

基于熵权法的南水北调西线工程 区生态环境综合评价

白艳芬^{1,2}, 马海州¹, 沙占江¹, 任小丽³

(1. 中国科学院青海盐湖研究所, 青海 西宁 810008; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049;
3. 新疆大学, 新疆 乌鲁木齐 830000)

摘要:在遥感和地理信息系统软件支持下, 提取并分析了参与研究区生态环境质量综合评价的6个参评因子: 海拔高程、土地覆盖类型、植被指数、植被净初级生产力、年均温度、年降水量诸自然环境因子的现状。通过熵权法确定6个参评因子的权重值, 建立研究区自然生态环境质量综合指标评价模型, 并利用该模型对南水北调西线一期工程区的自然环境进行定量分析。

关键词: 遥感; 地理信息系统; 熵权法; 生态环境综合评价

中图分类号: X 171 文献标识码: A 文章编号: 1008—858X(2008) 01—0012—05

1 研究区概况及数据来源

南水北调西线工程是将长江上游的水穿过巴颜喀拉山引入黄河上游, 以增加黄河干流水量, 其主要任务是向黄河上中游的青海、甘肃、宁夏、内蒙古、陕西、和山西六省(区)供水, 为该六省区的自然生态环境及经济发展提供必要条件^[1]。南水北调西线一期工程调水地区位于长江上游支流雅砻江、大渡河的上游地区, 地处四川盆地向青藏高原的过渡地带。研究区范围介于北纬 $31^{\circ}20'$ — $34^{\circ}40'$, 东经 $97^{\circ}58'$ — $102^{\circ}30'$ 之间, 面积约 $50\,575\text{ km}^2$ 。地貌类型复杂, 气候类型多样, 生态资源丰富, 具有独特的生态环境特征。区内地势西北高, 东南低。

本研究所用的基本数据为覆盖研究区的7景TM遥感影像, 同时结合高程数据、气温、降水、植被净初级生产力以及相关的各种文献、报告、图表等资料。

2 研究方法

2.1 图像预处理

本文利用遥感图像处理软件 erdas 8.6 和地理信息系统软件 arcgis 9.0 对研究区数据进行预处理, 包括以下几个部分:

(1) 遥感影像的几何精纠正和拼接处理。本文研究的区域覆盖了7景TM遥感影像, 首先利用 ERDAS 对每一幅影像进行几何精纠正, 在进行几何纠正时, 要选择足够数量的控制点, 纠正的误差应控制在一个象元之内, 并对图像进行拼接处理。

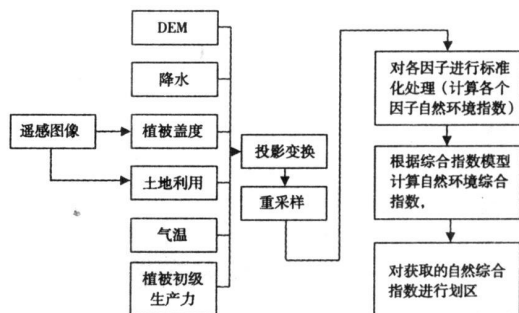
(2) 投影变化。由于原始数据投影方式的不同, 为了后面的处理与分析, 需对这些原始数据进行相同的投影变化, 本文统一采用的是 Albers conical equal area 投影。

(3) 提取研究区域。原始的遥感影像数据、覆盖全国范围的降水、气温等数据范围较大, 因此, 根据研究的需要, 对这些数据进行裁剪, 提取出研究所需的范围。

(4) 统一分辨率。对参与环境评价的各因子, 如海拔高程、气温、降水等数据, 使用克里格

插值法^[2], 对各因子进行重采样, 本文统一使用 100 米的空间分辨率。

具体的技术线路如下图所示:



2.2 自然环境因子现状分析

2.2.1 植被盖度分析

在遥感应用领域, 植被指数是一种反映地表植被信息的最重要信息源之一, 已经广泛的用来定性和定量评价植被覆盖及其生长状况^[3]。由于植被吸收红光波段的能量, 反射近红外波段的能量, 利用这两个波段可以反映植被指数。对 TM 影像数据, 选用 4、3 波段作为近红外和红外波段。利用归一化植被指数 (NDVI), 其标准算式如下:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED},$$

其中 NIR 代表红外波段, RED 代表近红外波段, 其计算结果限定在 $[-1, 1]$ 之间。

NDVI 的处理结果如图 1 所示:

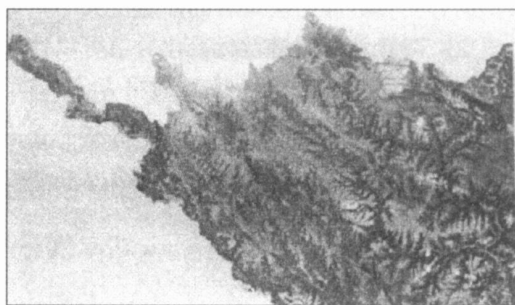
图 1 研究区 *NDVI* 图

Fig. 1 the *NDVI* value images of the studying area

经过遥感影像的预处理, 利用 Erdas 图像处理软件中的 indices 命令, 提取植被指数, 将植被指数应用于资源环境的监测和评价, 必须赋予 $NDVI$ 以植被盖度的含义, 由于植被指数

反映植被盖度的分布,同时也反映植物生物量的高低,所以把植被指数转化为植被盖度,是对指数进行综合和简化^[4]。根据提取的植被指数结合实地的考察将植被覆盖度划分为四个区域:1 高植被覆盖度 ($NDVI < -0.3$); 2 中高植被覆盖度 ($-0.3 < NDVI < -0.45$); 3 中植被覆盖度 ($-0.45 < NDVI < -0.5$); 4 低植被覆盖度 ($NDVI > -0.5$)。植被覆盖度结果如图 2 所示。

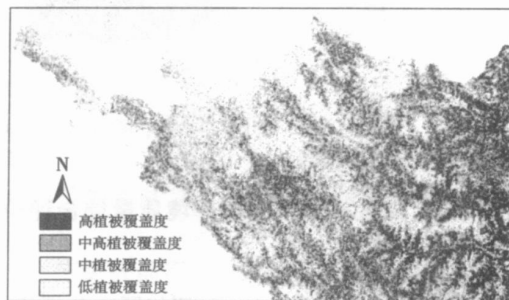


图 2 植被盖度等级图

Fig. 2 Grade map of the vegetation coverage

2.2.2 土地覆盖类型

对原始的 TM 遥感影像,经几何纠正、影像拼接、监督与非监督处理^[5],并结合实地考察,获得土地利用分类结果如下:林地、灌丛地、草地、沼泽地、荒草地、高山寒漠、耕地。土地覆盖类型如图 3 所示。

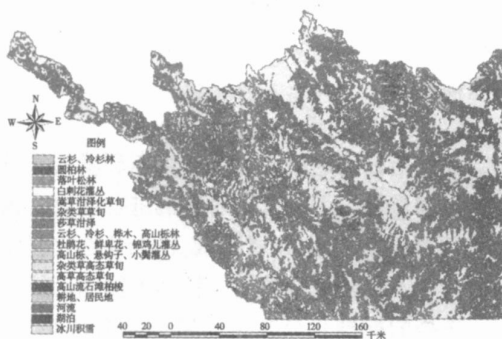


图 3 土地覆盖类型图

Fig. 3 Typemap of the the land coverage

2.2.3 海拔高度

海拔高度反映了研究区基本的地势特点,本研究以 1:100 万 DEM 数据为基础,利用 ARC/INFO 软件,利用重采样的方法,使每个单

元的分辨率是100 m× 100 m, 并划分海拔高程为五个不同的等级。

2.2.4 年均温度和年降水量

将降水量和气温进行 100m 分辨率的空间

克里格插值, 并划分等级, 获得工程区年降水量和年均气温分布图, 从图 4 中可以看出, 降水量从东到西逐渐减少, 气温也从南向北逐渐降低。

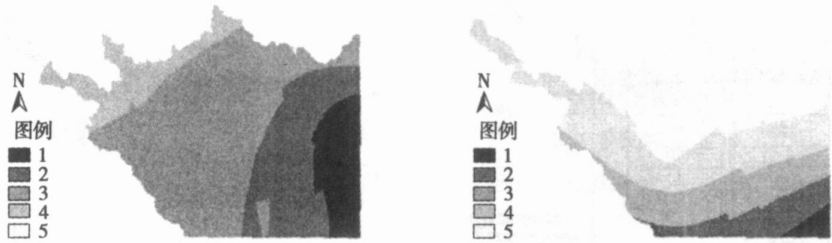


图 4 年均气温和降水图

Fig. 4 Map of the annual average temperature and precipitation

2.3 建立调水工程区生态环境质量综合评价模型

生态环境评价的方法多, 例如层次分析法, 均值模型法, 主成份分析法以及聚类分析等方法^[9]。但无论采用哪种评价方法, 都必须经过这样三个步骤: 1) 选择建立评价指标体系; 2) 确定指标体系中各因子的权重; 3) 选择评价模型计算其综合得分。

2.3.1 建立评价指标体系

以工程区生态环境综合评价为目标, 结合自然环境状况, 本文选取降水因子、土地覆盖类型、植被覆盖度、气温、植被初级生产力、高程六个指标, 建立南水北调西线工程区生态环境评价指标体系。

2.3.2 数据标准化

评价指标确定后, 由于各生态环境要素具有不同的量纲, 无法直接对他们进行评价, 因此需要通过标准化处理形成无量纲的数据结果。对于不同的专题数据, 针对不同的因子性质, 选择的标准化公式也不同, 对海拔高度、土地使用类型、植被覆盖度利用的标准化量化公式为

$$Y_i = \frac{E_i - E_{min}}{E_{max} - E_{min}} \times 10$$

反映自然环境因子指数 Y 随环境值 E 增大而增大。对降水、气温、植被净初级生产力因子, 利用的标准化公式为

$$Y_i = \left(1 - \frac{E_i - E_{min}}{E_{max} - E_{min}}\right) \times 10$$

反映自然环境因子指数随环境值 E 的增大而减小。

2.3.3 权重的确定

多指标综合评价问题的关键在于如何合理确定各个指标的权重。确定权重的方法分为主观赋权法和客观赋权法。主观赋权法有层次分析法、专家评分法等; 客观赋权法有熵权法、主成分分析法、标准离差法等。本研究采用熵权法确定各个因子的权重。熵权法^[7]是一种在综合各因素提供信息量的基础上计算一个综合指标的数学方法。作为客观综合定权法, 其主要根据各指标传递给决策者的信息量大小来确定权重。对统计数据进行标准化后就可以计算各指标的信息熵。第 j 个指标的熵 H_j 可以定义为 $H_j = -k \sum_{j=1}^m f_{ij} \ln f_{ij} \quad j=1, 2, \dots, n$, 其中 m 为被评价对象的数目, n 为评价指标的数目。式中, $f_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sum_{i=1}^m r_{ij}}$, $k = \frac{1}{\ln m}$, r_{ij} 表示第 i 个指标的第 j 个值。

在指标熵值确定以后就可以根据下面的式子确定第 i 个指标的熵权 W_i

$$W_i = \frac{1 - H_i}{n - \sum_{i=1}^n H_i}$$

利用 EXCEL 统计计算, 得到各个因子的熵权, 如表 1 所示。

表 1 评价指标的信息熵及其权重

Table 1 The information entropy and weights of the evaluation indexes

	气温	降水	<i>NPP</i>	<i>NDVI</i>	土地覆盖类型	<i>DEM</i>
熵 <i>H_j</i>	0.98	0.96	0.85	0.99	0.66	0.98
熵权 <i>W_i</i>	0.04	0.07	0.26	0.02	0.57	0.04

2.3.4 生态环境质量综合评价模型

通过对自然环境因子、海拔高度、土地覆盖类型、陆地植被净初级生产力、年均温度、年降水量的标准化处理,分析整个研究区域的自然环境生态状况,建立研究区综合自然环境指数公式为

$$E=\sum_{i=1}^6W_iY_i$$

2.4 研究区分级

对计算出的综合自然环境指数的分间分布情况,将其分为四级:

- 一级区:综合自然环境指数[0,4]
- 二级区:综合自然环境指数[4,6]
- 三级区:综合自然环境指数[6,8]
- 四级区:综合自然环境指数[8,10]

得出工程区综合自然环境指数分级分布图,如图 5 所示。

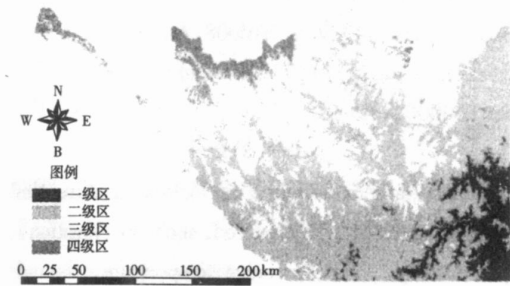


图 5 研究区生态环境质量综合分区图

Fig. 5 The division map of the eco-environmental quality of the studying area

对各综合自然环境指数分级进行空间统计分析,土地覆盖类型和植被覆盖度统计如表 2 所示:

一级区面积 $4.31\times10^3\text{km}^2$, 占工程区面积的 7.27%, 自然环境条件最好, 土地覆盖类型以林地为主, 植被覆盖度很好, 高植被覆盖度大于 82%;

二级区面积 $2.50\times10^4\text{km}^2$, 占工程区面积的 42.16%, 自然环境较好, 土地覆盖类型以林地、草甸草地为主, 植被覆盖度较好, 高植被覆盖度为 35%, 中植被覆盖度占 42% 以上;

三级区面积 $2.7\times10^4\text{km}^2$, 占工程区面积的 45.77%, 植被覆盖类型以草甸草地为主, 植被覆盖度一般, 中植被覆盖度约占该区的 60%, 以中、中高植被覆盖度为主;

四级区面积 $2.8\times10^3\text{km}^2$, 占工程区面积的 4.80%, 植被覆盖类型主要以高寒草甸为主, 植被覆盖度较差, 主要以中、低植被覆盖度为主, 合约占该区面积的 90%。

3 结论与讨论

应用遥感与地理信息系统技术,对南水北调西线工程区的遥感数据进行了空间信息的识别与分析,获得了该区地形地势、土地利用、植被覆盖度等自然环境因子,并结合国家基础地理信息库的气温、降水与高程数据,通过建立生态环境综合指数,计算出工程区自然生态环境综合指数空间分布情况,并将其划分为四个等级的区域,从空间统计分级结果看,综合环境自然环境指数一、二级最好,分布在工程区的东南部。三级是生态环境比较敏感区,四级区是自然生态环境较为脆弱的地区。

表 2 研究区植被覆盖等级统计表

Table 2 Grade statistic table of the vegetation coverage of the studying area

植被覆盖度	一级区		二级区		三级区		四级区	
	面积/ km ²	占该区面 积 /%	面积/ km ²	占该区面 积 /%	面积/ km ²	占该区面 积 /%	面积/ km ²	占该区面 积 /%
高植被覆盖度	3 538.79	82.11	8751.87	35.00	1 510.96	5.57	0.44	0.02
中高植被覆盖度	308.51	7.16	10 595.81	42.38	8 935.90	32.92	17.87	0.63
中植被覆盖度	453.89	105.31	5 564.91	22.26	16 129.60	59.43	2 252.47	79.18
低植被覆盖度	8.67	0.20	90.20	0.36	564.47	2.08	573.91	20.17

参考文献:

[1] 南水北调西线工程规划专题报告之四: 环境影响分析
[R]. 水利部、黄河水利委员会勘测规划设计研究院, 2001.

[2] 汤国安, 杨昕. ARCGIS 地理信息系统空间分析实验[M]. 北京: 科学出版社, 2006: 263—264

[3] 赵巧华, 何金海. 基于资源卫星图像对 NDVI 进行大气修正的一种简单方法[J]. 南京气象学院学报, 2003, 26 (2): 236—242

[4] 孙涛, 李纪人, 杜龙江. 塔里木河下游应急输水前后生态变化遥感监测分析[J]. 中国水利水电科学研究院学报, 2004, 2(3): 181.

[5] 赵英时, 等. 遥感应用分析原理与方法[M]. 北京: 科学出版社, 2003: 194—199.

[6] 戴西超, 张庆春. 综合评价中权重系数确定方法的比较研究[J]. 煤炭经济研究, 2003, 37.

[7] 杨慧娟, 李宁, 等. 气候变化对内蒙古牧区白灾的影响—基于熵权法分析的锡林浩特市案例研究[J]. 自然灾害学报, 2006, 15(6): 63

Comprehensive Evaluation of Eco-envirnment of the Western Route of the South-north Water Transfer Project Based on Entropy Method

BAI Yan-fen^{1,2}, MA Hai-zhou¹, SHA Zhan-jiang¹, REN Xiao-li³

- (1. Qinghai Institute of Salt Lakes, Chinese Academy of Sciences, Xining 810008, China;
2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;
3. Xinjiang University , Urumqi 830000, China)

Abstract: On the support of remote sensing and geographic information system software, six factors impacting the eco-environmental synthetic evaluation of the studying area were extracted and analyzed, such as elevation, land-cover type, vegetation index, vegetation net primary productivity, annual average temperature, annual precipitation and other factors of the environment status. The eco-environmental comprehensive evaluation of the studying area was carried out based on the comprehensive evaluation model. The results showed that the quality of the eco-environment in the western route of the south-north water transfer project was good in general, and in the space distribution, the quality of the eco-environment in the southeast was better than in the northwest, which was in agreement with the investigation results.

Key words: Remote sensing; GIS; Entropy method; Comprehensive evaluation of eco-environment