

第四届数学中国数学建模网络挑战赛

地址：内蒙古数学会
电话：0471-5220129

邮编：010021

网址：www.tzmcm.cn
Email：2011@tzmcm.cn

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)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：邱 婕

队员 2：唐春燕

队员 3：黄丽珠

参赛队教练员（签名）：姜 永

参赛队伍组别：本科组

第四届数学中国数学建模网络挑战赛

地址：内蒙古数学会
电话：0471-5220129

邮编：010021

网址：www.tzmcm.cn
Email：2011@tzmcm.cn

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）：

1776

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）：

第四届数学中国数学建模网络挑战赛

地址：内蒙古数学会
电话：0471-5220129

邮编：010021

网址：www.tzmcm.cn
Email: 2011@tzmcm.cn

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 生物多样性指标的模糊综合评判

关 键 词 生物多样性、层次分析法、聚类分析、模糊综合评判

摘 要：

生物多样性对人类社会的发展具有多重价值，而生物多样性调查与评价是生物多样性保护与管理的基础和重要手段，鉴于传统评价方法的局限性，本文采用层次分析法、聚类分析以及模糊综合评判等方法，确立了一套更为科学有效的生物多样性评价指标。

首先运用层次分析法对植物丰富度、动物丰富度、植被垂直层谱、生态系统类型、中国特有种及外来入侵度^[1]这五个指标进行排序，得出三个主要指标依次为物种丰富度、生态系统类型和植被垂直层谱；再运用模糊聚类方法对各省进行分类，得出云南省的生物多样性最优，与实际情况吻合；最后通过模糊综合评判，可以看出我国物种丰富，特有属、种多，生态系统类型多，局部地区生物多样性高度丰富。

参赛队号 1776

所选题目 B

参赛密码 _____
(由组委会填写)

第四届数学中国数学建模网络挑战赛

地址：内蒙古数学会
电话：0471-5220129

邮编：010021

网址：www.tzmcm.cn
Email: 2011@tzmcm.cn

Abstract

Biological diversity has various value for the development of human society, biodiversity survey and assessment is the basic and important measures to biodiversity protection and management. Given of the limitations in traditional method, This paper applies AHP (the analytic hierarchy process) ideas, cluster analysis and fuzzy comprehensive evaluation method to established a more scientific and more effective index to assess biodiversity.

Firstly, In this paper, we get sort of the five assessment indicators, that is species richness, diversity of ecosystem types, completeness of vertical stratification of vegetation, endemism, and extent of alien species invasion. The results show that species richness, diversity of ecosystem types and completeness of vertical stratification of vegetation play a more important role in biodiversity assessment. Secondly, we use cluster analysis to make a classification, the result shows that Yunnan province has the priority over others. And it is consistent with the actual biodiversity status in China. Last, the fuzzy comprehensive evaluation method tells that species richness, diversity of ecosystem types is abundant in China, and it is obviously in specific district.

Key words: Biological diversity AHP cluster analysis
fuzzy comprehensive evaluation method

参赛队号 # 1776

一. 问题的重述

随着人类开发活动的加剧以及城市化进程的加快，生境也随之破碎和丧失^[2]。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。但是针对生物多样性的评价指标，目前还缺少一种能全面考虑不同因素的测定方法。需解决的问题是：

- (1) 建立层次分析^[3]的数学模型，来评价生物多样性的指标；
- (2) 根据生物多样性的指标对全国各省的生物多样性进行聚类分析^[4]，再与实际情况相对照，检验该模型的科学性和可行性；
- (3) 基于层次分析法的模糊综合评价^[5]。

二. 模型的假设与符号说明

2.1 模型假设

- (1) 不考虑生物生存环境受到重大天灾的影响；
- (2) 假设物种丰富度、植被垂直层谱、生态系统类型、中国特有种、外来入侵种，在这几年内没有变化；
- (3) 本文只是探究我国物种的多样性；

2.2 符号说明

W	各类指标的权重矩阵
λ_{\max}	最大特征值
a_{ij}	两因素重要性之比
CI	一致性指标
CR	随机一致性比率
RI	平均随机一致性指标
\tilde{R}	单因素评判矩阵
A	第二层权重矩阵
B	第三层权重矩阵
\tilde{B}	评判矩阵
Y	评语集
b	综合评价值

三. 问题的分析

生物多样性由遗传多样性、物种多样性及生态系统多样性组成^[6]，因此，一套科学的生物多样性评价体系应该对所考察区域内所有的物种及其遗传信息、生态系统等逐一进行评价，但由于生物存在的复杂性及特殊性给相关数据的采集造成了一定的阻碍，使得一种全面且有效的评价体系一直难以建立。

清点物种数量是传统的评价方法，显然，此法具有相当大的局限性，所得到的结论也是难以令人信服的，错误的评价结果将可能多考察区域的生物多样性的保护造成消极影响，因此应该综合考虑各个方面的因素，尽可能建立一套全面、科学的评价体系。

针对我国生物多样性受到严重威胁的现实，基于遗传多样性、物种多样性和生态系统多样性三个层次水平，本文从直接指标与间接指标两个准则出发，从动物丰富度、植物丰富度、植被垂直层谱完整性、物种特有性及外来物种入侵度五个方面入手，初步提出一套评价生物多样性的指标体系。通过层次分析法首先对指标进行分析处理，以生物

参赛队号 # 1776

多样性指标为最高层，直接指标与间接指标为中间层，将动物丰富度、植物丰富度及植被垂直层谱归为直接指标，生态系统多样性，外来物种入侵度及物种特有性归为间接指标，放入最底层，利用层次分析理论对各个指标进行赋权处理，最终得到所选取指标的层次总排序，分清孰重孰轻，为生物多样性评价提供了一定的参照标准，具有一定的科学性。确立指标体系后，本文又通过模糊聚类分析将全国各个省份的生物多样性现状分为四类，得到与现实情况相符的分类结果。最后，再运用模糊综合评判对生物多样性进行评价。

四. 模型的建立与求解

4.1 层次分析法

4.1.1 层次分析法的建立

生物多样性所涉及的指标都具有一定的复杂性与特殊性，缺少定量数据，难以量化，给问题的定量分析带来了困难，此时，我们可以综合各方面因素，得出评价生物多样性的指标，根据各个指标之间的关系，可以利用层次分析法，列出层次分析图。首先，我们将生物多样性指标体系作为一级指标，根据指标选择的全面性、可比性及可操作性，将间接指标与直接指标作为二级指标，再将第二类指标细分，即直接指标分为：动物丰富度、植物丰富度、植被垂直层谱，间接指标分为：生态系统类型、物种特有性和外来物种入侵度。依次构造出具体的层次分析图如下：

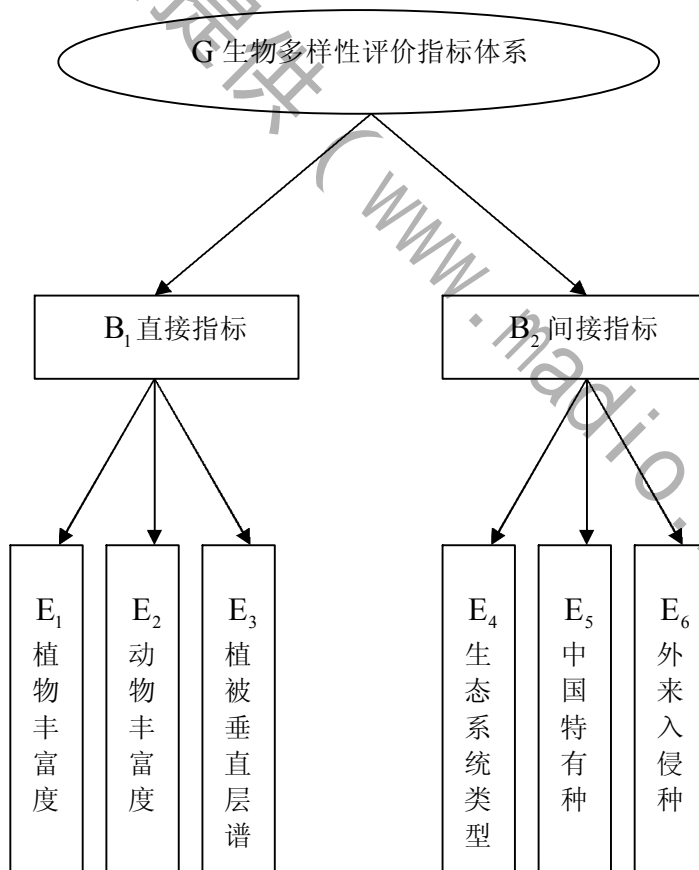


图 1 生物多样性评价指标体系的层次分析图

根据下面的赋值表来构造评判矩阵：

参赛队号 # 1776

表 1 判断矩阵赋值表

标 度	含 义
1	表示两个因素相比，具有相同重要性；
3	表示两个因素相比，前者比后者稍重要；
5	表示两个因素相比，前者比后者明显重要；
7	表示两个因素相比，前者比后者强烈重要；
9	表示两个因素相比，前者比后者极端重要
2, 4, 6, 8	4 表示相邻判断 3—5 的中值，余类推。
倒数	若因素 i 与因素 j 的重要性之比为 a_{ij} ，那么因素 j 与因素 i 重要性之比为 $a_{ji} = 1/a_{ij}$

结合表 1 的评判方法构造评判矩阵 A ：

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{pmatrix}$$

由于层次分析法中评判矩阵的主观性，还需要对通过主观判断设定的判断矩阵的合理性进行检验，具体方法如下：

根据判断矩阵，由同一层次相应因素对于上一层某因素相对重要性的权重进行排序，这一过程称为层次单排序。当前层权重的确定方法是给出当前层的各因素对上一层某因素的判断矩阵，求出其对应于最大特征值 λ_{\max} 的特征向量 $W = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$ ，经归一化后即当前层各因素的权重。所谓向量的归一化，就是指向量除以各分量加起来的和，即

$$\bar{W} = \frac{W}{\sum_{i=1}^n w_i}$$

判断矩阵的特征向量经归一化后称为权向量，表示当前层各因素相对于上一层某因素的权重，权向量的各分量的和等于 1。

求得最大特征根后，通过计算 CI 来判断所给出的评判矩阵是否一致：

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}, \quad CI = 0 \text{ 时, } A \text{ 为一致阵; } CI \text{ 越大, } A \text{ 的不一致程度越严重。}$$

继续引入随机一致性指标 RI 来衡量 A 的一致性指标 CI 的标准。

对于不同的 n ，所对应的随机一致性指标 RI 的数值见表 2^[7]：

参赛队号 # 1776

表 2 随机一致性指标参照值

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45

接着计算一致性比率 CR ，当 $CR = \frac{CI}{RI} < 0.10$ 时认为 A 的不一致程度在容许范围内，可用其归一化后的特征向量作为权向量，否则就必须调整判断矩阵，直到取得具有满意的一致性为止。这里，0.10 的选取是带有一定主观性的。

4.1.2 层次分析法模型的求解

通过借鉴相关文献及综合多方面的考虑，建立各个层次的判断矩阵如下：

表 3 二级指标的判断矩阵及权重

G	B_1	B_2	$w(G)$
B_1	1	3	0.75
B_2	1/3	1	0.25

$$\lambda = 2.0 \quad CI = 0, \quad CR = 0$$

表 4 直接指标下的判断矩阵及权重

B_1	E_1	E_2	E_3	$W(B_1)$
E_1	1	1	3	0.4286
E_2	1	1	3	0.4286
E_3	1/3	1/3	1	0.1429

$$\lambda_1 = 3.0 \quad CI = 0, \quad CR = 0$$

表 5 间接指标下的判断矩阵及权重

B_2	E_4	E_5	E_6	$W(B_2)$
E_4	1	5	7	0.73064
E_5	1/5	1	3	0.18839
E_6	1/7	1/3	1	0.08096

参赛队号 # 1776

$$\lambda_2 = 3.06489, \quad CI = 0.032445, \quad CR = 0.005594$$

层次总排序情况如表 6 所示：

表 6 层次总排序

层次	层次		层次总排序
	B1	B2	
	0.75	0.25	
E1	0.4286	0	0.3214
E2	0.4286	0	0.3214
E3	0.1429	0	0.1072
E4	0	0.73064	0.1827
E5	0	0.18839	0.0471
E6	0	0.08096	0.0202

$$CR = 0.01398$$

$$CR^* = 0.01398 + 0.03319 = 0.04717$$

由上表中的各个指标相对于评价体系这个总指标的权向量可知，在生物多样性评价体系中，动物丰富度与植物丰富度应该占最大比例，接下来依次是植被垂直层谱，生态系统类型，中国特有种，外来入侵度最轻。

4.2 方差分析

方差分析用于两个及两个以上样本差别的显著性检验。由于各种因素的影响，研究所得的数据呈现波动状。方差分析是在可比较的数组中，把数据间的总的“变差”按各指定的变差来源进行分解的一种技术。对变差的度量，采用离差平方和。方差分析方法就是从总离差平方和分解出可追溯到指定来源的部分离差平方和，这是一个很重要的思想。

本文以中国省域生物多样性评价指标值（见附录 A）^[8]为基础，根据对各个省份的生物多样性进行方差分析，程序见附录 B 运行结果为：

ANOVA Table					
Source	SS	df	MS	F	Prob>F
Columns	5.4807	30	0.18269	2.36	0.0005
Error	9.5879	124	0.07732		
Total	15.0686	154			

图 2 中国各地生物多样性方差分析结果图

由 $p = 0.0005 < 0.01$ ，可知我国各省份的生物多样性存在显著差异，可以进行聚类分析。

参赛队号 # 1776

方差分析图为：

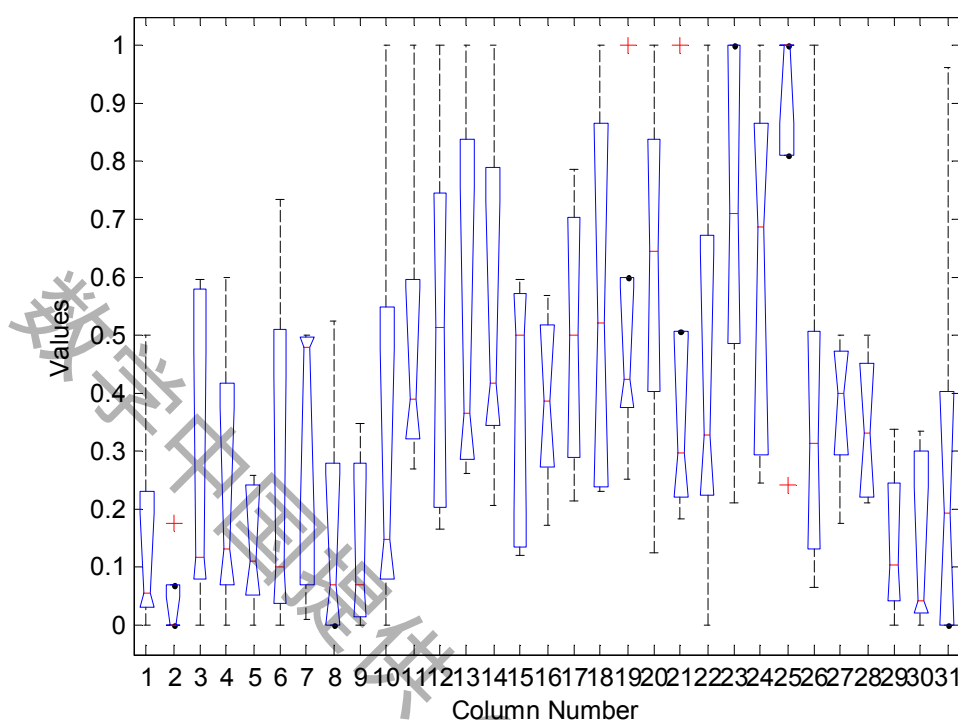


图 3 中国各地生物多样性方差分析图

4.3 聚类分析

聚类分析是研究分类问题的一种多元分析方法，根据一组样品的多个观测值定出能度量样品相似程度的统计量，把相似程度大的归为一类。由于现实的分类往往伴随着模糊性，聚类问题采用模糊数学语言描述有其方便之处，这便是模糊聚类方法。根据实际问题的需要模糊聚类过程可以常采用两种方式：一种是通过建立模糊等价关系进行聚类分析的方法，另一种是基于模糊划分的模糊聚类方法，即模糊 C 一划分。本文采用前一种方式。

以中国省域生物多样性评价指标值为基础，对各个省份生物多样性进行聚类分析，程序见附录 B

运行结果为：

参赛队号 # 1776

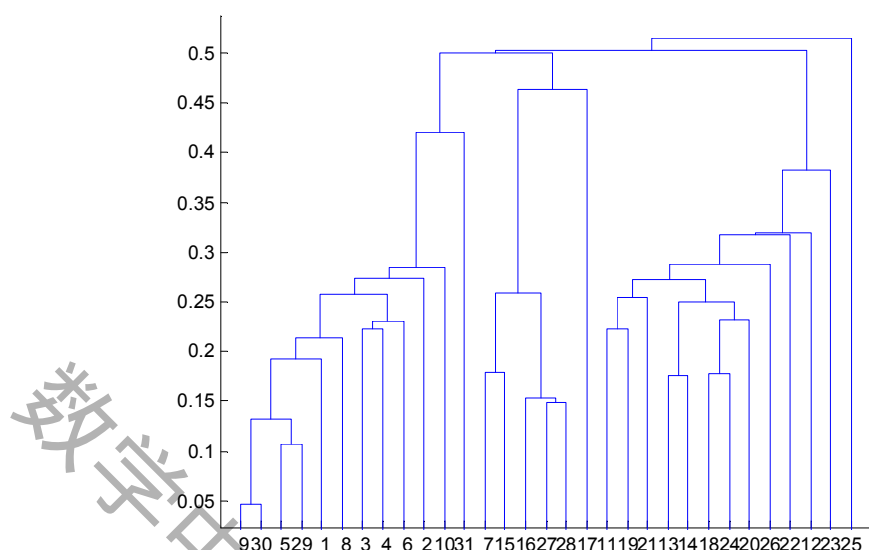


图 4 中国各地生物多样性聚类分析图

由聚类结果可知，我国各地生物多样性可分为四类，分别为优、良、一般和差，其中云南生物多样性为优，浙江、安徽、福建、江西、湖南、广东、广西、海南、重庆、四川及贵州为良，吉林、山东、河南、湖北、陕西以及甘肃为一般，其他省份生物多样性为差。

4.4 模糊综合评判

4.4.1 模糊综合评判模型的建立

生物多样性等级	生物多样性指数	生物多样性状况
优	$BI > 65\%$	物种高度丰富，特有属、种繁多，生态系统丰富多样
优-	$55\% < BI \leq 65\%$	物种丰富，特有属、种多，生态系统类型多，局部地区生物多样性高度丰富
良	$45\% < BI \leq 55\%$	物种较丰富，特有属、种较多，生态系统类型较多
良-	$35\% < BI \leq 45\%$	物种介于丰富与少之间，局部地区生物多样性较丰富，局部地区生物多样性较少
一般	$25\% < BI \leq 35\%$	物种较少，特有属、种不多，局部地区生物多样性较丰富，但生物多样性总体水平一般
差	$BI \leq 25\%$	物种贫乏，生态系统类型单一、脆弱，生物多样性极低

表 7 生物多样性状况的分级

参赛队号 # 1776

首先根据生物多样性状况的分级^[8]，构造一个评语集 Y 为隶属度评语集赋值表 8

$\leq 25\%$	$25\% - 35\%$	$35\% - 45\%$	$45\% - 55\%$	$55\% - 65\%$	$> 65\%$
0	20	40	60	80	100

表 8 隶属度评语集赋值表

然后对 31 个省份的 5 个指标的数值进行归一化处理，得到单因素评判矩阵为 $\tilde{R} = \begin{pmatrix} \tilde{R}_1 \\ \tilde{R}_2 \\ \vdots \\ \tilde{R}_n \end{pmatrix}$ 。其中 Y 对直接指标和间接指标的评判结果分别为 Y 上的模糊子集为 \tilde{R}_1 ， \tilde{R}_2 。

接着，由上面层次分析法求得的第二层的权重矩阵为 A ，第三层的权重矩阵为 B_i ，则得到综合评判模型：

$$\tilde{B} = A \circ \tilde{R} = A \circ \begin{pmatrix} \tilde{A}_1 \circ \tilde{R}_1 \\ \tilde{A}_2 \circ \tilde{R}_2 \\ \vdots \\ \tilde{A}_n \circ \tilde{R}_n \end{pmatrix}$$

则最后得到的综合评判值为

$$b = \tilde{B} * Y$$

4.4.2 模糊综合评判模型求解

将数据代入上述式子得到：

$$\tilde{R}_1 = (0.015036 \ 0.009697 \ 0.021475 \ 0.018958 \ 0.020778 \ 0.019667 \ 0.018708 \ 0.016485 \ 0.016648 \ 0.020364 \\ 0.036500 \ 0.026018 \ 0.038755 \ 0.030235 \ 0.023327 \ 0.026759 \ 0.041087 \ 0.033656 \ 0.051906 \ 0.058966 \\ 0.039071 \ 0.039256 \ 0.066909 \ 0.040128 \ 0.108955 \ 0.04369 \ 0.027162 \ 0.03195 \ 0.015265 \ 0.013717 \ 0.028873)$$

$$\tilde{R}_2 = (0.031292 \ 0.00527 \ 0.036233 \ 0.036559 \ 0.017457 \ 0.027997 \ 0.030960 \ 0.015480 \ 0.023383 \ 0.026020 \\ 0.029315 \ 0.031952 \ 0.046113 \ 0.042818 \ 0.036233 \ 0.034915 \ 0.046113 \ 0.048091 \ 0.029642 \ 0.046113 \\ 0.023057 \ 0.022398 \ 0.042159 \ 0.048091 \ 0.057312 \ 0.013176 \ 0.029315 \ 0.027997 \ 0.016472 \ 0.022730 \ 0.055335)$$

$$A = (0.7500 \ 0.2500)$$

$$B_1 = (0.8572 \ 0.1429), \quad B_2 = (0.73064 \ 0.18839 \ 0.08096)$$

$$\tilde{B} = (0.0180 \ 0.0118 \ 0.0237 \ 0.0219 \ 0.0205 \ 0.0217 \ 0.0222 \ 0.0176 \ 0.0182 \ 0.0228 \\ 0.0364 \ 0.0298 \ 0.0392 \ 0.0341 \ 0.0264 \ 0.0291 \ 0.0411 \ 0.0372 \ 0.0465 \ 0.0537 \\ 0.0364 \ 0.0379 \ 0.0604 \ 0.0423 \ 0.0890 \ 0.0386 \ 0.0292 \ 0.0315 \ 0.0171 \ 0.0164 \ 0.0294)$$

参照生物多样性指数 $BI^{[8]}$ 的数据以及结合上面的隶属度评语集赋值表可得

$$Y = (20 \ 0 \ 20 \ 20 \ 20 \ 20 \ 20 \ 0 \ 20 \ 0 \ 60 \ 40 \ 60 \ 60 \ 20 \ 40 \\ 80 \ 60 \ 80 \ 100 \ 40 \ 60 \ 100 \ 80 \ 100 \ 60 \ 40 \ 40 \ 20 \ 20 \ 40)^T$$

则最后得到的综合评判值为

参赛队号 # 1776

$$b = \tilde{B} * Y = 55.6440$$

所对应的就是 55%–65% 表示物种丰富，特有属、种多，生态系统类型多，局部地区生物多样性高度丰富。

五. 结果分析

层次分析法中所建立的评判矩阵虽然不能排除主观因素的影响，但根据相关理论对所建立模型进行检验，结果一致通过，即

$$CR=0, CR=0, CR=0.005594, CR=0.01398, CR^*=0.04717,$$

均满足： $CR < 0.1$ ，说明评判矩阵的构造是比较准确合理的。由层次分析法得出评价生物多样性的三个主要指标依次为物种丰富度、生态系统类型和植被垂直层谱。

通过方差分析结论： $p = 0.0005$ 可知全国各地生物多样性是存在显著差异的，因此可以进行聚类分析，根据聚类结果选取代表区域，利用多元素模糊综合评价法对生物多样性进行定量分析，得出云南省的生物多样性最优，与实际情况吻合，同时也反映我国各省的生物多样性现状。

通过模糊综合评判，可以看出我国物种丰富，特有属、种多，生态系统类型多，局部地区生物多样性高度丰富。

综上所述，可见本文所选取指标是符合实际情况的，具有一定的可行性。

六. 模型的优缺点及改进方向

6.1 模型的优点：

- (1) 所选取的指标都是跟生物多样性息息相关，能够较好地反映生物多样性水平，且各指标之间相互影响较小。
- (2) 本文中，首先对各地区进行层次分析，再聚类分析，分析结果与实际情况相吻合。
- (3) 利用模糊综合评判的方法进行评价，充分考虑了生物多样性评价中标准的模糊性以及主观的模糊性，更加科学、准确。
- (4) 模型直观简便，所得结果科学合理，具有一定的参考价值。

6.2 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；
- (2) 本文只选取了 6 个指标，考虑的不是很全面。

6.3 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性指标的数据，进行定量分析；
- (3) 可通过所确定的指标体系，运用马尔可夫预测等模型对未来生物多样性状态进行预测。

6.4 模型的推广：

模糊综合评价判别方法，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，使用范围较为广泛。

参赛队号 # 1776

参考文献：

- [1] 贾久满, 郝晓辉. 湿地生物多样性指标评价体系研究[J]. 湖北农业科学. 49 (8) : 1877-1879, 2010.
- [2] 李倦生, 周凤霞, 张朝阳, 邓学建, 喻勋林, 唐昆, 杨保华. 湖南省生物多样性现状调查与评价[J]. 环境科学研究. 22 (12) : 1382-1388, 2009.
- [3] 卢紫毅, 范建华. 基于层次分析法的战术通信网络效能评估[J]. 现代电子技术. 34 (1) : 57-60, 2011.
- [4] 许小勇. 模糊聚类分析算法的改进 Ma tlab 语言程序设计[J]. 云南民族大学学报. 15 (3) : 196-199, 2006.
- [5] 王圃, 张晋, 华佩. 改进层次分析- 多级模糊评判的给水处理工艺优选模型[J]. 土木建筑与环境工程. 32 (2) : 102-108, 2010.
- [6] 李亚藏, 梁彦兰, 张东斌. 浅谈森林生物多样性的影响因素及其保护[J]. 河南林业科技. 26 (4) : 31-33, 2006.
- [7] 姜启源. 数学模型 (第二版). 北京: 高等教育出版社, 1993: 225-227.
- [8] 万本太, 徐海根, 丁晖, 刘志磊, 王捷. 生物多样性综合评价方法研究[J]. 生物多样性. 15 (1) : 97-106, 2007.

参赛队号 # 1776

附录 A

省份	物种丰富度	生态系统类型多样性	植被垂直层谱的完整性	物种特有性	外来物种入侵度
北京	13.8	54.6	60	5.17	18.15
天津	8.9	9.2	60	4.31	21.66
河北	19.71	63.22	60	11.21	59.65
山西	17.4	63.79	60	13.79	38.75
内蒙古	19.07	30.46	60	7.76	29.31
辽宁	18.05	48.85	60	6.03	74.72
吉林	17.17	54.02	80	1.72	50.51
黑龙江	15.13	27.01	60	0.86	54.76
上海	15.28	40.8	60	2.59	29.02
江苏	18.69	45.4	60	15.52	100
浙江	33.5	51.15	100	34.48	41.99
安徽	23.88	55.75	100	22.41	67.78
福建	35.57	80.46	100	26.72	39.55
江西	27.75	74.71	100	39.66	44.45
山东	21.41	63.22	80	12.93	58.52
河南	24.56	60.92	80	31.03	41.58
湖北	37.71	80.46	80	68.1	25.04
湖南	30.89	83.91	100	52.59	26.83
广东	47.64	51.72	100	42.24	28.72
广西	54.12	80.46	100	64.66	16.74
海南	35.86	40.23	100	18.97	26.87
重庆	36.03	39.08	100	56.9	4.81
四川	61.41	73.56	100	100	24.79
贵州	36.83	83.91	100	68.97	28.25
云南	100	100	100	100	27.94
西藏	40.1	22.99	100	31.9	11.05
陕西	24.93	51.15	80	40.52	36.34
甘肃	29.32	48.85	80	33.62	24.98
青海	14.01	28.74	60	11.21	37.14
宁夏	12.59	39.66	60	3.45	32.15
新疆	26.5	96.55	60	0.86	25.45

附录 B

$X = [13.8 \ 54.6 \ 60 \ 5.17 \ 18.15$
 $8.9 \ 9.2 \ 60 \ 4.31 \ 21.66$
 $19.71 \ 63.22 \ 60 \ 11.21 \ 59.65$
 $17.4 \ 63.79 \ 60 \ 13.79 \ 38.75$
 $19.07 \ 30.46 \ 60 \ 7.76 \ 29.31$
 $18.05 \ 48.85 \ 60 \ 6.03 \ 74.72$
 $17.17 \ 54.02 \ 80 \ 1.72 \ 50.51$
 $15.13 \ 27.01 \ 60 \ 0.86 \ 54.76$
 $15.28 \ 40.8 \ 60 \ 2.59 \ 29.02$
 $18.69 \ 45.4 \ 60 \ 15.52 \ 100$
 $33.5 \ 51.15 \ 100 \ 34.48 \ 41.99$

参赛队号 # 1776

```

23.88    55.75    100 22.41    67.78
35.57    80.46    100 26.72    39.55
27.75    74.71    100 39.66    44.45
21.41    63.22    80  12.93    58.52
24.56    60.92    80  31.03    41.58
37.71    80.46    80  68.1 25.04
30.89    83.91    100 52.59    26.83
47.64    51.72    100 42.24    28.72
54.12    80.46    100 64.66    16.74
35.86    40.23    100 18.97    26.87
36.03    39.08    100 56.9 4.81
61.41    73.56    100 100 24.79
36.83    83.91    100 68.97    28.25
100 100 100 100 27.94
40.1 22.99    100 31.9 11.05
24.93    51.15    80  40.52    36.34
29.32    48.85    80  33.62    24.98
14.01    28.74    60  11.21    37.14
12.59    39.66    60  3.45 32.15
26.5 96.55    60  0.86 25.45
];
N=size(X);n1=N(1);n2=N(2);
%归一化
j=1:n2
m1(j)=min(X(:,j));
m2(j)=max(X(:,j));
m3=m2(j)-m1(j);
M=kron(m1,ones(n1,1));
S=kron(m3,ones(n1,1));
X=X-M;
S=1./S;
X=X.*S

anova1(X')
%模糊聚类分析
Y=pdist(X);
Z=linkage(Y);
T=cluster(Z,3);
T=T';
for j=1:3
    sprintf('第%d 类是:',j),
    find(T==j)
end
dendrogram(Z ,0)

```