

## 第四届“互动出版杯”数学中国

### 数学建模网络挑战赛

#### 承 诺 书

我们仔细阅读了第四届“互动出版杯”数学中国数学建模网络挑战赛的竞赛规则。

我们完全明白，在竞赛开始后参赛队员不能以任何方式（包括电话、电子邮件、网上咨询等）与队外的任何人（包括指导教师）研究、讨论与赛题有关的问题。

我们知道，抄袭别人的成果是违反竞赛规则的，如果引用别人的成果或其他公开的资料（包括网上查到的资料），必须按照规定的参考文献的表述方式在正文引用处和参考文献中明确列出。

我们郑重承诺，严格遵守竞赛规则，以保证竞赛的公正、公平性。如有违反竞赛规则的行为，我们将受到严肃处理。

我们允许数学中国网站([www.madio.net](http://www.madio.net))公布论文，以供网友之间学习交流，数学中国网站以非商业目的的论文交流不需要提前取得我们的同意。

我们的参赛队号为：

参赛队员（签名）：

队员 1：刘亚亚

队员 2：李雪

队员 3：李晓晓

参赛队教练员（签名）：沈亮

参赛队伍组别：本科组

## 第四届“互动出版杯”数学中国

### 数学建模网络挑战赛

### 编号专用页

参赛队伍的参赛队号：（请各个参赛队提前填写好）：1437

竞赛统一编号（由竞赛组委会送至评委团前编号）：

---

竞赛评阅编号（由竞赛评委团评阅前进行编号）：

# 2011 年第四届“互动出版杯”数学中国 数学建模网络挑战赛

题 目 生物多样性的发展及保护

关 键 词 熵值法综合评价模型 归一化方法 层次分析法模型 生物多样性

## 摘 要：

本文主要使用了熵值法综合评价模型模型与层次分析模型。

对于问题一，主要解决依据可测量指标来估计某个地区生物多样性发展情况的问题。生物多样化包括物种多样性、遗传多样性、生态系统多样性。本文以安徽省为例，首先找到关于安徽生物多样性的12个可测量指标作为评价指标，通过归一化方法将找到的指标数据做进一步处理，得到相应的归一化数据。再通过熵值法综合考虑各项指标最终得出该地区生物多样性的综合评价指标。然后通过生物多样性指数计算方法将综合评价指标与归一化数据整合为生物多样性评估指标。最后将得到的结果与安徽实际的生态发展情况相对比来检测模型的准确性。经过检验该模型可以解决某地区生物多样性发展情况的问题。

对于问题二我们主要从研究地区的价值性入手，首先找到影响地区优先保护的主要因素，然后对每一个价值指标进行分析。然后我们建立层次分析法模型，将价值指标进行两两比较，综合各方面因素，从而得出价值指标以该地区的稀有物种数量为主，其次为林产品价值，并得到其它指标所占的比例。因此建立自然保护区应优先考虑该地区的稀有物种数量。

参赛队号 1437

参赛密码 \_\_\_\_\_  
(由组委会填写)

所选题目 B 题

## 英文摘要

In this paper, we introduce two major models: entropy comprehensive evaluation and the method of Hierarchical analysis.

For the first problem, the objective is to estimate the development situation in some place according to the index that can be measured. Biological diversity including Species diversity.

Genetic diversity and Ecosystem diversity. This article uses the example of Anhui province. First of all, we find twelve indexes that can be measured to be Evaluation indexes, use the normalized method to manage the indexes that we find. Then we can receive the normalized index. After that, through the method of Biological diversity index calculation, make the index of comprehensive evaluation and normalized data to the Biological diversity evaluation index. Finally, we got the result and we compare it with the Anhui's eco-planning situation. If they are similar, we can draw the conclusion that the model we built is right.

The second question, we mainly research the region's value. Firstly, we find the main factors which affect the regions' prior protection. Secondly, we analyze each factor. Thirdly, we build the AHP to compare the factors coupled and synthesize every factor. Then we got that the quantity of the rare species is the main factor, the value of the forest is secondary. And we also got the proportion of others. In conclusion, when we build the nature protection zone, we should consider the quantity of the rare species in this region.

## 一、问题重述及分析

### 1. 问题重述

2010年是联合国大会确定的国际生物多样性年。保护地球上的生物多样性已经越来越被人类社会所关注，相关的大规模科研和考察计划也层出不穷。为了更好地建立国际交流与专家间的合作，联合国还建立了生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台（IPBES）。然而在生态环境中，虽然某些地区的生物多样性较为丰富，但其整体处于退化的阶段，某些地区的生物多样性则能不断进行自我更新和扩张。

问题1：

请设计一个合理的估计方法，依据可测量的指标，估计某个地区的生物多样性的发展情况。

问题2：

建立自然保护区是保护地球上生物多样性的方法。每年都有许多地理区域申请建立自然保护区，但我们建立保护区的经费和能力有限，不可能建立太大范围的自然保护区。请你依据合理的数学模型，设计一个指标，综合各方面因素，以便评定应该优先保护哪些地区。并请你撰写一份报告，提交联合国环境规划署要求以非专业人员能够理解的方式，确切阐明评定优先等级的方法及其合理性。报告的长度限制在A4 纸张两页之内，独立于论文。

### 2. 问题分析

对于问题 1，我们首先去找到一个估计方法，建立合理的模型，然后我们利用一些可测量的指标，并且以安徽省为例来估计该地区的发展状况，然后与所查资料中安徽省生物多样性发展情况相对比。如果两者的生物多样性发展状况基本相同，则我们所使用的模型能够反映真实生物多样性发展情况。出于这个思路，我们通过查找资料知道生物多样性主要由遗传多样性、物种多样性、生态系统多样性三个组成部分，然后我们找到影响这三类的主要可测量指标和相应数据。因为森林生态系统是开放系统，也是典型的热力学系统，它在演替过程中，不可避免地要和周围环境进行物质、能量、信息交换，其熵值越大，表示多样性越丰富；熵值减少，则表示多样性减弱。因此我们考虑熵值法综合评价模型，然后用归一化模型计算多年内生物多样性指标，通过描点画图法即可看出生物多样性发展情况。

对于问题 2，由于地球上生物多样性整体目前呈现退化的阶段，因此建立自然保护区来保护地球上生物多样性，但是我们不能建立太大范围的自然保护区，因此我们根据地区的价值指标来评定优先等级。通过建立模型去分析不同的价值指标所占的比重，最终得出建立自然保护区应优先考虑的评定指标。

## 二、模型假设及符号的说明

### 2.1 模型假设

- (1) 搜集到的数据真实可靠，并且短时间内不会有太大变动。
- (2) 一切统计数据都要排除极端因素（如自然灾害）的影响。
- (3) 数据仅限于我国物种，不考虑国外特有物种。
- (4) 我们从网上得到的数据都具有真实性。

### 2.2 符号说明

$n$ ：生物多样性评价的三个方面

$m$ ：每个方面的指标

$x_{ij}$ : 第  $i$  方案的第  $j$  个指标的数值。 ( $i=1, 2, \dots, n$ ;  $j=1, 2, \dots, m$ )。

$p_{ij}$ : 第  $j$  项指标下第  $i$  个方面占该指标的比重

$e_j$ : 第  $j$  项指标的熵值

$g_i$ : 差异指数

$w_j$ : 权数

$s_i$ : 各个评价方面的综合得分

$S_i$ : 第  $i$  类林分类型或林产品的分布面积

$V_i$ : 第  $i$  类林分单位面积的净生长量或产量

$P_i$ : 第  $i$  类林分木材年蓄积量价值

$B$ : 生物量

$V$ : 材积

$W$ : 为涵养水源量 ( $m^3/a^1$ );

$R$ : 为平均降雨量 ( $mm/a^1$ );

$E$ : 为平均蒸发量 ( $mm/a^1$ );

$A$ : 为研究区面积 ( $hm^2$ )。

$V$ : 为森林增加地表有效水量价值;

$S_i$ : 为第  $i$  树种的面积;

$H_0$ 、 $H_i$ : 分别为对照地和第  $i$  树种单位面积的拦蓄降水能力;

$P$ : 为当前生活用水价格,

$V_s$ : 为净化水质价值;

$C$ : 为拦截降水量;

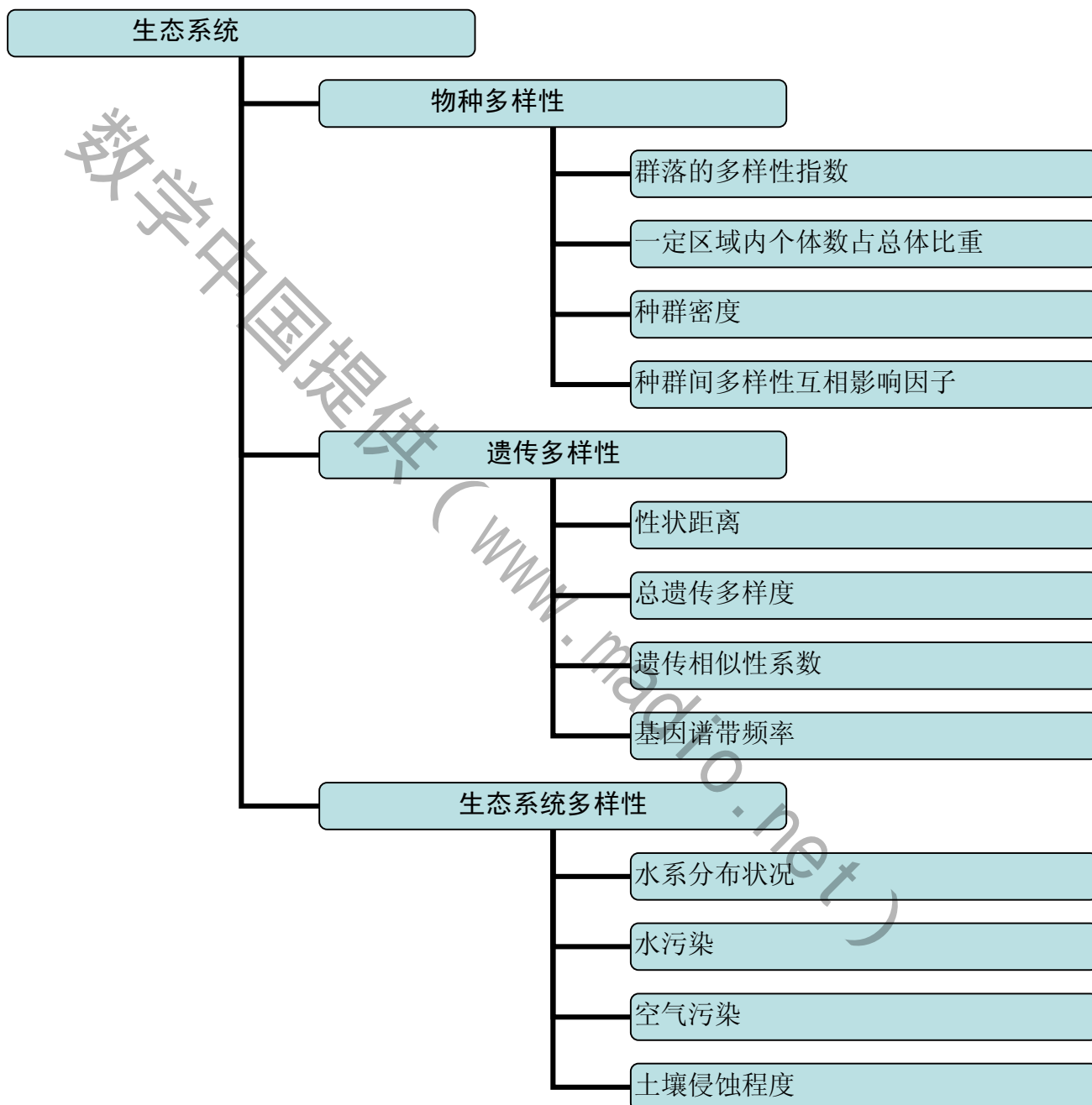
$K$ : 为单位体积水的净化费

$V_c$ : 为总养分积累价值;

### 三. 模型的建立与求解

问题 1:

针对问题 1，我们首先将生态系统进行分析并查阅资料得到下面的图：



1.3.1 由上图我们建立熵值法综合评价模型

(1) 计算第  $j$  项指标下第  $i$  个方面占该指标的比重：

$$p_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sum_{i=1}^n X_{ij}}, (i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, m) \quad \text{其中 } n \text{ 表示生物多样性评价的三个方面的方面，每个}$$

方面有  $m$  个指标，则  $x_{ij}$  为第  $i$  个方案的第  $j$  个指标的数值。 $(i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, m)$ 。

(2) 计算第  $j$  项指标的熵值。

$$e_j = -k \sum_{i=1}^m p_{ij} \ln(p_{ij}), \text{ 其中, } k > 0, k = 1/\ln(n), e_j \geq 0$$

(3) 计算第  $j$  项指标的差异系数。对于第  $j$  项指标，指标值的差异越大，对方案评价的作用就越大，熵值就越小。定义差异系数：

$$g_j = \frac{1 - e_j}{m - E_e}$$

式中  $E_e = \sum_{j=1}^m e_j, 0 \leq g_j \leq 1, \sum_{j=1}^m g_j = 1$ 。

(4) 求权数：

$$w_j = \frac{g_j}{\sum_{j=1}^m g_j} (1 \leq j \leq m)$$

(5) 计算各个评价方面的综合得分：

$$s_i = \sum_{j=1}^m w_j \cdot p_{ij} (i=1, 2, \dots, n)$$

### 1.3.2 归一化方法

使用归一化方法计算生物多样性指标，其中评价指标的归一化方法为：归一化后的评价指标=归一化前的评价指标×归一化系数，归一化系数=100/A 最大值，A 最大值：指某指标归一化处理前的最大值。

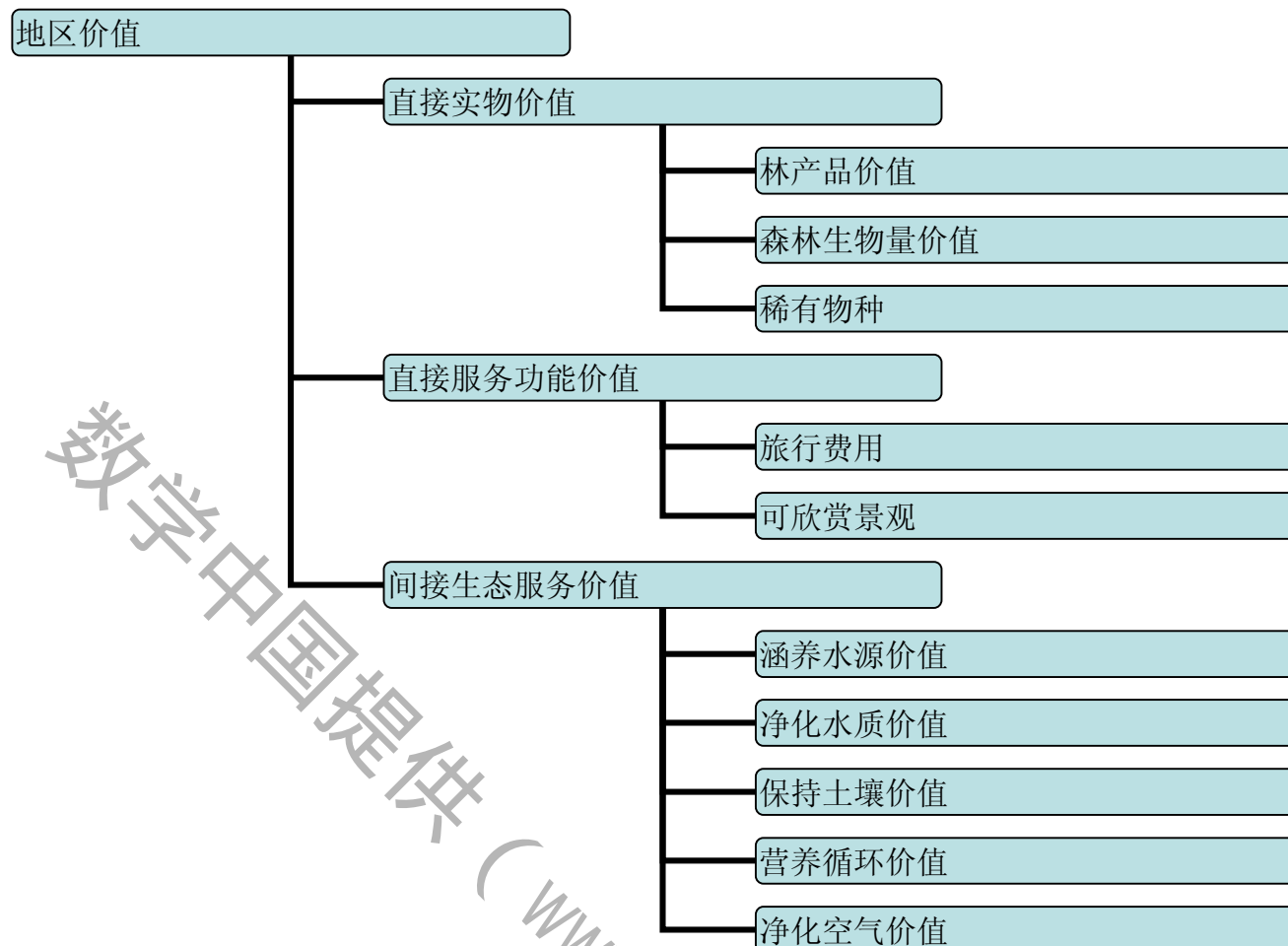
### 1.3.3 生物多样性评估指标

BI=归一化后的物种多样性×物种多样性熵值+归一化后的生态系统多样性×生态系统熵值+归一化后的遗传多样性×遗传多样性熵值。（该方法用到的 c 程序代码见附录 1）

## 问题 2:

我们从该地区的价值方面来研究，因此我们首先进行层次分析得到下面图形：





## 2. 1 直接实物价值

### 2. 1.1 林产品价值

采用市场价值法来评估其价值，
$$FP = \sum_{i=1}^n S_i \cdot V_i \cdot P_i$$

式中， $FP$  为区域生态系统木材价值； $S_i$  为第  $i$  类林分类型或林产品的分布面积； $V_i$  为第  $i$  类林分单位面积的净生长量或产量； $P_i$  为第  $i$  类林分木材年蓄积量价值。

### 2. 1.2 森林生物量价值

采用方精云等人建立的材积源生物量估算模型，结合保护区的实际情况，估算森林生物量价值。针阔混交林生物量与蓄积量回归方程如下：
$$B = 0.8019V + 12.2799$$
  $B$  为生物量 ( $t/hm^2$ )； $V$  为材积 ( $m^3/hm^2$ )。

## 2. 2 直接服务功能价值

采用旅行费用和可欣赏景观估算生态旅游价值引。

### 2. 3 间接生态服务价值

#### 2. 3. 1 涵养水源价值计算

采用水量平衡法来计算水源涵养量：水的价值采用替代工程法(或影子工程法)来计算，有  $W = A(R - E)$  式中  $W$  为涵养水源量 ( $m^3/a^1$ )； $R$  为平均降雨量 ( $mm/a^1$ )； $E$  为平均蒸

发量( $mm/a^1$ )； $A$ 为研究区面积( $hm^2$ )。

森林增加地表有效水量的价值可用下式计算： $V = P \sum_{i=1}^n S_i (H_i - H_0)$  式中， $V$ 为森林增加

地表有效水量价值； $S_i$ 为第 $i$ 树种的面积； $H_0$ 、 $H_i$ 分别为对照地和第 $i$ 树种单位面积的

拦蓄降水能力，单位 $m^3/hm^2$ ； $P$ 为当前生活用水价格，取2.0元/ $m^3$ 。

### 2.3.2 净化水质价值计算

采用替代工程法来计算。公式如下：

$V_s = C \cdot K$   $V_s$ 为净化水质价值； $C$ 为拦截降水量； $K$ 为单位体积水的净化费。

### 2.3.3 保持土壤价值计算

森林保持土壤的价值可从减少土壤肥力损失和减免泥沙淤积及滞留两个方面加以考虑。

### 2.3.4 营养循环价值计算

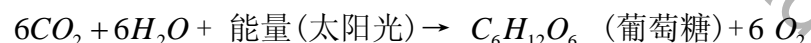
营养循环价值主要计算林分持留养分的价值，林分养分积累总价值取决于森林面积、单位森林面积养分持留量以及养分(N、P、K)的市场替代价格。

$$V_c = \sum_{i=1}^n A_i M_{ip} \sum_{j=1}^n A_j (N_j + P_j + K_j) P$$

式中： $V_c$ 为总养分积累价值； $A$ 为林分面积( $hm^2$ )； $P$ 为N、P、K的市场替代价格； $i$ 为林分( $i=1$ )； $M$ 为单位面积的养分持留量(N、P、K)。

### 2.3.5 净化空气价值计算

主要采用影子价格法来计算。森林植被以吸收 $CO_2$ 和水为原料在光合作用下，释放 $O_2$ ，生成葡萄糖。反应方程式如下：



对于单个的指标我们可以得出数据，但是我们需要找到一个综合的指标来评定优先等级，因此在此基础上我们利用层次分析法建立模型，找到这样一个指标。

层次分析法在对复杂的决策问题的本质、影响因素及其内在关系等进行深入分析的基础上，利用较少的定量信息使决策的思维过程数学化。尤其适合于对决策结果难于直接准确计量的场合。物种多样性评价中各个二级因素之间相互制约、相互影响，具有复杂的联系，只能进行定性的分析，且其对于主要因素的作用难以量化。可以利用层次分析法，通过对物种多样性评价中各个二级因素之间定性的比较得到各二级因素对于主要因素的影响权重。

对同一层次各元素关于上一层中某一准则的重要性进行两两比较，构造两两比较的判断矩阵，同时我们需要根据下表列出矩阵：

## 参赛队号#1437

标度	含义
1	表示两个因素相比，具有同样重要性
3	表示两个因素相比，一个因素比另一个因素稍微重要
5	表示两个因素相比，一个因素比另一个因素明显重要
7	表示两个因素相比，一个因素比另一个因素强烈重要
9	表示两个因素相比，一个因素比另一个因素极端重要
2, 4, 6, 8	上述两相邻判断的中值
倒数	因素 i 与 j 比较的判断 $a_{ij}$ ，则因素 j 与 i 比较的判断 $a_{ji}=1/a_{ij}$

优先选择保护区	直接实物价值	直接服务功能价值	间接生态服务价值
直接实物价值	1	1/5	1/3
直接服务功能价值	5	1	2
间接生态服务价值	3	1/2	1

$$X_0 = \begin{bmatrix} 1 & 1/5 & 1/3 \\ 5 & 1 & 2 \\ 3 & 1/2 & 1 \end{bmatrix}$$

直接实物价值	林产品价值	森林生物量价值	稀有物种
旅行费用	1	5	9
涵养水源价值	1/5	1	4
净化水质价值	1/9	1/4	1

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 5 & 9 \\ 1/5 & 1 & 4 \\ 1/91 & 44 \end{bmatrix}$$

直接服务功能价值	旅行费用	可欣赏景观	提供工农业生产原料	净化水质价值	营养循环价值
旅行费用	1	5	1	9	9
可欣赏景观	1/5	1	1/5	4	4
提供工农业生产原料	1	1/4	1	9	9
净化水质价值	1/5	1/4	1/9	1	1
营养循环价值	1/9	1/4	1/9	1	1

$$B = \begin{bmatrix} 1 & 5 & 1 & 9 & 9 \\ 1/5 & 1 & 1/5 & 4 & 4 \\ 1 & 5 & 1 & 9 & 9 \\ 1/5 & 1/4 & 1/9 & 1 & 1 \\ 1/9 & 1/4 & 1/9 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

间接生态服务价值	涵养水源价值	保持土壤价值	营养循环价值	净化水质价值	净化空气价值
涵养水源价值	1	5	3	9	7
保持土壤价值	1/5	1	1/3	5	3

营养循环价值	1/3	3	1	7	5
净化水质价值	1/9	1/5	1/7	1	1/5
净化空气价值	1/7	1/3	1/5	5	1

$$C = \begin{bmatrix} 1 & 5 & 3 & 9 & 7 \\ 1/5 & 1 & 1/3 & 5 & 3 \\ 1/3 & 3 & 1 & 7 & 5 \\ 1/9 & 1/5 & 1/7 & 1 & 1/5 \\ 1/7 & 1/3 & 1/5 & 5 & 1 \end{bmatrix}$$

对于主要因素的三个方面物种、遗传、生态系统多样性对于生物多样性的影响，其权重暂定为相当，即 $W = (1:1:1)$ ，此数值在科考应用过程中可不断调整以使对目标指数的评估达到最优。A, B, C均为正互反矩阵，通过matlab计算

得到最大特征值 $\lambda_{A_{\max}} \approx 3.0713, \lambda_{B_{\max}} \approx 5.1032, \lambda_{C_{\max}} \approx 5.3672$

相应的特征向量通过和法编程归一化有

$$W_0 = (0.648 \quad 0.230 \quad 0.122)$$

$$W_A = (0.735190 \quad 0.199419 \quad 0.065391)$$

$$W_B = (0.402094 \quad 0.117085 \quad 0.402094 \quad 0.039363 \quad 0.039363)$$

$$W_C = (0.498192 \quad 0.131690 \quad 0.256587 \quad 0.032616 \quad 0.080915)$$

根据一致性检验公式 $CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$ ,  $CR = \frac{CI}{RI}$ 以及Saaty给出了RI值，如下表

$n$	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$RI$	0	0	0.58	0.90	0.12	1.24	1.32	1.41	1.45

得到一致性指标：

$$CI_1 = 0.0356, CI_2 = 0.0356, CI_3 = 0.0356$$

$$\text{一致性比率指标 } CR_1 = 0.0614 < 0.1, CR_2 = 0.0614 < 0.1, CR_3 = 0.0614 < 0.1$$

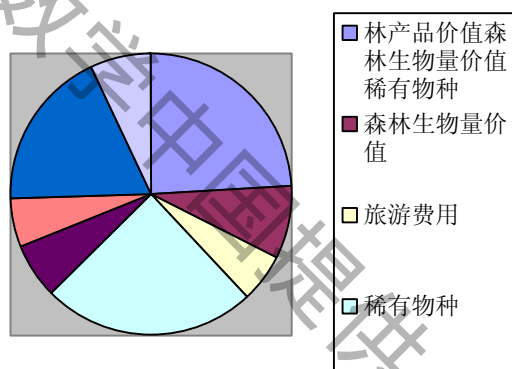
于是 $W_A, W_B, W_C$ 可作为二层因素对目标层的权重向量。

## 参赛队号#1437

$$W = \begin{bmatrix} 0.402094 & 0 & 0.498192 \\ 0.117085 & 0 & 0 \\ 0.402094 & 0 & 0.256587 \\ 0.039363 & 0.648 & 0.032616 \\ 0 & 0.230 & 0.131690 \\ 0.039363 & 0.122 & 0.080915 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.648 \\ 0.230 \\ 0.122 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.253 \\ 0.255 \\ 0.086 \\ 0.058 \\ 0.194 \\ 0.066 \end{bmatrix}$$

(注：以上求解过程可用 Matlab 软件实现，语句见附录 3 和附录 4)

于是，我们得出各个影响因子占总生物多样性指数的比重为：林产品价值占 25.3%，森林生物量价值 8.6%，稀有物种 25.5%，旅游费用 5.8%，欣赏景观 6.6%，保持土壤价值 5.8%，涵养水源价值 19.4%，净化空气 7.1%。饼状图如下图所示：



有以上材料我们可以看出自然保护区优先考虑它的稀有物种数量，其次是该地区林产品数量，其次再考虑其它方面。因此我们建立的模型具有可行性。

#### 四. 模型检验

我们以安徽省为例来检验模型，首先我们从网上搜到影响 1990 年，1995 年，2000 年，2005 年，2010 年生物多样性指标的数值（见附录 2）。

##### 4.1 运用熵值法综合评价模型，

使用 MATLAB 软件，求出其各指标对应的熵值，如下图所示：

年份(年)	1990	1995	2000	2005	2010
指标					
物种多样性	0.6	0.584	0.562	0.548	0.539
生态系统多样性	0.2	0.196	0.198	0.197	0.192
遗传多样性	0.2	0.22	0.24	0.255	0.269

1990，1995，2000，2005，2010 年的相关评价指标的最大值如下图所示：

年份(年)	1990	1995	2000	2005	2010
指标					
物种多样性	601	593	571	557	549
生态系统多样性	136	141	129	112	119
遗传多样性	300	298	283	275	284

归一化前的生物多样性评价指标（对应图形见图1）：

年份(年)	1990	1995	2000	2005	2010
指标					
物种多样性	564	576	560	542	521
生态系统多样性	114	139	116	104	107
遗传多样性	285	287	279	268	232

由公式可得结果如下图所示归一化后的生物多样性评价指标：

年份(年)	1990	1995	2000	2005	2010
指标					
物种多样性	90	97	98	97	94
生态系统多样性	84	99	90	92	89
遗传多样性	95	96	98	97	82

生物多样性评估指标

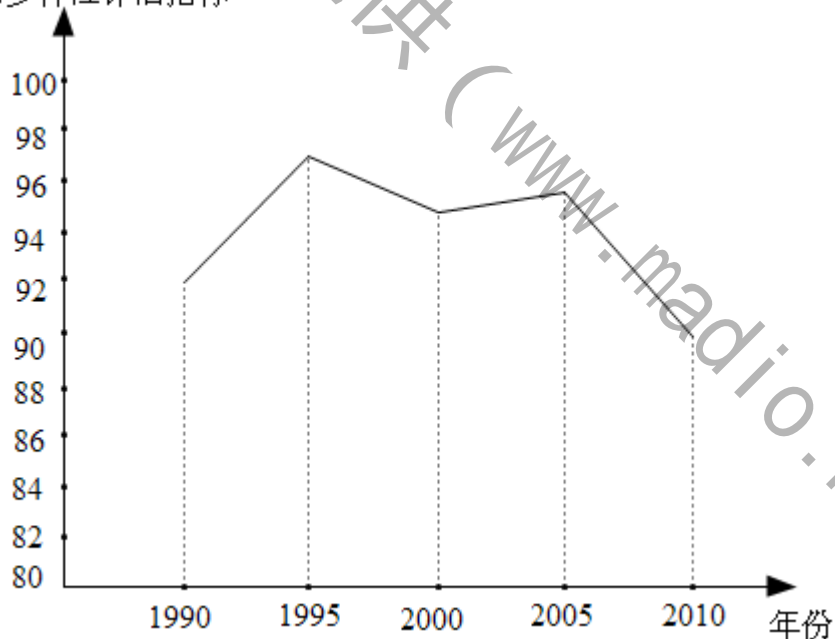


图 1

#### 4.2 运用公式

生物多样性评估指标  $BI = \text{归一化后的物种多样性} \times \text{物种多样性熵值} + \text{归一化后的生态系统多样性} \times \text{生态系统熵值} + \text{归一化后的遗传多样性} \times \text{遗传多样性熵值}$ ，计算 1990 年，1995 年，2000 年，2005 年，2010 年的  $BI$  值。其对应图折线图形为图 2：

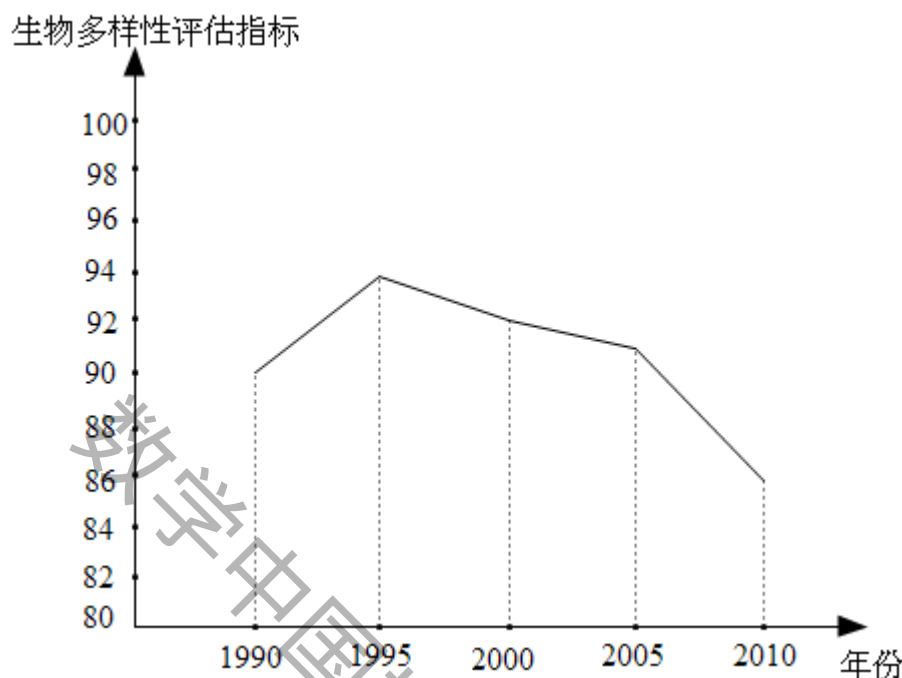


图 2

由于我们根据熵值法得到的图形与实际变化图形先下不大，因此我们可以根据这个模型来估计该地区生物多样性的发展状况，从而我们知道该模型具有可行性。

## 五. 模型的优缺点及改进方向

### 5.1 模型的优点:

#### 5.1.1 熵值法综合评价模型优点:

- (1) 综合考虑影响评价生物多样性指标的各个因素，减少了评价的片面性；
- (2) 将评测人员对各因素感性的认识化为具体的权重数值，减少由于评价人员主观因素对结果造成的影响；
- (3) 为对多样性指标的进一步确定提供了必要且可靠的数据基础。

#### 5.1.2 层次分析法优点:

- (1) 实用性——定性与定量相结合，能处理许多用传统的最优化技术无法着手的实际问题，应用范围很广，同时，这种方法使得决策者与决策分析者能够相互沟通，决策者甚至可以直接应用它，这就增加了决策的有效性；
- (2) 系统性——将对象视作系统，按照分解、比较、判断、综合的思维方式进行决策，成为继机理分析、统计分析之后发展起来的系统分析的重要工具；
- (3) 模型直观简便，所得结果科学合理，具有一定的参考价值。

### 5.2 模型的缺点:

- (1) 层次分析法中判断矩阵的建立具有一定的主观性，只能从原有的方案中优选一个出来，没有办法得出更好的新方案；
- (2) 本文只选取了 7 指标，考虑的不是很全面；
- (3) 该法中的比较、判断以及结果的计算过程都是粗糙的，不适用于精度较高的问题；
- (4) 从建立层次结构模型到给出成对比较矩阵，人主观因素对整个过程的影响很大，



这就使得结果难以让所有的决策者接受。

### 5.3 模型的改进：

- (1) 在实际应用中可根据情况对指标个数做适当增加；
- (2) 多收集有关生物多样指标的数据，进行定量分析；
- (3) 采取专家群体判断的办法。

### 5.4 模型的推广：

熵值法综合评价模型理论依据较强烈，可用于各类因素影响指标的评价中，如评价一个科技成果对其科技领域的影响程度，评价某个医学新发明对医学发展的影响，可实现性较强。

层次分析法应用领域较广例如经济计划和管理，能源政策和分配，人才选拔和评价，生产决策，交通运输，科研选题，产业结构，教育，医疗，环境，军事等。

## 六. 参考文献

- 1 全球生物多样性展望（第三版） 全球生物多样性秘书处 2010 年
- 2 曾志新 生物多样性的评价指标和评价标准 湖南林业科技 1999 年
- 3 姜启源，数学模型(第二版)，北京：高等教育出版社，2002 年
- 4 刘晓红，李校，彭志杰，生物多样性计算方法的探讨，河北林果研究，2008 年 6 月第 2 期。
- 5 艾冬梅，李艳晴，张丽静，刘琳，MATLAB 与数学实验，机械工业出版社，2010 年
- 6 刘恩斌，天目山自然保护区生物多样性的熵值测度研究 南京林业大学学报 2007 年
- 7 李渭华 浅析生物多样性的价值 甘肃林业职业技术学院学报 2003 年
- 8 黑龙江国家级自然保护区及其生物多样性 2009 年

### 附录 1 归一化 c 程序代码

```
#include<stdio.h>
#include<math.h>
#include<stdlib.h>
double wa[10],wb[10],wc[10],wd[10];
int main()
{ FILE *fpa,*fpb,*fpc,*fpd,*fpar,*fpbr,*fpcr,*fpdr;
fpa=fopen("a.txt","r");
fpb=fopen("b.txt","r");
fpc=fopen("c.txt","r");
fpd=fopen("d.txt","r");
fpar=fopen("ar.txt","w");
fpbr=fopen("br.txt","w");
```

## 参赛队号#1437

```

fpcr=fopen("cr.txt","w");
fpdr=fopen("dr.txt","w");
int count,total;
double sum1,sum2,sum3,sum4,sum5;
double a[10][10],b[10][10],c[10][10],d[10][10];
int i,j;
total=3;
for(i=0;i<3;i++)
for(j=0;j<3;j++)
{ scanf("%lf",&a[i][j]); }
sum1=sum2=sum3=sum4=sum5=0;
for(i=0;i<3;i++)
{ sum1+=a[i][0]; sum2+=a[i][1]; sum3+=a[i][2]; }
for(i=0;i<3;i++)
{ wa[0]+=a[i][0]/sum1; wa[1]+=a[i][1]/sum2; wa[2]+=a[i][2]/sum3; }
fprintf(fpar,"%lf %lf %lf\n",wa[0],wa[1],wa[2]);
//
total=5;
for(i=0;i<5;i++)
for(j=0;j<5;j++)
{scanf("%lf",&b[i][j]); }
sum1=sum2=sum3=sum4=sum5=0;
for(i=0;i<5;i++)
{ sum1+=b[i][0]; sum2+=b[i][1]; sum3+=b[i][2]; sum4+=b[i][3]; sum5+=b[i][4]; }
for(i=0;i<5;i++)
{ wb[0]+=b[i][0]/sum1;wb[1]+=b[i][1]/sum2;wb[2]+=b[i][2]/sum3;
wb[3]+=b[i][3]/sum4; wb[4]+=b[i][4]/sum5; }
fprintf(fpbr,"%lf %lf %lf %lf %lf\n",wb[0],wb[1],wb[2],wb[3],wb[4]);
//
total=5;
for(i=0;i<5;i++)
for(j=0;j<5;j++)
{ scanf("%lf",&c[i][j]); }
sum1=sum2=sum3=sum4=sum5=0;
for(i=0;i<5;i++)
{ sum1+=c[i][0]; sum2+=c[i][1]; sum3+=c[i][2]; sum4+=c[i][3]; sum5+=c[i][4]; }
for(i=0;i<5;i++)
{ wc[0]+=c[i][0]/sum1;wc[1]+=c[i][1]/sum2;wc[2]+=c[i][2]/sum3;
wc[3]+=c[i][3]/sum4;wc[4]+=c[i][4]/sum5; }
fprintf(fpcr,"%lf %lf %lf %lf %lf\n",wc[0],wc[1],wc[2],wc[3],wc[4]);
//
total=3;
for(i=0;i<3;i++)
for(j=0;j<3;j++)

```

## 参赛队号#1437

```

{ scanf("%lf",&d[i][j]); }
sum1=sum2=sum3=sum4=sum5=0;
for(i=0;i<3;i++)
{ sum1+=d[i][0]; sum2+=d[i][1]; sum3+=d[i][2]; }
for(i=0;i<3;i++)
{ wd[0]+=d[i][0]/sum1; wd[1]+=d[i][1]/sum2; wd[2]+=d[i][2]/sum3; }
fprintf(fpdr,"%lf %lf %lf\n",wd[0],wd[1],wd[2]);
return 0; }

```

附录 2 安徽省九个子市各评价因素、已有评分情况

1990 年 地区	群 落的 多样性 指数	一 定 区 域 个 体 数 占 总 体 比 重	种 群 密 度	种 群 间 多 样 性 互 相 影 响 因 子	性 状 距 离	总 遗 传 多 样 度	遗 传 相 似 性 系 数	基 因 谱 带 频 率	水 系 分 布 状 况	水 污 染	空 气 污 染	土 壤 侵 蚀 程 度
合肥市	3	4	3	2	2	3	2	3	4	1	1	1
六安市	3	2	3	1	2	2	1	2	2	1	1	2
滁州市	3	3	2	2	3	3	2	4	3	1	1	1
马鞍市	4	2	2	3	2	2	2	3	4	1	1	2
巢湖市	3	3	3	2	3	32	2	2	3	1	1	1
宜城市	2	2	2	2	1	2	1	2	2	2	1	1
安庆市	2	3	2	2	2	2	2	2	3	1	1	1
芜湖市	3	2	3	3	2	3	2	2	4	1	1	1
铜陵市	4	3	3	3	3	3	1	3	3	1	1	1

## 参赛队号#1437

1995 年 地区	群 落 的 多 样 性 指 数	一 定 区 域 个 体 数 占 总 体 比 重	种 群 密 度	种 群 间 多 样 性 互 相 影 响 因 子	性 状 距 离	总 遗 传 多 样 度	遗 传 相 似 性 系 数	基 因 谱 带 频 率	水 系 分 布 状 况	水 污 染	空 气 污 染	土 壤 侵 蚀 程 度
合 肥 市	3	4	2	2	2	2	2	3	3	2	2	2
六 安 市	2	2	3	2	1	2	1	2	2	1	1	2
滁 州 市	3	3	2	2	2	3	2	4	3	1	3	1
马 鞍 市	4	2	2	3	2	2	2	3	3	1	1	2
巢 湖 市	3	3	3	2	3	2	2	2	3	1	1	1
宜 城 市	3	2	1	1	1	1	1	2	2	2	1	1
庆 安 市	2	3	2	2	2	2	2	2	3	1	1	1
芜 湖 市	2	2	2	2	2	2	2	3	4	1	1	1
铜 陵 市	4	2	3	3	3	3	1	3	3	1	1	2

## 参赛队号#1437

2000 年地区	群落的多样性指数	一定区域个体数占总体比重	种群密度	种群间多样性互相影响因子	性状距离	总遗传多样性	遗传相似性系数	基因谱带频率	水系分布状况	水污染	空气污染	土壤侵蚀程度
合肥市	3	3	2	1	2	2	1	3	3	2	2	3
六安市	2	2	3	2	1	2	1	2	2	1	2	3
滁州市	3	3	2	2	1	3	2	4	2	1	2	1
马鞍山市	3	2	1	3	2	3	2	2	3	1	1	1
巢湖市	3	3	2	2	2	3	2	2	3	1	1	1
宣城市	2	1	1	2	1	2	1	2	2	1	1	1
安庆市	2	2	1	1	2	1	1	1	3	2	1	1
芜湖市	2	2	1	1	1	1	2	2	3	2	1	3
铜陵市	4	3	2	2	2	3	1	3	3	1	1	2

2005 年地区	群落的多样性指数	一定区域个体数占总体比重	种群密度	种群间多样性互相影响因子	性状距离	总遗传多样性	遗传相似性系数	基因谱带频率	水系分布状况	水污染	空气污染	土壤侵蚀程度
合肥市	3	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2

## 参赛队号#1437

六安市	2	2	2	3	2	2	1	2	2	2	3	3
滁州市	2	3	2	2	1	2	2	3	2	1	2	1
马鞍山市	3	2	1	2	2	2	3	2	2	1	1	1
巢湖市	2	2	2	2	3	2	2	1	3	2	1	2
宣城市	1	2	1	3	2	1	2	2	1	1	2	2
安庆市	2	1	1	2	2	2	1	1	2	2	1	1
芜湖市	2	1	1	1	1	2	2	2	3	2	2	2
铜陵市	3	2	2	3	2	2	2	2	2	1	1	2

2010 年 地区	群 落 的 多 样 性 指 数	一 定 区 域 个 体 数 占 总 体 比 重	种 群 密 度	种 群 间 多 样 性 互 相 影 响 因 子	性 状 距 离	总 遗 传 多 样 度	遗 传 相 似 性 系 数	基 因 谱 带 频 率	水 系 分 布 状 况	水 污 染	空 气 污 染	土 壤 侵 蚀 程 度
合 肥 市	2	2	1	2	2	1	1	2	2	3	2	2
六 安 市	2	2	2	3	2	2	1	1	1	2	3	3
滁 州 市	1	2	2	2	1	1	2	2	2	2	3	2
马 鞍 市	2	2	1	3	2	2	2	2	2	1	2	2
巢 湖 市	2	1	2	2	2	2	1	1	2	3	1	3
宣 城 市	1	2	1	2	2	1	2	2	1	1	2	2
安 庆 市	2	1	1	3	2	2	1	1	2	2	2	1

## 参赛队号#1437

芜湖市	2	1	2	2	1	1	3	1	2	3	3	2
铜陵市	2	2	1	2	1	2	2	2	1	2	2	3

## 附录3 用 MATLAB 实现层次分析法

```

disp('输入判断矩阵');%
A=input('A=');%
[n,n]=size(A);% 计算A的维度,
x=ones(n,100);% x为n行100列全1的矩阵
y=ones(n,100);% y同x
m=zeros(1,100);% m为1行100列全0的向量
m(1)=max(x(:,1));% x第一列中最大的值赋给m的第一个分量
y(:,1)=x(:,1);% x的第一列赋予y的第一列
x(:,2)=A*y(:,1);% x的第二列为矩阵A*y(:,1)
m(2)=max(x(:,2));% x第二列中最大的值赋给m的第二个分量
y(:,2)=x(:,2)/m(2);% x的第二列除以m(2)后赋给y的第二列
p=0.0001;i=2;k=abs(m(2)-m(1));% 初始化p,i,k为m(2)-m(1)的绝对值
while (k>p)% 当k>p是执行循环体
    i=i+1;% i自加1
    x(:,i)=A*y(:,i-1);%x的第i列等于A*y的第i-1列
    m(i)=max(x(:,i));%m的第i个分量等于x第i列中最大的值
    y(:,i)=x(:,i)/m(i);% y的第i列等于x的第i列除以m的第i个分量
    k=abs(m(i)-m(i-1));% k等于m(i)-m(i-1)的绝对值
end
a=sum(y(:,i));% y的第i列的和赋予a
w=y(:,i)/a;% y的第i列除以a
t=m(i);% m的第i个分量赋给t
disp('权向量:');disp(w);% 显示权向量w
disp('最大特征值:');disp(t);% 显示最大特征值t

%以下是一致性检验
CI=(t-n)/(n-1);% t-维度再除以维度-1的值赋给CI
RI=[0 0 0.52 0.89 1.12 1.26 1.36 1.41 1.46 1.49 1.52 1.54 1.56 1.58 1.59];% 计算的标准
CR=CI/RI(n);% 计算一致性
if CR<0.10
    disp('此矩阵的一致性可以接受!');
    disp('CI=');disp(CI);
    disp('CR=');disp(CR);
else
    disp('此矩阵的一致性不可以接受!');

```

---

end

#### 附录4 运用 Matlab 实现正互反矩阵归一化特征向量求解

```
b=eig(A)
[V,D]=eig(A)
CI=(b-n)/(n-1)
CR=CI/RI
If CR<0.1
    Flag=1;
else
    Flag=0;
```



## 关于自然保护区的选定评定指标报告

### 摘要

对于自然保护区的选定评价，我们重点采取层次分析法来评估，这种方法的特点是在对复杂的决策问题的本质、影响因素及其内在关系等进行深入分析的基础上，利用较少的定量信息使决策的思维过程数学化，从而为多目标、多准则或无结构特性的复杂决策问题提供简便的决策方法。我们利用层次分析法依次找出目标层，准则层和方案层，然后将影响评定保护区的几个因素进行两两比较，对得到的数据进行分析最终得出这些因素占得比例，最终得出该地区稀有物种所占的比重较高，其次是林产品的价值，（其他考虑因素都在正文中列出），从而优先考虑某些方面来评定，最后我们通过黑龙江自然保护区这一特例，得出这一方法的合理性。

### 正文

众所周知，生物多样性是生态系统运转的基础，而且生态系统又为人类社会提供广泛的服务。正如《生物多样性展望》中所言，2010年生物多样性目标是促使人们采取重要行动，来保护生物多样性，其中一个重要举措便是建立更多的（陆地和沿水域）保护区、保护特定的物种。很多支持生物多样性的行动已经在特定的地区、对保护特定的物种和生态系统产生可衡量的重大成果。这表明，只要有充足的资源就能找到降低生物多样性丧失速度的手段。然而我们建立自然保护区能力有限，所以只能综合各方面因素，确定优先保护的地区，从最大限度来保护生物多样性。

评定建立自然保护区的优先等级，我们需要确定一个明确的指标，根据指标从众多需要保护的地区中选定最佳保护选择。指标的选取则采用按层次分析的方法，即将每个需要保护的地区都当做是一个目标，问题就变成了一个复杂的多目标决策问题，将这些问题作为一个系统，将目标分解为多个目标或准则，进而分解为多指标（或准则、约束）的若干层次，通过计算得出层次单排序和总排序，以作为目标（多指标）、多方案优化决策。方法的具体步骤如下：

（1）通过对系统的深刻认识，确定该系统的总目标，弄清规划决策所涉及的范围、所要采取的措施方案和政策、实现目标的准则、策略和各种约束条件等，广泛地收集信息。

（2）建立一个多层次的递阶结构，按目标的不同、实现功能的差异，将系统分为几个等级层次。

（3）确定以上递阶结构中相邻层次元素间相关程度。通过比较判断及相应的数学方法，确定对于上一层次的某个元素而言，本层次中与其相关元素的重要性排序。

（4）计算各层元素对系统目标的合成所占比重，进行总排序，以确定递阶结构图中最底层各个元素的总目标中的重要程度。

现举例如下：

我们想要对地区评定优先保护等级，首先我们将优先保护某些地区作为总目标，也就是层次分析法中的目标层，然后我们从三个大的方面进行考虑，依次为直接实物价值，直接服务功能价值，间接生态服务价值，我们把它们称为准则层，最后我们得出方案层，通过林产品价值，森林生物量价值，稀有物种，旅行费用，欣赏景观，保持土壤价值，涵养水源价值净化空气来做出决策。

在使用层次分析法中，由于方案层对于目标层的影响程度不一样，因此我们先两两进行比较，得到矩阵，然后我们进行层次单排序及其一致性检验，最终我们将其归一化处理，得到的结果再进行层次总排序及其一致性检验，最终得到方案层中的每个因素所占的比重。从而能够根据比重的多少来选择优先考虑的元素，进一步来评定优先保护哪些地区。像黑龙江省的扎龙、兴凯湖、洪河、三江等四个保护区已纳入《国际重要湿地名录》；丰林、五大连池两个保护区已纳入联合国教科文组织“人与生物圈”保护区网。这 20 个保护区共有国家重点保护动物近百种，国家重点保护野生植物 10 余种，被纳入《中日候鸟保护及其栖息环境的协定》的保护鸟类有 30 余种。扎龙自然保护区内的鹤类占世界鹤类的  $\frac{1}{3}$ ；呼中自然保护区是我国唯一保存完整的寒温带针叶林；洪河自然保护区含黄檗、水曲柳、核桃楸、野大豆 4 种国家濒危野生植物。从而我们得出这一方法的可行性。

层次分析法的整个过程体现了人的决策思维的基本特征，即分解、判断与综合，易学易用，而且定性与定量相结合，便于决策者之间彼此沟通，是一种十分有效的系统分析方法，它不仅允许我们用合乎情理的洞察力、经验与直觉还能让我们认真的权衡指标的相对重要性。从而从众多的地区中获取最优选择。定性与定量相结合，能处理许多用传统的最优化技术无法着手的实际问题，应用范围很广，同时，这种方法使得决策者与决策分析者能够相互沟通，决策者甚至可以直接应用它，这就增加了决策的有效性；但是万物都有两面性，这种方法也存在它的弊端：该法中的比较、判断以及结果的计算过程都是粗糙的，因此不适用于精度较高的问题，同时只能从原有的方案中优选一个出来，没有办法得出更好的新方案。因此我们在使用过程中尽量避免它的弊端，力争结果的可行性与准确性。

最后衷心希望在我们每个人的努力下，我们生存的地球所有的地区生物多样性都能向好的方向发展。