

# 基于 NDVI 的农牧交错区植被覆盖度变化研究

## ——以宁夏盐池县为例

夏照华,张克斌,李 瑞,乔 峰

(北京林业大学水土保持学院,北京 100083)

**摘 要:**为了解农牧交错区植被覆盖度变化,以宁夏盐池县为例,基于 NDVI 和植被覆盖度遥感定量模型,提取了植被覆盖等级图。在此基础上对盐池县 1989 年、1999 年、2003 年的植被覆盖度等级图进行对比分析,结果表明两个时间段的植被覆盖度都呈增加趋势,后期(1999~2003 年)年均变化明显高于前期(1989~1999 年)年均变化,这主要归功于荒漠化治理措施(包括退耕还林、禁牧封育等)以及降水增加等多种因素。与此同时,在生态环境建设过程中,原有中、高覆盖度植被发生退化。因此,今后的治理工作应该加大对中、高覆盖度植被地区的保护工作。

**关键词:**NDVI;植被覆盖度;农牧交错区;遥感

**中图分类号:**X171.1

**文献标识码:**A

**文章编号:**1005-3409(2006)06-0178-04

## Study on the Change of Vegetation Fraction in Agro-pastoral Transition Area Based on NDVI

### ——A Case Study in Yanchi County ,Ningxia

XIA Zhao-hua ,ZHANG Ke-bin , LI Rui ,QIAO Feng

(College of Soil and Water Conservation ,Beijing Forestry University ,Beijing 100083 ,China)

**Abstract :**In order to understand the change of vegetation fraction in agro-pastoral transition area ,Yanchi county ,Ningxia was taken as an example. Based on NDVI and quantitative remote sensing model on vegetation fraction ,the grade map of vegetation fraction is extracted. Based on the analysing of the grade map of vegetation fraction in 1989 ,1999 ,2003 ,the results show that the vegetation fraction is increasing in this two period. The annual average change in later period(1999~2003)is more than that in early period (1989~1999) . It mainly attributes to desertification controlling measure (by converting cropland to forests ,closing and fencing and discontinuing farming and letting go out of cultivation) and increasing rainfall. Meanwhile ,in the process of ecological environment construction ,the middle and high grade vegetation fraction degraded. So ,more attention should be paid to the protection of the region with middle or high grade vegetation fraction.

**Key words :**NDVI;vegetation fraction ;agro-pastoral transition area ;remote sensing

农牧交错区,也称办农办牧区,是自然、历史、人为等诸多因素综合而形成的在土地利用方式上耕地与草地共存,在生产经营模式上农业与牧业并举的一种复合的生产、生活系统<sup>[1]</sup>。农牧交错区是我国荒漠化最为严重的区域之一<sup>[2~4]</sup>,其生态、经济环境极为脆弱,自然环境敏感性很强,承载力相对较小,退化趋势显著。关于植被对生态环境的指示作用,国内外已有学者进行过研究。近代科学的植被指示现象研究的创始人,美国植物生态学家克勒门认为,“每一个植物或群落是它生长其中的条件的尺度”<sup>[5]</sup>。换句话说,植物或植物群落可以判断它们生长于其中的生境条件<sup>[6]</sup>。在自然诸要素中,植被是依赖性最大的一个要素,它对其它要素(地形、地貌、土壤、水文条件、气候等)的改变最为敏感,所以它能很好的指示农牧交错区生态环境的变化<sup>[6]</sup>。因此,研究农牧交错区植被覆盖度的变化对于深入了解该区域的生态环境变化具有十分重要的意义。对于植被信息的提取,传统的

方法大多是依据地面样方来估算植被覆盖度。由于植被覆盖度具有显著的时空分异的特点,依靠传统的这种方法必须花费巨大的人力、财力而精度又不高<sup>[7]</sup>,不利于大范围、多时相的植被信息的提取,而采用遥感手段可以快速的提取大范围的植被信息。本文结合国家荒漠化定位监测项目,以全国荒漠化定位监测站、退耕还林示范县宁夏盐池县为例,主要采用多时相 TM 遥感影像数据,参考地面资料,借助遥感图像处理软件 ERDAS IMAGE8.7,提取盐池县不同时期的植被覆盖度等级图,定量分析评价盐池县植被覆盖度的多年变化,并对该区域生态环境的综合治理,提出合理的意见。

### 1 研究地区概况

盐池县位于宁夏回族自治区东部,坐标 N37°04'~38°10',E106°30'~107°41',总面积约 6 758.56 km<sup>2</sup>。盐池县北与毛乌素沙漠相连,南靠黄土高原,在地理位置上属于一个

\* 收稿日期:2005-11-27

基金项目:国家林业局荒漠化监测项目(660550);国家科技攻关项目:沙区大范围植被快速恢复技术研究(2005BA517A04)资助

作者简介:夏照华(1982-),男,硕士,主要研究方向:荒漠化防治;责任作者:张克斌。

典型的过渡地带。即:自南向北地形上是黄土高原向鄂尔多斯台地(沙地)过渡地带,在气候上是从半干旱区向干旱区的过渡地带,在植被上是从干草原向荒漠的过渡地带,在资源利用上是从农区向牧区过渡地带。这种地理上的过渡性造成了盐池县自然资源的多样性和脆弱性。

盐池县主要为剥蚀的准平原地形,全县地势南高北低,海拔高度在 1 295 ~ 1 951 m 之间,南北明显地分为黄土丘陵和鄂尔多斯缓坡丘陵两大地貌单元。该县属于典型中温带大陆性气候,年均气温 8.1 ,极端最高均温为 34.9 ,极端最低温为 - 24.2 ,年均无霜期为 165 d,年降水仅 250 ~ 350 mm,从南向北,从东南向西北递减。土壤类型以灰钙土为主,其次是黑垆土和风沙土,此外有黄土,少量的盐土、白浆土等。盐池县植被在区系上属于亚欧草原区亚洲中部亚区,中国中部草原区的过渡带。植被类型有灌丛、草原、草甸、沙地植被和荒漠植被。其中灌丛、草原、沙地植被数量较大,分布也广。盐池县内没有天然森林,只有少量人工林乔木林和大面积灌木林。草原分干草原和荒漠草原,群落中常见植物种类以旱生和中旱生类型为主。

2 研究方法

2.1 研究资料

主要包括 1989 年 8 月、1999 年 8 月、2003 年 8 月的 TM 影像、盐池县 1 : 10 万地形图。上述 3 个时期的遥感影像数据均摄于农作物、人工植被以及天然植被生长比较好的时期,对研究区的植被生长状况具有一定的代表性,不同时期的植被状况具有可比性。

2.2 图像数据预处理

图像数据的预处理包括遥感影像的几何校正,研究区的裁剪,不同时相遥感影像的直方图匹配等基础工作。根据盐池县 1 : 10 万地形图,对遥感影像进行几何校正,采用二次多项式拟和法进行影像配准,然后运用邻近点插值法进行重采样,误差控制在一个像元内。基于实际研究的需要,裁剪出盐池县所在区域。直方图匹配是对图像查找表进行数学变化,使一幅图像某个波段的直方图与另一幅图像对应波段类似,或使一幅图像所有波段的直方图与另外一幅图像所有对应波段类似<sup>[8]</sup>。通过直方图匹配可以部分消除由于太阳高度角或大气影像造成的研究区不同时相影像的效果差异。本次研究将 1989 年和 1999 年的影像与 2003 年的影像匹配。

2.3 NDVI 的计算及其与植被盖度的转换

NDVI 能更好的适应植被盖度稀疏,盖度差异悬殊的地区,兼之其应用广泛,其运算结果有较好的外延接轨前景,便于从其它应用效果中取得补充和印证<sup>[9]</sup>。因此,本次研究采用 NDVI。在 ERDAS IMAGE8.7 光谱增强中用 indices 命令对 TM 影像进行 NDVI 计算,得到研究区不同时相的 NDVI 灰度图。

植被指数反映了特定景观中群落面积同景观总面积的比例关系,也反映了植物群落层片结构的特点,即反映了植物的盖度分布,所以把植被指数转换为植被盖度等级,实际上是对植被指数进行综合和简化,对于植被面积变化的定量评价更为直观<sup>[9]</sup>。

关于植被指数转换成植被盖度的研究很多,相关遥感定量模型也很多,参考其他研究者的研究成果<sup>[7~12]</sup>,考虑到研究区现有资料,选用下面的模型<sup>[10]</sup>:

$$f_{ndvi} = \frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}}$$

式中: $f_{ndvi}$ ——植被覆盖度; $NDVI_{min}$ 、 $NDVI_{max}$ ——最小、最大归一化植被指数值。

考虑到遥感影像中不可避免的存在噪声, $NDVI_{min}$ 与 $NDVI_{max}$ 并不能直接取由 NDVI 灰度图统计出来的最大值与最小值<sup>[11]</sup>。本文对其取值时,取给定置信度区间的最大值与最小值。置信度的取值主要由图像大小、图像清晰度等情况来决定。为了便于比较,综合考虑研究去 3 个时相的影像,决定在 NDVI 频率累积表上取频率为 0.5 % 的 NDVI 为  $NDVI_{min}$ ,取频率为 99.5 % 的 NDVI 值为  $NDVI_{max}$ 。在 ERDAS IMAGE8.7 软件下通过 Modeler 实现植被覆盖度定量转换模型,得到不同时相的植被覆盖度灰度图。

2.4 植被覆盖度的分级

植被盖度的分级标准在一些文献中也提到过<sup>[6~14]</sup>,这些文献中关于植被覆盖度分级的阈值也不完全相同。参考这些文献中所提到的阈值,结合地面定位监测资料,制定盐池县植被盖度的分级标准为 0 ~ 10 %、10 % ~ 30 %、30 % ~ 60 %、60 % ~ 100 %,其目的在于为当地生态环境评价和管理服务。各覆盖度等级的植被所对应的地物如下:

级:植被覆盖度 0 ~ 10 %,对应于地面流动沙地、撂荒地、居民点、水域及交通用地等,属极低覆盖度植被。

级:植被覆盖度 10 % ~ 30 %,对应于地面半固定沙地、低产草地、疏林地、严重退化土地等,属低覆盖度植被。

级:植被覆盖度 30 % ~ 60 %,对应于地面固定沙地、中高产草地、林地、农田等植被,属中覆盖度植被。

级:植被覆盖度 60 % ~ 100 %,对应于地面固定沙地、优良草低、密灌地、密林地、优良耕地等,属高覆盖度植被。

在 ERDAS IMAGE8.7 软件下,通过专家分类器,依据植被覆盖度灰度值对其进行密度分割,并附与相应的颜色,得到不同时期的植被覆盖度等级图(图 1)。

在 ARCGIS9.0 空间分析模块下运用 Tabulate Area 工具,通过对 3 期植被类型图进行运算,可以得到 1989 ~ 1999 年、1999 ~ 2003 年期间各类植被之间相互转移的矩阵及各类植被的面积。

3 结果分析

3.1 不同时期植被盖度总体变化

从盐池县不同年份植被覆盖度等级图可以明显地看出近 14 年来,盐池县植被覆盖度总体呈现增长趋势,图上极低覆盖度植被(黑色部分)所占面积明显减少,而中、高覆盖度植被所占面积(深灰色部分)增加。可以看出盐池县荒漠化土地得到了很好的治理,植被覆盖度由低等级转变为高等级,南部黄土丘陵区植被状况明显好转。经过 14 年对荒漠化土地的治理,成片的荒漠化土地已经明显减少。

根据盐池县不同时期遥感影像对比得到的各类植被面积及其增减情况见表 1、表 2。从表 1 中可以看出,10 年间变化幅度最大的是第 类植被,其总面积从 133 077.46 hm<sup>2</sup> 减少到 88 259.31 hm<sup>2</sup>,总共减少 44 818.15 hm<sup>2</sup>。第 、 、 类植被面积都有不同程度的增加,分别为 32 098.30 hm<sup>2</sup>、10 514.34 hm<sup>2</sup>、2 205.51 hm<sup>2</sup>。尽管第 、 、 类植被面积总体来说是增加的,但是第 、 类植被转出、转入面积相差不大,这表明对这两类植被治理与破坏同时存在。

从表 2 中可以看出,第 、 类植被面积总共减少 54 363.75 hm<sup>2</sup>,而第 、 类植被面积呈现增加的趋势,其增量分别为 48 157.87 hm<sup>2</sup> 和 6 205.88 hm<sup>2</sup>。1999 ~ 2003 年间,变化最大的第 类植被,其次为第 类植被,变化最小

的是第 Ⅲ类植被。1999~2003 年间,第 Ⅰ、Ⅱ类植被转入、转出的面积数量相差较大,转入面积明显大于转出面积,表明这两类植被总体向好的方面转变。无论是 1989~1999 年期间,还是 1999~2003 年期间,研究区的植被状况都向好的

方向发展。就这两个时期而言,各类植被的变化程度均不一样。从表 1 和表 2 中的年均增减量可以看出 1999~2003 期间各类植被变化幅度明显高于 1989~1999 期间的变化幅度。

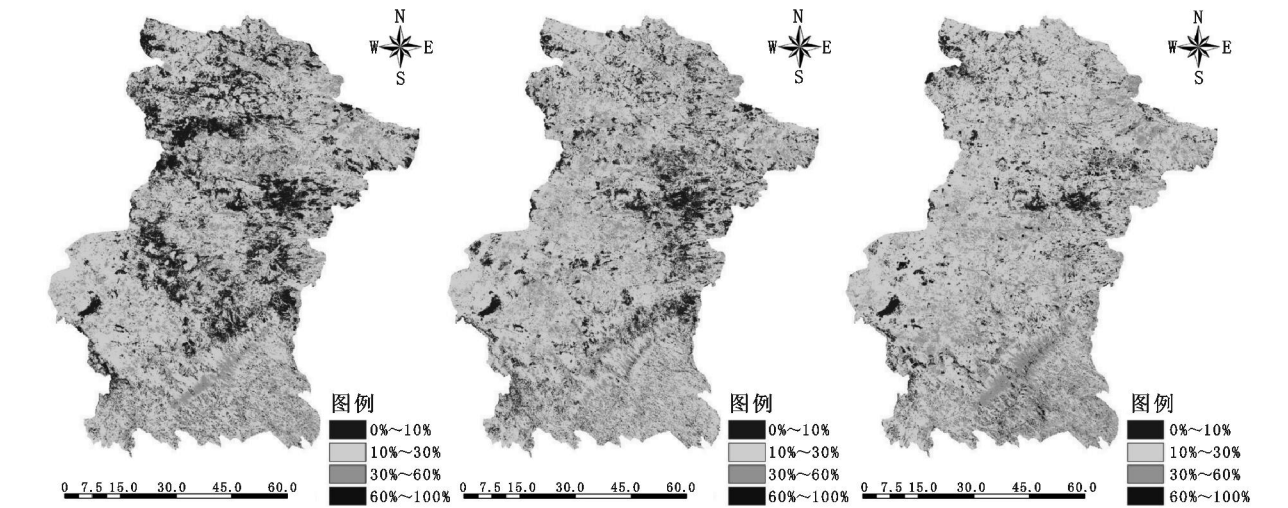


图 1 盐池县不同年份植被覆盖度等级图(1989 年、1999 年、2003 年)

表 1 盐池县 1989~1999 年各类植被面积的增减情况

	Ⅰ类	Ⅱ类	Ⅲ类	Ⅳ类
1989 年	133077.46	458553.85	81447.38	2777.31
转 入	39244.25	121610.21	61896.23	4627.66
转 出	84062.40	89511.91	51381.89	2422.15
1999 年	88259.31	490652.15	91961.71	4982.82
增 减	- 44818.15	32098.30	10514.34	2205.51
年均增减量	- 448.18	320.98	105.14	22.06

表 2 盐池县 1999~2003 年各类植被面积的增减情况

	Ⅰ类	Ⅱ类	Ⅲ类	Ⅳ类
1999	88257.78	490639.51	91973.32	4985.39
转 入	24939.09	104050.61	101689.03	9168.22
转 出	66137.23	117216.20	53531.16	2962.34
2003	47059.63	477473.91	140131.18	11191.27
增 减	- 41198.15	- 13165.60	48157.87	6205.88
年均增减量	- 10299.54	- 3291.40	12039.47	1551.47

注:表 1 和表 2 中关于 1999 年各类植被的面积存在一定的统计误差,误差较小,不影响结果分析。

3.2 不同类型植被间的动态变化

表 3 和表 4 给出了不同时间段植被变化转移矩阵。从表 3 可以看出,1989~1999 年间第 Ⅰ类植被中共有 63.17% 转移为第 Ⅱ、Ⅲ类植被,其主要转移为第 Ⅱ类植被。第 Ⅰ类植被转移较少,只有 19.52% 的植被转移为其他类别,主要向正向和负向转移,正向转移占 11.46%,负向转移占 7.57%。对于第 Ⅱ类植被而言,退化比较严重,约有 55.18% 的发生负向转移。类似的情况也出现在第 Ⅲ类植被,其主要向第 Ⅰ、Ⅱ类转移,分别占 34.25% 和 45.33%。以上分析表明,在 1989~1999 年期间的生态环境建设过程中一方面对第 Ⅰ类和第 Ⅱ类植被覆盖地区进行了治理,其成果也得到了一定程度的巩固,但是同时也有大量的第 Ⅲ、Ⅳ类植被覆盖地区生态环境发生了一定程度的退化。在生态环境建设过程中,原有的第 Ⅰ、Ⅱ类植被没有得到很好的保护。

从表 4 中可以看出,1999~2003 年期间,对原有的第 Ⅰ类

植被地区的治理力度依然很大,导致大量的第 Ⅰ类植被逐渐向第 Ⅱ、Ⅲ类转变。第 Ⅱ类植被主要发生正向转移,其转移到第 Ⅰ类植被的比例占 18.41%,转移到第 Ⅲ类植被的占 0.88%。第 Ⅲ、Ⅳ类植被的转移情况和 1989~1999 年期间的情况类似,依然是以负向转移为主,负向转移所占比例依然较大。

表 3 盐池县 1989~1999 植被变化转移矩阵 %

1989~1999	Ⅰ类	Ⅱ类	Ⅲ类	Ⅳ类
Ⅰ类	36.83	56.89	6.07	0.21
Ⅱ类	7.57	80.48	11.46	0.49
Ⅲ类	5.33	55.18	36.91	2.58
Ⅳ类	7.63	34.25	45.33	12.79

表 4 盐池县 1999~2003 植被变化转移矩阵 %

1999~2003	Ⅰ类	Ⅱ类	Ⅲ类	Ⅳ类
Ⅰ类	25.06	63.77	10.44	0.73
Ⅱ类	4.60	76.11	18.41	0.88
Ⅲ类	2.52	51.09	41.80	4.59
Ⅳ类	0.93	15.55	42.95	40.57

3.3 植被变化原因的分析

造成上述结果的主要原因是荒漠化治理措施(包括退耕还林、禁牧封育等)以及降水增加等多种因素。分析盐池县近年来荒漠化治理活动表明退耕还林、全县禁牧、人工封育以及大规模的治沙造林等活动对于植被的恢复起到了极大的作用。特别是自 2001 年国家退耕还林工程的实施以及自 2002 年 11 月 1 日全县范围内禁牧等荒漠化治理措施,对于植被恢复起到巨大的作用。统计表明,2001~2003 年,盐池县全县退耕还林面积统计达到 8.53 万  $\text{hm}^2$ ,加上日本财政贷款防沙治沙项目,国家在盐池县生态环境建设投入超过 4 000 万元,对于盐池县植被恢复起到了极大的推动作用。另外,由于宣传有力、执法严肃、管理得当,自禁牧政策实施以来,在盐池全县范围内基本上杜绝了放牧现象,这极大地促进草原建设,有效遏制土地荒漠化。总结分析盐池县 1999~2003 年期间植被覆盖度变化明显高于 1989~1999 年的原因,在充分肯定荒漠化治理措施的基础上,还应该全面准确分析气候因子特别是降水对植被覆盖度提高的作用。

经统计分析表明,在 1989 ~ 2003 年间降水峰值出现在 2002 年,2003 年降水也相对比较充沛。表 5 给出了盐池县多年平均降水量以及 2002 年和 2003 年实际降水状况。从表中可以看出,对于盐池县而言,2002 年和 2003 年是明显的丰水年,特别是 2002 年为典型丰水年,年降水量分别达到 399.8 mm、302.1 mm,比以往年份明显提高。2002 年全年降水量比多年降水量平均值多 121.3 mm,高出多年平均值的 42.2 %。特别是在支取生长季节,5 ~ 8 月降水量达 366.6 mm,高于多年降水量总量;2003 年全年降水量比多年降水量平均值多 14.6 mm,高出多年平均值的 5.1 %。植物生长季节 5 ~ 8 月降水量 215.4 mm,占多年平均降水量的 75 %。因此,在治理荒漠化政策的保障下,加上充沛的降水,使得盐池县 1999 ~ 2003 年期间的植被覆盖度明显高于 1989 ~ 1999 期间的植被覆盖度。

表 5 盐池县 2002/2003 年降水量变化 mm													
月降水量	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合计
多年平均	1.7	3.4	8.6	17.1	26.9	31.3	54.1	73.6	41.9	20	7.6	1.3	287.5
2002 年	1.0	2.3	2.6	27.3	62.9	111.9	56.9	33	91.1	5.2	0.1	5.5	399.8
2003 年	2.3	1.0	9.6	14.9	49.6	68.5	38.4	58.9	28.1	23.5	7.5	0.0	302.1

4 结 论

NDVI 监测表明,1989 ~ 2003 年,盐池县植被状况明显好转,全县成片荒漠化土地逐渐减少。通过对两个时段 1989 ~ 参考文献:

[1] 宝音,陶格涛,刘丹. 农牧交错带多伦县耕地变化及问题分析[J]. 内蒙古大学学报(自然科学版),2001,32(6):657 - 660.

[2] 杨泰运,陈广庭. 农牧交错地带土地生产力退化的初步研究[J]. 干旱区资源与环境,1991,5(3):75 - 82.

[3] 罗承平,薛纪瑜. 中国北方农牧交错带生态环境脆弱性及其成因分析[J]. 干旱区资源与环境,1995,9(1):1 - 7.

[4] 张兰生,方修琦,任国玉. 我国北方农牧交错带的环境演变[J]. 地学前缘,1997,4(1 - 2):127 - 135.

[5] 北京大学,等. 植物地理学(附植物学基础)[M]. 北京:人民教育出版社,1980. 139.

[6] 丁国栋. 区域荒漠化评价中植被的指示性及盖度分级标准研究 - 以毛乌素沙区为例[J]. 水土保持学报,2004,18(1):159 - 160.

[7] 牛宝茹,刘俊荣,王政伟. 干旱半干旱地区植被覆盖度遥感信息提取研究[J]. 武汉大学学报(信息科学版),2005,30(1):27 - 30.

[8] 党安荣,王晓栋,陈晓峰,等. ERDAS IMAGINE 遥感图像处理方法[M]. 北京:清华大学出版社,2003. 112.

[9] 丁建丽,塔西甫拉提·特依拜. 基于 NDVI 的绿洲植被生态景观格局变化研究[J]. 地理学与国土研究,2002,18(1):23 - 26.

[10] 赵英时. 遥感应用分析原理与方法[M]. 北京:科学出版社,2003. 387 - 398.

[11] 李苗苗,吴炳方,颜长珍,等. 密云水库上游植被覆盖的遥感估算[J]. 资源科学,2004,26(4):153 - 159.

[12] 顾祝军,曾志远. 遥感植被盖度研究[J]. 水土保持研究,2005,12(2):18 - 21.

[13] 卢中正,高会军,邱少鹏,等. 黄河上游及源头区植被覆盖度特征及环境影响遥感调查与研究[J]. 陕西环境,2001,8(4):36 - 38.

[14] 王晓慧,李增元,高志海,等. 沙化土地信息提取研究[J]. 林业科学,2005,41(3):82 - 87.

(上接第 177 页)

参考文献:

[1] 李智广,李锐,杨勤科,等. 小流域治理综合效益评价指标体系研究[J]. 水土保持通报,1998,18(7):71 - 75.

[2] 康玲玲,王云璋,王霞. 小流域水土保持综合治理效益指标体系及其应用[J]. 土壤与环境,2002,11(3):274 - 278.

[3] 王佑民. 黄土高原沟壑区综合治理及其效益研究[M]. 北京:中国林业出版社,1990.

[4] 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.

[5] 常茂德,赵诚信. 黄土高原地区不同类型区水土保持综合治理模式研究与评价[M]. 西安:陕西科学技术出版社,1995.

[6] 陈彭岑,于德广. 黄河中游多沙粗沙区快速治理模式的实践与理论[M]. 郑州:黄河水利出版社,1998.

[7] 孟庆枚. 黄土高原水土保持[M]. 郑州:黄河水利出版社,1996.

[8] 舒乔生,丁福俊,高鹏. 水土保持效益评价与预测系统的研究[J]. 水土保持科技,2000,(3):25 - 27.

[9] 王宏兴,王晓,杨秀英,等. 多目标决策灰色关联投影法在小流域水土保持生态工程综合效益评价中的应用[J]. 水土保持研究,2003,10(4):43 - 46.

[10] 吕锋,等. 多目标决策灰色关联投影法及应用[J]. 系统工程理论与实践,2002,(1):103 - 107.