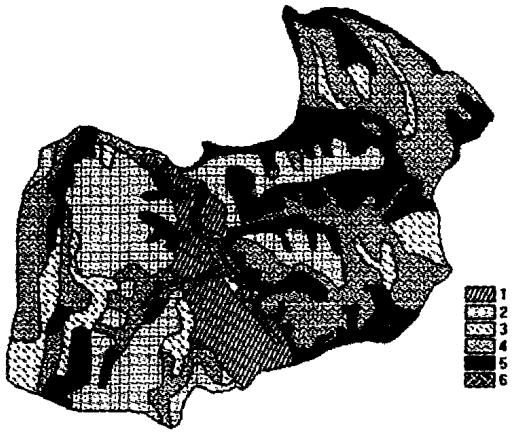


图2 固原上黄土地利用评价分级

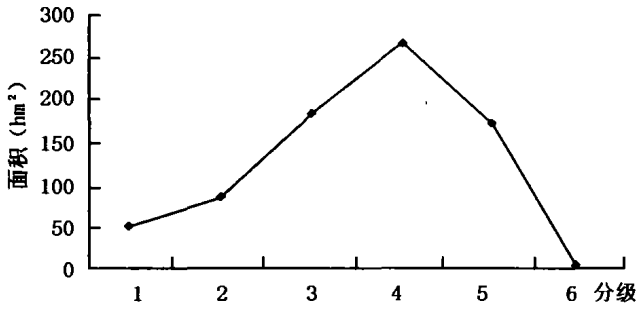


图3 土地质量等级分类统计

3 结果分析与讨论

将评价土地分为5级，水库、河流等没有参与质量评价，一等地在5个等级中面积最小，只占试区总面积的6.84%；四等地所占面积最大，占试区总面积的35.04%；四、五等级地占总面积的57.58%，面积达438.183 8 hm^2。土地质量等级的单元个数、面积及占总面积的百分比统计见表3。

表3 不同级别的单元个数及面积统计

级别	单元个数 个	面积 hm^2	占总面积的比例 %
一级	10	52.037 2	6.84
二级	13	84.988 5	11.17
三级	20	182.259 5	23.95
四级	27	266.654 4	35.04
五级	13	171.529 4	22.54

各土地等级数、土地类型及评价综合指数的对应关系如下：

一等地：川台地、河台地、滩地→ {2.004，3.2519}

二等地：塬台地、梯田、缓坡原台地、缓坡湾掌地→ {1.5669，2.004}

三等地：梁峁缓坡地、梁峁缓冲地、沟坡缓坡地→ {0.9161，1.5669}

四等地：梁峁盖地、梁峁陡坡地、沟坡陡坡地、滩地→ {-0.4089，0.9161}

五等地：凹地、沟坡陡坡地→ {-2.5925，-0.4089}

由此可见，试区内质量较高的土地面积并不大，大部分土地不适宜种植农作物，应该以林、草为主，提高单位面积的种植产量是该区发展农业的关键。对该区1990、1999两年土地利用数据进行对比分析，并进行了实地调研。结果表明：试区1990～1999年之间，天然草地大面积减少，这主要是因为“六五”期间播种的沙打旺人工草地由于土壤水分过耗，严重亏缺，过早退化[10]。坡式梯田已全部改为水平梯田，以山桃、山杏为主的乔灌木分布广泛，果园面积增大。试区引进了适应宁南较高海拔和温凉半干旱山区特点的优良树种及果树品种，经果林、生态林面积不断扩大，现已推广为试区的主导型产业，为保护和恢复试区脆弱生态环境、合理优化产业结构打下良好基础。

4 结论

传统的土地评价单元的划分主要有3种方法：以土壤图为基础；以土地利用现状图为基础；以土地资源类型图为基础。根据黄土高原小流域土地资源的特点，以土壤类型图、土地类型图、土地利用图叠加分析获得的土地资源单元作为基础评价单元，应用主成分分析方法，对研究区进行了土地质量等级评价；并利用聚类分析划分土地等级，生成小流域土地质量等级图，对MAPGIS在黄土高原小流域土地质量等级评价中的应用进行了尝试。结果表明，将GIS软件与统计软件结合起来，可以消除以往土地评价中存在的诸如误差较大、精度低、工作量大的问题，MAPGIS作为国内流行软件，其特有的分层功能极大方便了专题地图的输出；此外MAPGIS具有很强的空间分析功能，可以通过对点、线、面之间的叠加实现图形的再造，为评价、管理和决策提供依据，为评价结果的客观性、合理性提供了重要保障。

参考文献：

[1] 李璧成．黄土高原遥感调查试验研究［M］．北京：科学出版社，1988.

（下转第106页）

维普资讯 http://www.cqvip.com

拓国际市场以扩大出口。

3.3 加强服务

发展绿色食品是一项系统工程，需要方方面面的服务。有关企业和部门须积极筛选、研制符合绿色食品生产要求的生产资料，包括肥料、农药、添加剂、抗性品种等。政府应坚持以财政、信贷投入为导向，充分发挥财政、金融部门的职能作用，把扶持绿色食品开发作为资金投放重点，切实加大扶持力度。气象、植保等部门应义务或有偿地提供灾情预测预报信息服务，及时指导防灾减灾，以降低绿色食品生产经营中的自然风险和服务风险。

3.4 加强立法和执法

加快绿色食品的有关立法工作，为绿色食品发展创造良好的法律环境。加大打击假冒绿色食品产品的力度，维护绿色食品市场主体的利益。政府要组织协调技术监督、工商等有关部门，建立完善的市场监督体系，加大绿色食品商标标志的保护力度。同时也要加强绿色食品生产的全程质量控制和监督，生产企业和监督机构及人员须依法办事，以诚信赢得消费者。

3.5 发展专业教育，提高从业人员素质

绿色食品产业是集优秀传统农艺技术和现代高科技于一体的新兴产业，对生产经营者自身素质的要求也较高。因此，必须开展专业教育，并针对绿色食品生产经营的各个环节的特点要求组织培训，使从业人员不断提高水平，增强对风险的识别和处理能力。就有害生物防治而言，我国绿色食品生产过程中虽然允许使用高效低毒农药[6]，但必须按照《农药使用准则》的要求进行，必须克服由于诊断错误、药不对症、混用不当、贻误良机和盲目用药所造成的低效或无效投入；倡导使用无公害植保技术，也就是利用提高植物自身对有害生物的免疫、调控作用的模式方法技术（如采用科学的耕作制度、合理的种植结构和栽培模式、优良的抗性品种及品种搭配等）；多种无害化防治技术方法（如生物防治，物理防治，无公害农药）的综合实施等。所有这些，没有相应的素质水平、知识技能，要达到要求是不可能的。

参考文献：

[1] Williams C A, J M L Smith, P C Young. 风险管理与保险[M]. 马从辉，刘国翰译. 北京：经济科学出版社，2000.

[2] Harrington S E, G R Niehaus. 风险管理与保险 [M]. 陈秉正，王 珺，周伏平译. 北京：清华大学出版社，2001.

[3] Pritchett S T, J T Schmit, H I Doerpinghaus, et al. 风险管理与保险 [M]. 孙祁祥译. 北京：中国社会科学出版社，1998.

[4] 魏华林，林宝清. 保险学 [M]. 北京：高等教育出版社，1999.

[5] 杨梅英. 风险管理与保险 [M]. 北京：北京航空航天大学出版社，1999.

[6] 李正明，吕 宁，俞 超. 无公害安全食品生产技术[M]. 北京：中国轻工业出版社，1999.

[7] 刘云波，陈继慧. 绿色食品经济与农业可持续发展 [J]. 农业系统科学与综合研究，2001，17 (3)：189，192.

[8] 朱中平，朱晨曦. 绿色食品实用手册 (一) [M]. 北京：中国物质出版社，2002.

[9] 秦玉川，丁自勉，赵纪文. 绿色食品—21世纪的食品[M]. 南京：江苏人民出版社，2001.

[10] 许树柏. 层次分析原理 [M]. 天津：天津大学出版社，1988.

[11] 胡永宏，贺思辉. 综合评价方法 [M]. 北京：科学出版社，2000.

[12] 汪 浩，马 达. 层次分析标度评价与新标度法 [J]. 系统工程理论与实践，1993，13 (5)：24－26.

[13] 徐泽水. 关于层次分析中几种标度的模拟评估 [J]. 系统工程理论与实践，2000，(7)：58－62.

[14] 刘京生. 中国农村保险制度论纲 [M]. 北京：中国社会科学出版社，2002.

[15] 张志华. 我国绿色食品市场发展存在的问题与对策分析 [J]. 农业经济问题，2001，(6)：24－27.

[16] 李长胜，孙凤俊，刘云波，等. 绿色食品发展分析与对策 [J]. 农业系统科学与综合研究，2001，(4)：294－295.

(上接第102页)

[2] 王继增，吴志峰，卓慕宁，等. 区域可持续发展空间差异的定量研究——主成分分析 [J]. 农业系统科学与综合研究，2002，18 (1)：58－61.

[3] 杨文治，余存祖. 黄土高原区域治理与评价 [M]. 北京：科学出版社，1992.

[4] 李壁成，赵世伟. 固原上黄试区土壤侵蚀环境与综合治理效益评价 [J]. 水土保持研究，1996，3 (1)：9－13.

[5] 胡月明，欧阳村香. 基于GIS的土地资源评价单元确定与属性数据获取方法初探 [J]. 华南农业大学学报，1999，2 (2)：30－35.

[6] 陈百明. 土地资源学概论 [M]. 北京：中国环境科学出版社，1996.

[7] 石常蕴，周慧珍. GIS技术在土地质量评价中的应用——以苏州市水田为例 [J]. 土壤学报，2001，38 (3)：248－255.

[8] 贾恒义. 陈培银. 固原县上黄村土壤资源评价及其改良利用分区 [J]. 中国科学院西北水土保持研究所集刊，1987，(5)：46－56.

[9] 叶双峰. 关于主成分分析做综合评价的改进 [J]. 数理统计与管理，2001，20 (2)：33－36.

[10] 李晓燕，李壁成，安韶山. 基于GIS的小流域坡耕地调查方法探讨 [J]. 水土保持通报，2001，21 (5)：37－40.