

# 基于 GIS 的耕地地力评价

张志宏<sup>1</sup>, 任晶<sup>2</sup> (1. 内蒙古大学环境与资源学院, 内蒙古呼和浩特 010000; 2. 西南交通大学地球科学与环境工程学院, 四川成都 610003)

**摘要** 基于 GIS 平台, 运用其空间分析功能采用模糊栅格叠置方法进行耕地地力评价。采用层次分析法确定评价指标权重, 模糊数学方法确定指标隶属度, 加权求和模型计算耕地地力综合指数, 最终得出耕地地力综合指数最大值最小值, 利用等间隔法将综合指数分为 4 级, 并对评价结果进行可视化。评价过程是 GIS 技术方法在农业领域的成功运用, 弥补了矢量过程存在的评价单元大小差别太大导致叠加误差大, 计算地力综合指数需要在其他信息系统中进行或另外编程实现的缺陷。

**关键词** 耕地地力评价; 栅格数据; GIS

中图分类号 S28 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2014)15-04813-03

## Evaluation of Cultivated Land Productivity Based on GIS

ZHANG Zhi-hong et al (School of Environment and Resource, Inner Mongolia University, Hohhot, Inner Mongolia 010000)

**Abstract** Using the spatial analysis function of GIS platform to evaluate the cultivated land fertility of Fengxiang County. AHP was used to determine the weights of evaluation indexes, fuzzy mathematics method was adopted to determine the index membership, weighted sum model was used to calculate the composite index of the fertility of arable land. The result shows the maximum and the minimum index of the farmland. The composite index is divided into four grades according to equal interval method. Also making a visualization about different grades of arable land distribution. The whole process is a successful use of GIS means in the field of agriculture. It's a make up for the evaluation unit size difference in vector process which can cause great errors. It can also avoid programming or using other system to compute the integrated fertility index.

**Key words** Evaluation of cultivated land fertility; Raster data; GIS

## 1 研究综述

近年来, 我国耕地质量和面积都不断下降<sup>[1]</sup>, 耕地资源已成为关系国民经济持续发展的重要的限制因素, 如何利用好现有耕地, 使其实现高产、可持续发展是关系国计民生的重大课题<sup>[2]</sup>。国内外存在不少利用 GIS 手段进行土地方面的工作, 第一个土地评价系统是从土壤的特征出发进行耕地潜力评价<sup>[3]</sup>, 之后遥感技术的发展使土地评价走向量化、计算综合化、精确化<sup>[4]</sup>, 且评价由一般目的走向特定目, 研究方法也更实用化<sup>[5]</sup>。Davidson. D. A<sup>[6]</sup>、V. J. Kollias<sup>[7]</sup>、T. R. Nisar Ahamed<sup>[8]</sup>等在 GIS 技术支持下用模糊数学方法进行了一系列土地评价。1984 年农业部建立了土地地力评价数据库<sup>[9]</sup>, 之后耕地评价研究向综合化、多元化、量化等方向发展<sup>[10]</sup>。2006 年建立起了各类型区耕地等级范围及基础地力要素指标体系, 旨在利用“3S”技术为农业资源的合理布局与可持续发展提供技术支持。

以往多数学者是将矢量图叠加, 以叠加产生的图斑为基础划分评价单元, 之后再与其他栅格图叠加进行耕地地力评价。由于研究区的面积很大, 不同类型的矢量图叠加产生的评价单元图斑太多并且大小不一, 与其他栅格图叠加时, 误差比较大; 耕地地力综合指数的计算要通过其他信息系统或另外编程实现, 评价单元的管理也比较复杂。基于 GIS 的空间分析功能, 采用模糊数学方法和栅格叠置方法进行耕地地力评价, 由于评价单元一致便于管理, 且参评指标不完全是定量指标, 采用模糊数学方法进行量化, 在 GIS 软件中建立模型来进行评价, 具有可行性。

## 2 基于 GIS 的耕地地力评价

### 2.1 栅格叠置分析 栅格图层叠置分析是利用某种计算模

型对不同栅格图层相同位置的像元值进行计算, 得到新的栅格图层<sup>[11]</sup>。耕地地力评价也是用多个因素图层来进行评价, 采用加权求和模型计算耕地地力综合指数, 参与模型计算的具体图层指标由专家给出。层次分析法是一种进行系统分析的数学工具, 在耕地评价这个复杂系统过程中被用来确定不同参评指标的权重。模糊数学方法是用来对模糊事物进行量化的方法, 这里用来确定评价因素不同值对应的隶属度。

**2.2 研究区情况与评价指标体系的建立** 研究区位于陕西关中平原西部, 总面积超过 1 000 多 km<sup>2</sup>, 地区地形总体上为北山南塬, 土地资源丰富, 属半湿润、半干旱暖温带季风气候。以该县土地利用等图件、第二次土地调查及政府相关部门的文字、统计资料、实地采样数据为实验数据来进行评价工作。

由省、市、县农业方面专家组根据当地实际情况, 据对耕地地力影响较大等原则且在全国耕地地力评价指标体系框架下投票选取了 14 个因素建立起当地耕地地力评价指标体系(图 1)。

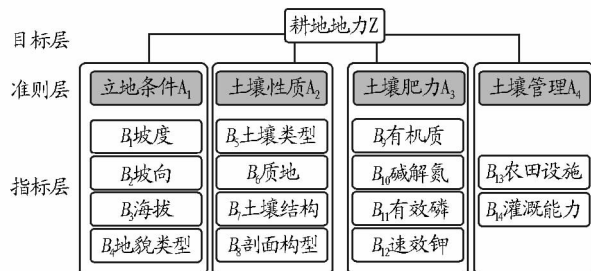


图 1 耕地地力评价指标体系

### 2.3 指标权重及隶属度的确定

**2.3.1 指标权重计算。** 根据层次分析法给出准则层 A 相对于目标层 Z 和指标层 B 相对于准则层 A 的对比较矩阵, 由矩

作者简介 张志宏(1991-), 男, 内蒙古乌兰察布人, 硕士研究生, 研究方向: 生态环境。

收稿日期 2014-04-28

阵的权向量计算出每个因素组合权重。当矩阵一致性检验均通过时,说明权重分配是合理的。由此方法得出所有指标的权重(表 1)。

表 1 评价因素组合权重计算结果

变量	权重	变量	权重
$B_1$	0.042 4	$B_8$	0.065 7
$B_2$	0.022 7	$B_9$	0.129 1
$B_3$	0.022 7	$B_{10}$	0.076 8
$B_4$	0.073 2	$B_{11}$	0.044 6
$B_5$	0.122 5	$B_{12}$	0.026 6
$B_6$	0.211 8	$B_{13}$	0.076 8
$B_7$	0.065 7	$B_{14}$	0.019 2

**2.3.2 隶属度确定。**由专家给出数量型指标的隶属度评估值,由此拟合出隶属函数,用来计算隶属度。隶属函数有 3 种类型,戒上型、直线型,概念性。有机质、碱解氮等养分指标与耕地地力之间的关系是戒上型,而海拔、坡度与耕地地力之间的关系是线性的,坡向、地貌类型、灌溉能力、土壤构型、农田基础设施、质地、土体构型的隶属类型为概念型。概念型指标隶属度由专家打分直接给出。戒上型和直线型由隶属函数计算出隶属度。戒上型隶属函数表达式为:

$$Y_i = \begin{cases} 0, & u_i \leq u_i \\ 1/[1 + a_i(u_i + c_i)^2], & u_i < u_i < c_i (i = 1, 2, \dots, n) \\ 1, & c_i \leq u_i \end{cases}$$

以有机质为例,其隶属函数为: $Y = 1/[1 + 0.017\ 653 \times (u_i - c)^2]$ ,其中  $c = 24.373\ 04$ 。

**2.4 数据库建立及数据预处理**

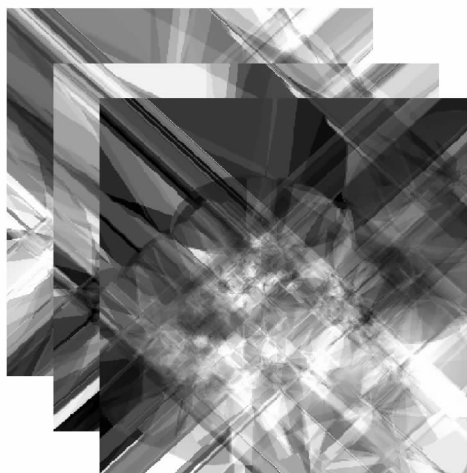
**2.4.1 数据库建立。**评价数据库的建立 ArcGIS 中进行,耕地评价涉及十几种图件,数据量较大,ArcGIS 为其提供良好的存储管理及运算平台。

**2.4.2 数据预处理。**评价中养分栅格图采用点位图进行克里金插值得到;海拔、坡度、坡向栅格图由 DEM 生成;质地、土壤结构、剖面构型是依不同土属而定,因此将土壤栅格图重分类得到这几个指标的栅格图;灌溉能力、基础设施配备随着地貌类型的不同而不同,由地貌类型栅格图重分类得到这两个指标栅格图。计算综合指数时的栅格值为指标的隶属度,养分指标的隶属度得出需要根据隶属函数在 ArcGIS 中进行栅格计算得到;海拔、坡度的隶属函数类型为线性,在软件中进行线性变换可得其隶属度;其他概念型指标在获取栅格图的重分类过程中直接将新值重分类为专家给出的隶属度即可。

**2.5 基于 ArcGIS 的实现过程及结果可视化** 由“2.4.2”可得到所有参与评价的指标的栅格图层如图 2(由于版面有限不一列举所有图层)。每个栅格图经过栅格计算或重分类将栅格值变为指标值对应的隶属度,之后进行综合指数的计算,这 2 个过程都通过 ArcGIS 的建模工具建立模型来进行,计算模型见图 3。



(a) 坡度、坡向、地貌类型等栅格



(b) 有机质、碱解氮等养分栅格

图 2 各评价指标的栅格图层

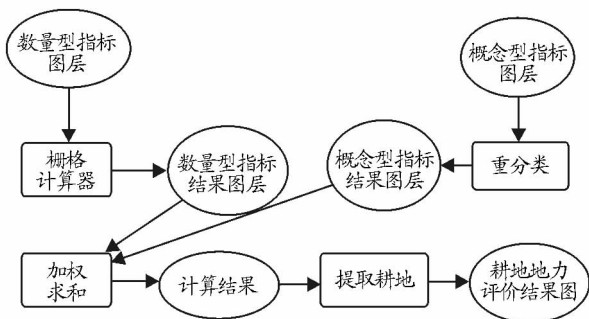


图 3 耕地地力综合指数计算模型

计算结果的综合指数分值为 20 ~ 80,采用等间距来进行等级的划分,制作评价结果专题图。专题地图主要有 7 种表示方法,在这里采取质底法来表示不同耕地地力等级的空间分布,遵循专题地图的图面配置原则设计地图符号、图例、注记、说明等。由于 ArcGIS 自带的地图符号不是很理想,采取系统本身图形编辑功能对符号进行二次设计,制作的耕地地力等级专题图如图 4。

**3 结语**

研究采用 GIS 的空间分析技术对地处黄土高原地貌复

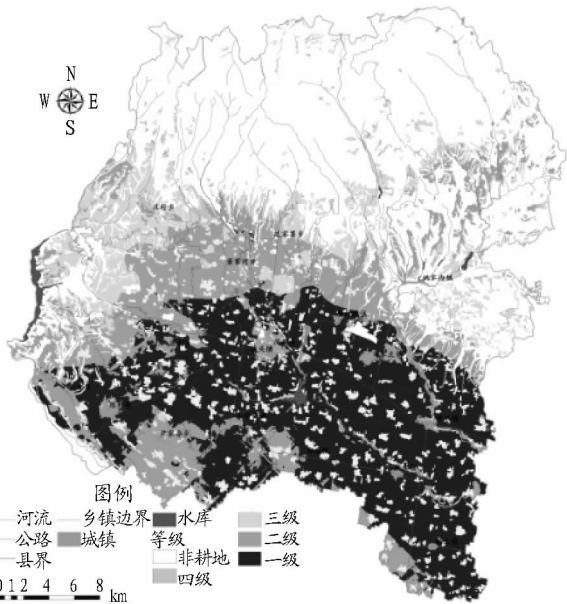


图 4 耕地地力等级专题图

杂区的某县进行了耕地地力评价,最终得出了该县的耕地地力综合指数,采取等间隔法将地力等级分为了 4 级(不同分级方法有着不同的结果),据此可以统计不同等级耕地面积。利用 ArcGIS 制作地力等级专题图,从而可以看出不同等级

(上接第 4812 页)

地区土地利用效益在疆内所处的水平。

**3.1 已利用效益比较分析** 2009 年标准时点变更数据可以看出,吐鲁番地区已利用土地(包括农用地和建设用地) 340 457.20  $\text{hm}^2$ ,土地利用率为 20.38%,低于自治区 2004 年 38.6% 的平均水平。2008 年吐鲁番地区生产总值 172.03 亿元,平均每公顷产值约 1.74 万元。也就是说,地区每形成 1 亿元产值需动用地 5 752.39  $\text{hm}^2$ ,远远低于自治区 2004 年 2.92 万  $\text{hm}^2$  的平均水平。

**3.2 农用地利用效益比较分析** 为便于与 2004 年《新疆土地资源利用效益研究》中全疆平均水平做对比,这里对比时根据地类转换标准,将现状分类中的相关二级类划入农用地范畴<sup>[9-10]</sup>。2008 年吐鲁番地区农业总产值 26.72 亿元,每公顷农用地平均产值为约 0.28 万元。也就是说,地区每形成 1 亿元的农业增加值需动用地 3.55 万  $\text{hm}^2$ ,远低于自治区 2004 年 14.20 万  $\text{hm}^2$  的平均水平。

**3.3 建设用地利用效益比较分析** 2009 年二次调查数据显示,吐鲁番地区建设用地总面积 18 249.42  $\text{hm}^2$ 。2008 年吐鲁番地区在建设用地上形成的第二、三产业总产值为 155.56

耕地的空间分布,由于资料收集及整个评价过程都是在国家现有标准下进行的,评价结果具有较高的科学性,可以为当地政府土地方面的政策制定提供参考。

#### 参考文献

- [1] 唐少深. 粮食安全与耕地的关系[J]. 生态环境, 2004(13): 149-150.
- [2] 高旺盛, 陈源泉, 杨世琦. 论新时期中国国情下的粮食安全观[J]. 粮食安全与农作制度建设, 2004(11): 19-22.
- [3] KLINGEBIEL L, MONTGOMERY P H L. Capability Classification (Agricultural Handbook) [M]. Washington DC: Department of Agriculture, USA, 1961.
- [4] KING J. Beyond Economic Choices - Population and Sustainable Development [M]. UNESCO, 1987.
- [5] 朱德举. 土地评价[M]. 北京: 中国大地出版社, 2002: 21-36.
- [6] DAVIDSON D A, THEOCHAROPOULOS S P, BLOCKSMA R J. A land evaluation project in Greece using GIS and based on Boolean and fuzzy set methodologies [J]. International Journal of Geographical Information System, 1994, 8: 369-380.
- [7] KOLLIAS V J, PKALIVAS D. The enhancement of a commercial geographical information system (ARC/INFO) with its fuzzy processing capabilities for the evaluation of land resources [J]. Computers and Electronics in Agriculture, 1998, 20: 79-95.
- [8] AHAMED T R N, RAO K G, MURTHY J S R. GIS-based fuzzy membership model for Crop - land suitability analysis [J]. Agricultural Systems, 2000, 63: 75-95.
- [9] 钟永红, 彭世琪, 崔勇. 全国土壤监测论文集[C]. 北京: 中国农业出版社, 2003.
- [10] 傅伯杰, 陈利项, 马城. 土地可持续利用评价的指标体系与方法[J]. 自然资源学报, 1997, 12(2): 112-118.
- [11] 刘南, 刘仁义. 地理信息系统[M]. 北京: 高等教育出版社, 2002.

亿元,每公顷建设用地平均产值约为 28.98 万元,约是自治区 2004 年建设用地平均产值 14.51 万元的 2 倍。地区每形成 1 亿元非农产值需用建设用地 345.02  $\text{hm}^2$ , 低于自治区 2004 年 689.3  $\text{hm}^2$  的平均水平。

#### 参考文献

- [1] 潘竟虎, 任皓晨, 赵军. 甘肃省土地利用状况的计量地理分析[J]. 农业系统科学与综合研究, 2007, 23(3): 377-382.
- [2] 任志远. 土地利用变化及驱动因素分析——以内蒙古准格尔旗为例[J]. 干旱区研究, 2003, 20(3): 202-205.
- [3] 李秀彬. 土地利用变化的解释[J]. 地理科学进展, 2002, 21(3): 195-203.
- [4] 新疆维吾尔自治区土地管理局. 新疆土地资源及利用[Z]. 1997.
- [5] 朱德举, 朱道林. 西部土地资源保护基本知识[M]. 北京: 中国大地出版社, 2001.
- [6] 吐鲁番地区统计局. 吐鲁番地区统计年鉴(2008 年)[M]. 北京: 中国统计出版社, 2008.
- [7] 中共吐鲁番地区委员会, 吐鲁番地区行政公署. 吐鲁番年鉴[M]. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 2007.
- [8] 新疆通志·土地志编纂委员会. 新疆通志(第 71 卷, 土地志)[M]. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 2005.
- [9] 吐鲁番地区地方志编纂委员会. 吐鲁番地区志[M]. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 2004.
- [10] 吐鲁番地区行政公署. 吐鲁番地区行政公署工作报告(2006-2009 年)[R]. 2006-2009.