

Evaluation of the Degree of Desertification Degradation Based on Analytic Hierarchy Process

Jing Ren

The Institute of Statistics, Jiangxi University of Finance and Economics, Nanchang Jiangxi
Email: 895263203@qq.com

Received: Aug. 10th, 2016; accepted: Aug. 27th, 2016; published: Aug. 30th, 2016

Copyright © 2016 by author and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

In this paper, we study the degree of desertification degradation in three ways. This paper is based on Inner Mongolia Chinese mathematical data. The desert ecological degradation is analyzed. Firstly, we determine the assessment of degradation degree index system and hierarchical structure of the index system, which is divided into animal communities and plant communities. Secondly, we determine the index system by using the principal component analysis method. After establishing the evaluation index system, according to ecological degradation index formula, we standardize the initial data of the main indexes for the index system and calculate the weight of evaluation index on the final ecological degradation index by using the analytic hierarchy process. Finally, all degraded degrees in the form of interference are obtained through the core formula. In the end, rotational grazing compared to over grazing and reclamation of ecological degradation is not a particularly big impact. If in this form of grazing, it will improve the ecological environment of the desert.

Keywords

Ecological Degradation Index, Analytic Hierarchy Process, Principal Component Analysis, Weight Value

基于层次分析法的荒漠退化程度评价

任 静

江西财经大学统计学院, 江西 南昌

摘要

本文研究的是三种放牧方式下荒漠生态退化程度判定及改善退化问题。本文基于内蒙古数学中国数据，针对荒漠生态退化问题进行了分析，先确定评价退化程度的指标体系，分为动物群落与植物群落，再对其结构指标体系进行分层。利用主成分分析法对指标体系进行了最终确定；确定指标体系以后，根据生态退化指标公式对指标体系中的主要指标的初始数据通过极差法进行了标准化，并通过层次分析法计算了评价指标对最终的生态退化指数的权重；最后通过核心公式得到每一种干扰形式下的样地退化程度。最终发现轮牧相对于过牧与开垦而言对生态退化的影响不是特别大，如果能在这样的放牧形式下加以人工栽种则可以改善荒漠的生态情况。

关键词

生态退化指标，层次分析法，主成分分析，权重值

1. 引言

草原与荒漠都是生态中的一员，而牲畜与其他生物的生存与它们都是互相依赖的关系，而最近由于天灾与人为的原因使得土地沙化，沙层漫天，并且在草原与荒漠地区，放牧的形式却是生态退化的关键。应该采取何种放牧形式，以及各种放牧形式形成的后果会如何正是需要学者们研究的事情。基于内蒙古数学中国提供的数据，对于进行生态系统退化程度诊断需要解决以下几个问题：用什么样的标准来评价生态系统退化程度、诊断的途径有哪些、选择怎样的指标。经过初步分析，可以选择动物群落与植物群落的各自特征指标来作为初步评价指标，然后对指标进行筛选确定最终评价指标，再确定评价模型。学者们还需要思考应该如何进行植被建设，应该对其进行修剪或者是种植新苗应该以什么量，这些问题的解觉一定程度上要依赖于生态系统退化程度的诊断。

2. 层次分析法

2.1. 基本原理

层次分析法是根据问题的性质和所要达到的总目标，将问题分解为不同的组成因素，并按照因素间的相互关系将因素分为不同层次的集合，形成一个多层次的分析结构模型，从而最终是问题归结为最低层相对于最高层的相对重要权值的确定或者相对优劣的排定问题[1] [2]。

2.2. 步骤和方法

层次分析法的步骤分为四步：建立层次结构模型、构造成对矩阵、层次单排序及其一致性检验、层次总排序及其一致性检验。

建立层次结构模型就是将整体分为目标层、准则层(指标层)和方案层。目标层就是解决问题的目的，中间的准则层和指标层就是所运用的方法与措施。构造成对矩阵就是将指标层的指标两两互相比较，按照 Santy 的 1~9 标度方法来构造相对关系矩阵[3]。层次单排序及其一致性检验和层次总排序及其一致性检验都是为了确定下一级对上一级的权重大小[4]。

3. 荒漠生态系统退化评价体系

假设该荒漠生态系统内的结构成分为植物群落与动物群落，将三趾跳鼠，子午沙鼠，小毛足鼠的捕获率均看成是它们的生物量，而在考虑生物退化过程中，不对它们进行区别对待，而是将它们的生物量进行加总，形成动物生物量指标。又因为取样地点是分区域采样，所以也可以对其进行分块讨论，也就是对过牧、轮牧、开垦三种形式下的退化情况分别进行研究。

3.1. 生态系统退化评价指标建立的原则[5]

- 1) 综合性：要求所选的指标可以体现这复杂生态系统的全面情况。
- 2) 代表性：要求所选的指标能体现生态系统的主要特征。
- 3) 灵敏性：要求所选的指标能够对生态退化的程度作出灵敏的反应。
- 4) 层次性：要求所选的指标具有明确的分级。
- 5) 实用性：要求所选的指标是能够实际测量的，方便操作得到的。

3.2. 确定评价指标

3.2.1. 初步确定生态退化评价指标

通过以上的几个体系指标的选择原则，可以将评价体系指标结构分为三个层次。以生态退化指数(IED)作为总目标层，用以评价荒漠生态系统的退化程度。一级指标为准则层，是生态系统退化的直接表现，由生态系统的植物群落(A_1)与动物群落(A_2)这 2 部分构成；那么第二级指标就是子准则层，是对准则层的进一步分解，本文以草本高度(B_1)、草本盖度(B_2)、草本密度(B_3)、草本生物量(B_4)、灌木高度(B_5)、灌木盖度(B_6)、灌木密度(B_7)、灌木生物量(B_8)、动物生物量(B_9)这 9 个指标为初步指标，其层次结构如表 1。

3.2.2. 评价指标的筛选

考虑指标的综合性、代表性、灵敏性、层次性和实用性的原则，应对上述 9 个初选指标进行主成分分析来确定符合条件的最终评价指标。

第一步，对各个二级指标运用主成分分析方法，保留因子载荷量相对大的那些指标即可。第二步，在每一次进行主成分分析后，必须要保证选出的二级指标 $F > F_{0.05}$ ，这就是保证每一个二级指标组合起来以后能够在不同退化阶段间有显著差异。

3.2.3. 评价指标的最终确定

根据上述两步分析结果，确定最终评价指标如表 2。

4. 荒漠生态系统退化评价模型的建立

4.1. 评价指标数据的标准化

对于被选定做评价指标的指标数据，不能直接用原始数据来计算生态退化指数，且二级指标值(B_i)是退化评价指标体系的基础，应该采用极差法对其进行标准化[6]。根据指标在生态系统退化过程中的表现，本文采用了如下的方法进行分情况标准化。

- 1) 随着退化程度加剧，指标值减小时：

$$F(B_i) = \frac{B_{i\max} - B_i}{B_{i\max} - B_{i\min}} \quad (1)$$

Table 1. Index structure of ecosystem degradation assessment system
表 1. 生态系统退化评价体系指标结构

生态退化指数									
植物群落								动物群落	
草本植物				灌木植物					
高	盖	密	生物量	高	盖	密	生物量	生物量	

Table 2. Evaluation index of three kinds of forms
表 2. 三种形式下的评价指标

过牧	轮牧	开垦
灌木盖度	草本密度	灌木生物量
草本高度	动物生物量	草本盖度
灌木高度	灌木生物量	灌木盖度
草本密度	灌木盖度	

2) 随着退化程度加剧，指标值增大时：

$$F(B_i) = \frac{B_i - B_{i\min}}{B_{i\max} - B_{i\min}} \quad (2)$$

其中， $F(B_i)$ 表示二级指标各因子的标准化值， B_i 表示评价指标体系中各二级指标因子的实测样本值， $B_{i\max}$ 是第 i 项评价指标因子在所有退化过程中的最大值， $B_{i\min}$ 则表示第 i 项评价指标因子在所有退化过程中的最小值。经过分析可以知道给定各种指标与退化程度变化关系表 3。

由表 3 和公式(1)、(2)得到三种方式下的评价指标的标准化值。

4.2. 指标权重值的确定

对于这些指标权重的确定，本文采用了层次分析法来确定各二级指标因子在上一级指标中的作用大小，就是相对权重。

第一步，由表 1 所给相对关系构造对比较矩阵。

因为过牧与轮牧的评价指标都是 4 个，且都是按重要顺序排序，所以它们的成对比较矩阵都是相同的，而开垦则不同。

过牧与轮牧：

$$B = \begin{pmatrix} 1 & 3 & 5 & 7 \\ 1/3 & 1 & 3 & 5 \\ 1/5 & 1/3 & 1 & 3 \\ 1/7 & 1/5 & 1/3 & 1 \end{pmatrix}$$

开垦：

$$B = \begin{pmatrix} 1 & 3 & 5 \\ 1/3 & 1 & 3 \\ 1/5 & 1/3 & 1 \end{pmatrix}$$

第二步，用 MATLAB 软件计算出矩阵的最大特征值与权重向量。

根据 $B\omega = \lambda\omega$ 可以算出权重向量，其中 λ 是矩阵的最大特征值，权重向量的各个分量即是各二级指标对综合指标的权重值。计算出各矩阵权重向量如表 4。

4.3. 综合退化评价模型

在确定了相对权重后，本文构建了如下的荒漠生态系统退化综合评价模型：

Table 3. The relationship between the evaluation indexes and the degree of degradation
表 3. 各评价指标与退化程度的变化关系

退化程度 加剧	草木高度	草木盖度	草木密度	草木生物量	灌木高度	灌木盖度	灌木密度	灌木生物量	动物生物量
	↓	↓	↓	↓	↑	↑	↑	↑	↑

Table 4. Weight value of evaluation index to comprehensive index in different ways
表 4. 各方式下评价指标对综合指标的权重值

权重	过牧	轮牧	开垦
ω_1	0.60	0.60	0.65
ω_2	0.20	0.20	0.22
ω_3	0.12	0.12	0.13
ω_4	0.09	0.09	

$$IED_j = \sum_{i=1}^n F(B_{ij}) \times W(B_{ij}) \quad (3)$$

其中 IED_j 代表生态退化指数(index of ecological degradation, IED), $F(B_{ij})$ 是指第 j 样本中二级指标的标准化值, 即表 5 中的数值。 $W(B_{ij})$ 表示第 j 个样本中二级指标的权重值。

5. 退化评价等级与标准的确定

根据上述分析所得到的结果, 同时又参照各种综合指数的分组方法, 本文最终设计了一个受干扰的荒漠生态系统退化评价的五级分级标准, 并给出了相应的分级评价[7], 见表 5。

6. 模型的数据验证与结果

各样本地的指标综合得分结果如表 6 所示。

7. 结果讨论

由表 5 和表 6 我们可以得到在每一种干扰情况下荒漠生态系统退化程度等级的样地数量分布情况[8], 见表 7, 可以很好的分析出每一种干扰对生态的总体退化影响程度。

从表 6, 表 7 可以看出, 对于三种放牧方式荒漠退化程度表现为开垦 > 过牧 > 轮牧, 轮牧是根据植被恢复情况而合理的在几个草场中轮流放牧, 这样是在保护草原的基础上充分利用草原资源。过牧是过度放牧, 会破坏植被导致草场沙化。开垦是把荒地垦植为农田, 但是大多数时候在未充分准备的情况下容易适得其反, 促进沙化。所以可以得知表 6 的结果是合理的, 并且展示了每一个样本区在三种放牧形式下的退化程度。

由此可见, 在过牧与开垦这两种方式下, 90%以上的样地都因人为干扰而退化了, 轮牧相对这 2 者来说还比较好, 所以应该尽量采用轮牧形式放牧。轮牧相对于过牧与开垦而言对生态退化的影响不是特别大, 如果能在这样的放牧形式下加以人工栽种则可以改善荒漠的生态情况, 最后对每一种干扰下的退化程度进行了概括, 以数值的形式说明了各放牧形式的特点。

8. 放牧方式改善问题的分析

由上述内容可知, 可将过牧区, 轮牧区, 开垦区三个区的样本按 5 个退化等级分别归类, 对其样本指标分别进行求均值, 如表 8~表 10。然后比较 5 个等级中正常与其他 4 种退化程度的指标数量上的区别。若是与灌木指标有关则建议减少干扰让其自然恢复, 否则就应该人工种植草木。

Table 5. Grading standard

表 5. 分级标准

生态退化指标 IED	等级	退化评价
Index of ecological degradation	Classification	Evaluation
>0.75	I	极端退化
0.59~0.75	II	重度退化
0.52~0.59	III	中度退化
0.18~0.52	IV	轻度退化
<0.18	V	正常

Table 6. Degree of ecological degradation of desert

表 6. 荒漠生态退化程度总况

重复项	过牧 IED	轮牧 IED	开垦 IED
1	0.53	0.32	0.82
2	0.51	0.29	0.81
3	0.12	0.13	0.80
4	0.35	0.34	1.00
5	0.57	0.69	0.76
6	0.50	0.50	0.20
7	0.84	0.27	0.74
8	0.66	0.33	0.80
9	0.63	0.22	0.66
10	0.43	0.19	0.74
11	0.49	0.79	0.79
12	0.61	0.22	0.79
13	0.16	0.37	0.70
14	0.75	0.35	0.96
15	0.17	0.24	0.77
16	0.56	0.29	0.72
17	0.32	0.20	0.79
18	0.85	0.32	
19	0.38	0.92	
20	0.75	0.30	
21	0.37	0.30	
22	0.61	0.40	

Table 7. Quantitative distribution of the degree of ecological degradation in desert

表 7. 荒漠生态退化程度等级样地数量分布情况

	过牧	轮牧	开垦
极端退化	3	2	11
重度退化	5	1	5
中度退化	3	0	0
轻度退化	8	18	1
正常	3	1	0

Table 8. Mean table of degradation in pastoral areas

表 8. 过牧区的退化均值表

过牧	灌木盖度	草木高度	灌木高度	草木密度
正常	0.56	0.04	0.51	0.08
轻度退化	0.6	0.37	0.75	0.33
中度退化	0.4	0.06	0.77	0.13
重度退化	0.77	0.11	0.65	0.03
极端退化	0.68	0.12	0.79	0.3

Table 9. Mean table of degradation grazing area

表 9. 轮牧区的退化均值表

轮牧	草木密度	动物生物量	灌木生物量	灌木盖度
正常	0.28	0.01	0.98	0.99
轻度退化	0.25	0.29	0.86	0.83
极端退化	0.10	0.32	0.91	0.85

Table 10. Mean table of degradation in pastoral areas

表 10. 过牧区的退化均值表

开垦	灌木生物量	草木高度	灌木盖度
轻度退化	0.97	0.10	0.68
重度退化	0.98	0.09	0.88
极端退化	0.89	0.29	0.82

当处于轻度退化程度时，应对草木进行修剪，使其高度密度分别降低 0.23 和 0.25。并对灌木高度调整降低 0.24 当处于中度退化程度时，应对灌木高度进行调整降低 0.26。当处于重度退化程度时，应对灌木盖度及高度分别进行调整降低 0.21 和 0.14，并且还应该进行调整提高草本密度 0.05。当处于极端退化程度时，应对灌木盖度和高度分别进行调整降低 0.12 和 0.28。

当处于轻度退化程度时，应对草本密度提高 0.03，以种植草本为主；当处于极端退化程度时，应对草本密度提高 0.18，也应该种植草木，使其达到一定密度。

开垦区的破坏性最强，其原因是破坏了当地的生物链和生物系统，已经无法通过单一的自然恢复或者人工种植来恢复，应该结合其他两种放牧方式以及种植草木方式尽力挽救。

9. 结语

对于荒漠生态系统人为的适量干预有益于生态，但是过量的或者不适当的干预则会对生态造成一定程度的破坏。通过一些建立评价指标体系可以判断干预的好坏程度，评价方法除了层次分析法还有主成分分析以及因子分析等方法，其目的都是通过综合评价的手段来分析干扰。

参考文献 (References)

- [1] 申志东. 运用层次分析法构建国有企业绩效评价体系[J]. 审计研究, 2013(2): 106-112.
- [2] 王小云, 蓝少华. 档案信息质量评价之指标权重分析及运用——基于层次分析法[J]. 档案学通讯, 2010(1): 41-45.
- [3] 付爱红, 陈亚宁, 李卫红. 基于层次分析法的塔里木河流域生态系统健康评价[J]. 资源科学, 2009(9): 1535-1544.

-
- [4] 李艳利, 李东艳, 李艳粉. 层次分析法与模糊综合评价法在城市生态系统健康评价中的应用[J]. 广州环境科学, 2009(3): 39-44.
 - [5] 章家恩, 徐琪. 退化生态系统的诊断特征及其评价指标体系[J]. 长江流域资源与环境, 1999(2): 215-220.
 - [6] 杨娟, 李静, 宋永昌, 蔡永立. 受损常绿阔叶林生态系统退化评价指标体系和模型[J]. 生态学报, 2006(11): 3749-3756.
 - [7] 潘多锋. 三江源区“黑土型”退化草地的类型及等级划分标准研究[D]: [硕士学位论文]. 兰州: 甘肃农业大学, 2007.
 - [8] 耿涌, 王珺. 基于灰色层次分析法的城市复合产业生态系统综合评价[J]. 中国人口, 资源与环境, 2010(1): 112-117.

期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>