

# 基于 GIS 陕西省区域经济发展环境的综合评价

宋丰骥, 付金霞, 常庆瑞

(西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100)

**摘要:**基于区域经济发展理论,以陕西省的 10 个城市为研究对象,构建区域经济发展环境评价指标体系,并采用熵权法确定各指标权重,运用 ArcGIS 9.2 空间分析与统计功能,对各城市经济发展环境进行综合评价。结果表明:西安的经济发展环境最好,区域经济发展环境综合评价指数处于第一级;其次为宝鸡、咸阳;榆林、渭南处于第三级;延安、汉中以及安康处于第四级;商洛、铜川处于第五级。利用 GIS 的技术优势,提高了区域经济发展环境综合评价的空间决策水平,其结果与实际比较吻合,能为陕西省区域经济发展战略提供科学指导和理论支持。

**关键词:**区域经济发展环境;地理信息系统(GIS);熵权法

中图分类号:F127

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2011)01-0037-05

## Comprehensive Evaluation on Environment of Regional Economic Development Based on GIS in Shaanxi Province

SONG Feng-ji, FU Jin-xia, CHANG Qing-ru

(College of Resources and Environment, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract:**Based on the theory of regional economic development, 10 cities of Shaanxi province were took as research objects and the evaluation index system of the regional economic developing environment was constructed. To calculate the weight of each index, the entropy weight method will be used. The spatial analysis and statistical function of the ArcGIS 9.2 were used to evaluate the regional economic developing environment in cities of Shaanxi province. The results indicated that: the regional economic developing environment of Xi'an is the best, and the comprehensive evaluation index level is in the first grade; Baoji, Xianyang followed Xi'an are in the second grade; Yulin, Weinan are in the third grade; Yan'an, Hanzhong, Ankang are in the forth grade; Tongchuan, Shangluo are in the fifth grade. By using the GIS technology, the space decision-making level of the comprehensive evaluation of regional economic developing environment will be improved, the results of the evaluation is consistent with the actual situation. The results will provide scientific guide and theory support for the strategy of regional economic development in Shaanxi province.

**Key words:**regional economic developing environment; Geographic Information System (GIS); entropy

目前,西方学者对于区域经济发展环境,还没有做出明确的表述,我国学者对于区域经济发展环境仍没有形成比较统一的概念,它的形成是在区域经济发展理论、可持续发展理论、环境经济学理论与区域竞争力理论等理论结合的基础上形成的<sup>[1]</sup>。国外有以马歇尔、索洛维为代表的新古典经济增长理论<sup>[2]</sup>;罗森斯坦—罗丹和诺克斯的均衡发展理论以及赫希曼的非均衡发展理论<sup>[3]</sup>;有布伦特兰夫人提出的“可持续发展”基本概念及原则<sup>[4-5]</sup>,还有迈克尔—波特的“竞争

优势”理论<sup>[6]</sup>;国内学者陆大道、魏后凯都先后对我国区域经济发展理论做了深入的研究<sup>[7]</sup>;米建国和李建伟<sup>[8]</sup>、蒋淑晴<sup>[9]</sup>、徐华<sup>[10]</sup>、徐康宁和施海洋<sup>[11]</sup>、宋小佳<sup>[12]</sup>、刘春方<sup>[13]</sup>等都对我国区域经济发展环境的内涵和分类指标体系以及评价系统做了很多研究。

区域经济发展环境评价大多采用传统评价方法,结合 GIS 技术做相关评价的比较少见。GIS 技术因其强大的空间分析功能,直观、快速高效等特性被广泛应用各类评价之中。本文拟从市域的角度,通过建立区

收稿日期:2010-07-09

修回日期:2010-09-02

资助项目:国家自然科学基金资助项目(30872073);陕西省自然科学基金资助项目(SJ08D08)

作者简介:宋丰骥(1986—),男,四川都江堰人,硕士研究生,主要从事遥感与 GIS 的应用研究。E-mail: fengjisong@163.com

通信作者:付金霞(1978—),女,甘肃靖远人,讲师,博士研究生,主要从事 GIS 在资源环境中的应用研究。E-mail: fujinxia405@nwsuaf.edu.cn

域经济发展环境的综合评价指标体系,并运用 GIS 的数据库、空间分析和可视化等技术,全面揭示陕西省各地区经济发展环境的差异,为制定陕西省区域经济与环境协调发展战略提供合理的理论支持和决策依据。

## 1 陕西省区域经济发展环境概况

陕西省地处我国西北地区东部的黄河中游,位于东经  $105^{\circ}29' - 111^{\circ}15'$ ,北纬  $31^{\circ}42' - 39^{\circ}35'$ ,居于连接中国东、中部地区和西北、西南的重要位置。全省总面积为 20.58 万  $\text{km}^2$ ,常住人口为 3 762 万人。陕西南北狭长,由北向南可分为地理、历史、文化、气候、语言、人种截然不同的三大地区:陕北、关中、陕南。

陕北包括延安和榆林两市,地处黄土高原丘陵沟壑区和毛乌素沙漠风沙区,土地面积占全省 39%,人口占全省 15%,属温带气候带,全年降水较少,气候干旱,产业以农牧业为主,工商业基础薄弱,交通条件还比较落后。陕北地区煤炭资源丰富,石油资源具有一定规模,天然气储量较大,是国家级能源基地。近年来随着油气资源的大规模开采,GDP 出现了快速增长,但人民生活水平还有待提高。

关中包括西安、宝鸡、咸阳、渭南、铜川五市,地处渭河平原和渭北高原,土地面积占全省 27%,人口占全省 63%,属温带季风气候带,水资源丰富,生产、生活环境较好。北部的渭北高原煤炭资源丰富,具有发展能源工业的条件;南部的渭河平原土地肥沃,适合高效立体农业发展。关中地区交通比较发达,全国东西部交通大动脉陇海铁路贯穿关中腹地,多条铁路交汇于西安、宝鸡。以西安为中心的关中城市群,是西部地区最大的工商业和科教文化基地,也是带动全省经济快速增长的主要区域。

陕南包括汉中、安康、商洛三市,地处秦巴山脉和山间盆地,土地面积占全省 34%,人口占全省 22%,属北亚热带季风气候带,气候湿润,降水较多,河网密度较大,水力资源丰富,森林植被繁茂,野生动植物和中药材种类繁多,生物资源丰富。目前,除了“三线建设”时期国家布局的几家国防科技工业、钢铁大工业之外,基本无现代工业,迄今为止,仍然是我国贫困县集中连片的贫困地区之一,人民生活水平低于全省平均水平。

## 2 指标体系的建立与数据采集

区域经济发展环境评价指标体系是一个包括自然、资源、经济、社会、文化等环境的复杂系统。根据陕西省区域经济发展环境状况,以西安、宝鸡、咸阳、铜川、渭南、汉中、安康、商洛、延安、榆林 10 个城市为研究对象,并借鉴有关研究成果<sup>[14-16]</sup>,依据指标选取的系统性和科学性、可比性和独立性、目标性和整体

性等原则,建立陕西省区域经济发展环境综合评价指标体系,包括资源环境、社会环境、经济环境 3 个一级指标,资源与利用、基础设施、经济规模等 8 个二级指标,以及水资源总量、工业废水排放量、全社会固定资产投资等 28 个具体指标。各指标的基础数据主要来源于 2005 年的《陕西省统计年鉴》<sup>[17]</sup>。在此基础上,构建基于 ArcGIS 的区域经济发展环境基础数据库。

## 3 数据预处理及权重的确立

在区域经济发展环境的综合评价中,各评价指标对区域经济发展影响程度各不相同。因此,在综合评价时不能平等对待,须选用一定的数量值来定量地描述各个指标的重要性状况,即赋权重。

权重的确定方法一般包括主观赋权法和客观赋权法,主观赋权法主要是由专家根据经验主观判断而得到,如 AHP 法、Delphi 法、专家评分法等,这种方法人们研究较早,也较为成熟,但客观性较差;客观赋权法是由各指标在评价中的实际数据组成,它不依赖于人的主观判断,因而此类方法客观性较强,如熵权法、标准离差法、CRITIC 法等<sup>[18]</sup>。

熵权法是利用指定指标的信息熵值来判断该指标的有效性和价值,它能够深刻地反映出指标信息熵值的效用价值,其给出的指标权重值比 AHP 法和 Delphi 法有较高的可信度。如果指标信息熵值越小,表明该指标的信息效用值越大,则其权重也越大;反之,指标信息熵值越大,则其权重也越小<sup>[19]</sup>。因此,本研究采用熵权法来确定评价指标的权重,主要包括以下四个步骤:

(1)原始数据矩阵进行标准化。设  $m$  个评价对象, $n$  个评价指标得到的原始数据矩阵为

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix}$$

用于测度环境质量的指标分为两种情况:越大经济发展环境越好的指标(如森林覆盖率)和越小经济发展环境越好的指标(如工业废水排放量)。为了综合评价,在对不同量纲指标的原始数据进行标准化处理时,应把所有的指标数值转换成统一的含义:使所有指标的数值越大反映经济发展环境越好,或使所有指标的数值越小反映经济发展环境越好。本研究采用前一种处理方法,具体的处理公式如下:

正向指标(越大越好)

$$r_{ij} = \frac{x_{ij} - \min_j \{x_{ij}\}}{\max_j \{x_{ij}\} - \min_j \{x_{ij}\}}$$

逆向指标(越小越好)

$$r_{ij} = \frac{\max_j \{x_{ij}\} - x_{ij}}{\max_j \{x_{ij}\} - \min_j \{x_{ij}\}}$$

原始数据标准化后得到矩阵  $R=(r_{ij})\ m\times n$ ,式中  $r_{ij}$  为第  $i$  个评价对象在第  $j$  个评价指标上的标准值。

(2)定义熵  $e_j$ 。在有  $m$  个评价对象,  $n$  个评价指标的评估问题中,第  $j$  个指标的熵定义为

$$e_j = -k \sum_{i=1}^m f_{ij} \ln f_{ij} \quad (i=1,2,\cdots,m; j=1,2,\cdots,n)$$

其中  $k>0$ ,为待定常数,与系统的样本数  $m$  有关,且  $e_j>0$ 。式中  $f_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sum_{i=1}^m r_{ij}}$ ,  $k = \frac{1}{\ln m}$ ,当  $f_{ij} = 0$  时,令  $f_{ij} \ln f_{ij} = 0$ 。

(3)计算差异性系数  $d_j$ 。某项指标的信息效用

价值取决于该指标的信息熵  $e_j$  与 1 之间的差值:  $d_j = 1 - e_j$ 。差异性系数  $d_j$  越大,说明该指标的信息效用值越大,则其权重也越大。对于一个信息完全无序的系统,有序度为零,其差异性系数为 0,对应熵值最大,即  $e_j = 1$ ,此时,该指标的信息效用值为 0。

(4)定义熵值  $w_j$ 。定义了第  $j$  个指标的熵之后,可定义第  $j$  个指标的熵值,即:

$$w_j = \frac{1 - e_j}{n - \sum_{j=1}^n e_j} \quad (j=1,2,\cdots,n)$$

根据熵权法原理,首先计算出资源环境、社会环境和经济环境等三个子系统中各指标的熵值和权重(见表 1),再计算整个环境评价指标体系中所有指标的熵值和权重(见表 2)。

表 1 不同环境评价指标熵值与权重

资源环境	资源与利用指标				气候指标		现状和治理指标				
	水资源	森林覆	耕地	建成区	年平均	年降	工业固体废物	工业废水	工业固体废物	工业废水	
	总量	盖率	面积	面积	气温	水量	排放量	排放量	处理量	处理量	
熵值	0.771	0.862	0.892	0.593	0.923	0.911	0.953	0.945	0.730	0.663	
权重值	0.130	0.078	0.062	0.232	0.043	0.050	0.027	0.032	0.154	0.192	
社会环境	人口指标				基础设施指标				人民生活水平指标		
	人口	非农业	人口自然	高校在校	用气普	万人拥有	公路	卫生机	居民人均	居民人均	城乡居民
	总数	人口	增长率	生人数	及率	公交车数	里程	构数量	可支配收入	消费支出	存款余额
熵值	0.903	0.679	0.918	0.421	0.946	0.856	0.934	0.858	0.867	0.861	0.401
权重值	0.041	0.136	0.035	0.246	0.022	0.061	0.028	0.060	0.056	0.059	0.255
经济环境	经济规模指标				经济繁荣指标						
	GDP	全社会固定	规模以上工业		全社会消费品		第三产业		人均	地方财政	
	总量	资产投资	企业数量		零售总额		所占比重		GDP	收入	
熵值	0.785	0.685	0.676		0.628		0.939		0.840	0.480	
权重值	0.109	0.160	0.165		0.189		0.031		0.081	0.264	

4 区域经济发展环境综合评价

对具有不同权重的输入图层按数学运算进行组合,就构成图层权重叠置模型。利用经济发展环境基础数据库生成各指标图层,将各指标图层乘以其权重叠置求和并除以图层权重和,得到陕西省经济发展环境的综合评价指数和各子系统即资源环境系统、社会环境系统、经济环境系统的评价指数,运用 ArcGIS 软件中的自然断点法进行评价指数分级,得到各评价指数分级图(见图 1)和分级表(见表 3)。

5 评价结果分析与对策建议

5.1 评价结果分析

由分析结果(图 1、表 3)可以看出陕西省各地区经济发展环境差异显著,关中地区明显好于陕北和陕南地区。

(1)西安的经济发展环境最好,其经济发展环境综合评价指数最高,范围为 0.381~0.881,同时经济

发展的资源环境、社会环境以及经济环境三项评价指数都是最高的,皆处于一级。现实情况也表明西安是陕西乃至整个西北地区的最大的枢纽性城市,也是中西部地区重要的科研、高等教育、国防科技工业和高新技术产业基地,拥有较强的工业基础和交通条件,城市基础设施,投资环境都明显好于其他城市。

(2)宝鸡和咸阳的经济发展环境仅次于西安,经济发展环境综合评价指数较高,范围为 0.218~0.381,等级为二级。虽然宝鸡的经济环境评价指数为一级,但资源环境和社会环境评价指数均为二级水平;咸阳的社会环境和经济环境评价指数都是二级水平,但资源环境评价指数为三级水平。这两个城市位于关中地区,并且距离西安都不远,区位和交通优势非常明显。宝鸡的工业基础雄厚,是国家“三线”建设时期的老工业基地;咸阳紧邻西安,受益于西咸一体化,并且拥有咸阳国际机场这样的航空枢纽,各项经济指标都较高。

表 2 综合环境指标熵值与权重

一级指标	二级指标	具体指标	熵值	权重值
资源环境指标	资源与利用指标	水资源总量	0.771	0.038
		森林覆盖率	0.862	0.023
		耕地面积	0.892	0.018
		建成区面积	0.593	0.067
	气候指标	年平均气温	0.923	0.013
		年降水量	0.911	0.014
	现状和治理指标	工业固体废物排放量	0.953	0.008
		工业废水排放量	0.945	0.009
		工业固体废物处理量	0.730	0.045
		工业废水处理量	0.663	0.055
社会环境指标	人口指标	人口总数	0.903	0.016
		非农业人口	0.679	0.053
		人口自然增长率	0.918	0.013
		高校在校生人数	0.421	0.095
	基础设施指标	用气普及率	0.946	0.009
		万人拥有公交车数	0.856	0.024
		公路里程	0.934	0.011
		卫生机构数量	0.858	0.023
	人民生活水平指标	居民人均可支配收入	0.867	0.022
		居民人均消费支出	0.861	0.023
经济环境指标	经济规模指标	城乡居民存款余额	0.401	0.099
		GDP 总量	0.785	0.035
		全社会固定资产投资	0.685	0.052
		规模以上工业企业数量	0.676	0.053
	经济繁荣指标	全社会消费品零售总额	0.628	0.061
		第三产业所占比重	0.939	0.010
		人均 GDP	0.840	0.026
		地方财政收入	0.480	0.085

(3)榆林和渭南的经济发展环境综合评价指数中等,范围为 0.184~0.218,等级为三级。榆林虽然资源环境条件好,但因其社会环境和经济环境居中,致使整

个区域经济发展环境也处于中等水平;渭南的资源环境、社会环境和经济环境评价指数均为三级水平。分析现实情况得出:榆林地区地处黄土高原北部,气候干旱,风蚀沙化和水土流失严重,且区位交通条件较差,工业体系单一,但是榆林有着丰富的煤炭和天然气资源,是正在建设的国家能源重化工基地,经济增长速度很快;渭南虽然工业规模偏小,实力不强,但农业资源得天独厚,是陕西乃至全国重要的商品农业基地。

(4)延安、汉中和安康的经济发展环境综合评价指数较低,范围为 0.103~0.184,等级为四级。在经济发展环境的综合系统中,延安的资源环境、社会环境和经济环境评价指数分别为四、三、二级;汉中的资源环境、社会环境和经济环境评价指数分别为二、四、三级;安康的资源环境评价指数很高,处于一级水平,但其社会环境和经济环境评价指数分别为四、五级。延安地处黄土高原,自然环境相对较差,水土流失严重,交通条件较差,但是延安有一定的石油和煤炭资源,并且作为革命胜地,延安有很多旅游资源,近年来经济发展比较快;汉中虽然是“三线”建设时期的重要城市,但是现在该市的工业发展滞后,直接影响其社会经济发展;安康地处秦岭山区,交通闭塞,社会和经济严重滞后。

(5)商洛和铜川的经济发展环境综合评价指数很低,范围为 0.084~0.103,等级为五级。这是因为商洛和铜川的资源环境、社会环境和经济环境都很差,二者在三个环境子系统的评价指数等级分别为三、五、五级和五、五、四级。这两个城市的区位交通条件、城市基础设施、投资环境等都相对较差,并且工业体系不完善,规模小,底子薄,导致这两个地区经济发展滞后。

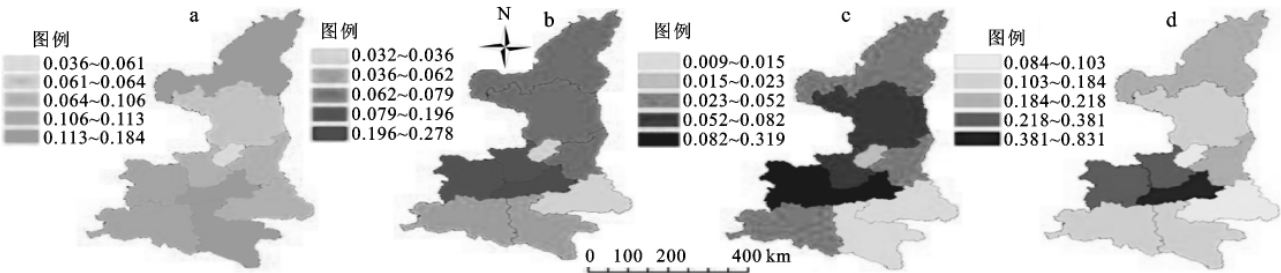


图 1 陕西省不同环境评价指数分级图

a——资源环境评价指数;b——社会环境评价指数;c——经济环境评价指数;d——经济发展环境综合评价指数

5.2 建议与对策

针对陕西省各地区经济发展环境出现的明显差异,各级政府应因地制宜地采取相应措施,加大各区域间的合作力度,做到优势互补,使得陕西省区域环境协调发展,避免各区域间的经济发展环境差异进一步扩大。

西安作为全省经济发展环境最好的地区,应抓住

西部大开发的有利时机,充分发挥其西北地区交通枢纽、科研院校集中、基础设施良好的综合优势,积极优化产业结构,大力发展高新技术产业和现代服务业,提高其对周边区域的经济辐射能力,带动整个关中和地区的发展。

宝鸡和咸阳同属关中地区,经济发展环境均较好。宝鸡应以陇海线为主要经济轴,发挥其老工业基

地的优势,努力发展新型制造业,充分利用丰富的人文和自然景观,使之成为陕、甘、宁边区的区域旅游中心城市。咸阳紧邻西安,应淡化两市的行政区划,加

快西咸一体化进程,利用西安咸阳国际机场所在地的优势,积极发展现代物流业和服务业,提高自身整体竞争力,建成在西部地区有较大影响的大城市。

表 3 陕西省区域经济发展环境评价指数分级

城市名称	资源环境评价指数		社会环境评价指数		经济环境评价指数		综合环境评价指数	
	范围	分级	范围	分级	范围	分级	范围	分级
西安	0.113~0.184	一级	0.195~0.378	一级	0.082~0.319	一级	0.381~0.881	一级
宝鸡	0.105~0.113	二级	0.079~0.195	二级	0.082~0.319	一级	0.218~0.381	二级
咸阳	0.064~0.105	三级	0.079~0.195	二级	0.052~0.082	二级	0.218~0.381	二级
榆林	0.113~0.184	一级	0.062~0.079	三级	0.023~0.052	三级	0.184~0.218	三级
渭南	0.064~0.105	三级	0.062~0.079	三级	0.023~0.052	三级	0.184~0.218	三级
延安	0.051~0.064	四级	0.062~0.079	三级	0.052~0.082	二级	0.103~0.184	四级
汉中	0.105~0.113	二级	0.036~0.062	四级	0.023~0.052	三级	0.103~0.184	四级
安康	0.113~0.184	一级	0.036~0.062	四级	0.009~0.015	五级	0.103~0.184	四级
商洛	0.064~0.105	三级	0.032~0.036	五级	0.009~0.015	五级	0.084~0.103	五级
铜川	0.036~0.051	五级	0.032~0.036	五级	0.015~0.023	四级	0.084~0.103	五级

榆林和渭南的经济发展环境中等,应各自发挥自身的优势。榆林有着丰富的煤炭和天然气资源,现已成为新兴的国家级能源重化工基地,但产业结构比较单一,应加大对资源产品的科研开发力度,提高附加值,积极发展与资源产品加工关联度较高的制造业。渭南的农业资源得天独厚,应巩固其农业的基础地位,大力发展渭南地区特色农业,建设关中地区优质的果业基地,继续发展以农副产品资源为主的加工工业。

延安、汉中和安康的经济发展环境处于中下等,这三个地区都应该加强基础设施建设,尤其是交通建设。延安有一定石油、天然气资源,应围绕能源开发,发展各种服务配套产业,而且作为革命圣地,延安有丰富的旅游资源,可以发展特色旅游产业,加快城市化步伐。汉中和安康同属陕南地区,长期以来发展滞后,政府需要加大财政支付力度,扶植该地区发展。与此同时,必须保护优质山水资源,科学的开发和利用旅游资源,并且大力发展秦巴山区特色种植业。

商洛和铜川的经济发展环境相对较差,商洛的农业及生态资源优势明显,应积极推进农业产业化,并大力发展农副产品加工产业,生态旅游也可作为商洛经济发展的主导产业。铜川应立足资源特点和产业基础,充分发挥自身优势,在巩固提高水泥、电解铝、陶瓷等传统支柱产业的同时,加快产业技术改造和资源型产业转型,提高可持续发展能力,建立关中地区北部具有特色的产业集群和重工业基地。

参考文献:

[1] 张燕. 西方区域经济理论综述[J]. 当代财经,2003(12): 51-54.

[2] 胡乃武,金碚. 国外经济增长理论比较研究[M]. 北京: 中国人民大学出版社,1990:61-63.

[3] 厉以宁. 区域发展新思路[M]. 北京:经济日报出版社, 2000:271-273.

[4] WCED. Our Common Future[M]. Oxford:Oxford University Press,1987:247-251.

[5] Sum M C, Hills P. Interpreting sustainable development [J]. Journal of Environmental Sciences, 1998, 10 (2): 129-143.

[6] 秉安,陈振华. 区域竞争力理论与实证[M]. 北京:航天工业出版社,2000:308-310.

[7] 尹子健. 区域经济发展理论研究综述[J]. 中国高新技术企业,2007(4):33-34.

[8] 米建国,李建伟. “十五”时期的中国经济发展环境[J]. 山东经济战略研究,2000(11):34-36.

[9] 蒋淑晴. 邓小平经济发展环境思想论略[J]. 安庆师范学院学报,2000,19(4):16-17.

[10] 徐华. 我国区域经济发展环境的分类与转型[J]. 中国经济问题,2002(2):38-40.

[11] 徐康宁,施海洋,臧新. 国内中心城市经济发展环境与城市竞争力比较研究[J]. 科技与经济,2001(5):28-32.

[12] 宋小佳. 21 世纪初期福建省经济发展环境分析[J]. 福建论坛,2000(6):34-35.

[13] 刘春方. 1998 年北京经济发展环境分析[J]. 北京房地产,1998(3):19-21.

[14] 文余源,邓宏兵,胡鹏,等. 基于 GIS 的湖北省县域农业投资环境评估与分区研究[J]. 华中师范大学学报:自然科学版,2002,36(3):365-369.

[15] 杜忠潮,张涛. 区域经济与环境协调发展度分析:以陕西省 10 市域为例[J]. 咸阳师范学院学报,2008,23(2): 69-73.

[16] 熊鹰,王克林. 基于 GIS 的湖南省生态环境综合评价研究[J]. 经济地理,2005,25(5):655-657.

[17] 陕西省统计局. 陕西统计年鉴[M]. 北京:中国统计出版社,2005.

[18] 王昆,宋海州. 三种客观权重赋权法的比较分析[J]. 技术经济与管理研究,2003(6):48-49.

[19] Mon D L, Cheng C H, Lin J C. Evaluating weapon system using fuzzy analytic hierarchy process based on entropy weight[J]. Fuzzy Sets and Systems,1994,62 (2):127-134.