

## 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：白小龙

队员 2：李江涛

队员 3：张浩

参赛队教练员（签名）：

参赛队伍组别：1016

## 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）：

1016

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 生物多样性的评估

关 键 词 生物多样性 BP 人工神经网络 模糊综合评价 AHP 层次分析法

### 摘 要：

本文建立了人工神经网络和模糊综合评价两个指标模型。

生物多样性包括 3 个主要因素及 13 个二级因素，量化这些因素来确定最终的生物多样性评价指标。

合理评价指标的确定关键在于各因素权重的确定，结合人工神经网络的自学习和自适应能力，我们首先建立了基于人工神经网络的评价指标，通过 BP 神经网络对样本进行训练，不断调整评价因素对评价指标的权重，以使各因素对目标的权重达到最优，进而得到理想的评价标准。

生物多样性评价中各因素是抽象、定性的，通过对某一地区的考察，无法给出某个因素具体的量化数据情况，只能模糊评价该因素的情况是恶劣还是良好。鉴于生物多样性评价模型的层次性，提出模糊综合评价指标。

模糊综合评价的模型中，由于评价因素的抽象性和难以量化性，我们利用层次分析法得到各因素对目标的权重，将评测人员对各因素感性的认识转化为具体的权重数值，同时减少由于评价人员主观因素对结果造成的影响，为模糊综合评判指标的确定提供了权值基础。该模型还将对各因素的认识划分为 5 个等级，运用偏大柯西分布隶属函数对各等级进行量化，得到其评语的量化值。根据具体情况，对各项二级因素打分，结合由偏大柯西分布的隶属函数确定的单项评语的量化值确定模糊评判集，再根据模糊评判理论，由各因素权值和模糊评判集得到生物多样性的评估指数。

在少量数据基础上，基于专家打分趋向正态分布的事实，我们模拟了专家考察团的评判，检验了模糊综合评价指标的全面性和有效性。文章最后对两种模型进行了比较，并对实际生物多样性评价给出两点建议，以利于今后考察和科研工作的开展。

参赛队号 \_\_\_\_\_

参赛密码 \_\_\_\_\_  
(由组委会填写)

所选题目 \_\_\_\_\_

# Biodiversity Evaluation

## Abstract

In this paper, we introduce two indicator models employing the artificial neural network and the fuzzy comprehensive evaluation model respectively. Biodiversity, including three major factors and 13 secondary factors, we quantify these factors to determine the final evaluation of biological diversity.

A reasonable evaluation of biological diversity is determined by the weight determination of all factors. Considering the adaptive self-learning ability of artificial neural networks, we first established a kind of evaluation based on BP artificial neural network. By training samples, we adjust all evaluation factors weights to make the various factors on the optimal target weight, and further to the ideal evaluation criteria.

Each factor of Biodiversity evaluation is abstract, qualitative. Through the survey of a region, a factor can not be specific quantitative data, we can only get evaluate the factors to be bad or good fuzzily. Considering the level of biodiversity evaluation model, we propose fuzzy comprehensive evaluation.

In fuzzy comprehensive evaluation model, as the evaluation factors are abstract and difficult to quantify, we use AHP to generate the target weights of various factors, converting perceptual knowledge into specific weight value, reducing the subjective factors in the impact on the results, providing a foundation for the determination of factor weights in fuzzy comprehensive evaluation. The model also divides the understanding of the factors into 5 grades, using larger membership function of the Cauchy distribution to quantify the level to get the reviews of the quantitative value. Depending on the situations, we grade all factors, combined with the membership functions of the individual reviews to determine the quantitative value of the Fuzzy sets. According to fuzzy evaluation theory, we get biological diversity evaluation by combining all factor weights and the Fuzzy Sets.

On small amount of data, based on the fact that experts tend to score as the normal distribution, we simulate the evaluation generated by experts and examine the comprehensiveness and effectiveness of fuzzy comprehensive evaluation. Finally, the two models were compared, and give two proposals for the actual evaluation of biological diversity in order to benefit the future study and research work.

## 一、 问题重述和背景分析

### 1.1 问题重述

生物多样性是所有生物种类、种类遗传变异和它们生存环境的总称,这种相互联系形成的生态系统对整个人类社会所起的作用是不可估量的。但由于近10年来生物多样性遭受了人类前所未有的超负荷利用,生态环境遭到严重破坏,保护生物多样性已成为全世界人民的共同呼声,生物多样性问题随之就成为生态学研究的重要的课题之一。人们在不同的领域分别提出了评价生物多样性的不同标准,但这些指标在一定程度上存在着缺陷,不能全面有效的对生物多样性进行评估,我们需要研究的问题就是综合考虑影响生物多样性的各个因素,建立一个合理的数学模型,给出评价生物多样性的指标,以利于今后考察和科研工作地开展

### 1.2 背景分析

2002年,世界各国领导人决定到2010年实现大幅降低生物多样性丧失的速度。在审查了提交的所有证据后,包括各缔约方提交的国家报告,第三版《全球生物多样性展望》认为这一目标没有实现。《展望》还警告说,造成生物多样性丧失的主要压力不仅继续存在,某些情况下还在加剧。

这种集体失败的后果如果不能迅速纠正,将会严重影响到我们所有人。生物多样性支持生态系统发挥作用,而且我们的粮食和淡水、保健和娱乐都依赖生态系统,要免遭自然灾害的侵害也离不开生态系统。生物多样性的丧失还从文化和精神上影响我们。

这方面也许难于量化,但它对于我们的福祉来说却非常重要。当前的趋势让我们更加接近若干潜在的临界点,其灾难性的后果是降低生态系统提供这方面重要服务的能力。最直接地依赖这些服务的穷人,将首先受到最严重的冲击。受到影响的是《千年发展目标》中提出的各项主要目标:粮食保障、消除贫困和提高人类的健康水平。

种种问题的出现要求我们更好的保护生物多样性,这也是生态学研究的重要课题之一。其内容涉及(1)生物多样性的形成、现状及其评价与对策;(2)生物多样性消失的原因及其后果与影响;(3)生物多样性的保护与保存的研究方法及其措施。其中生物多样性的评价是有效保护生物多样性、合理利用其资源、保证其可持续发展的关键,于是就有必要制定一套指标和标准,对生物多样性进行客观合理的评价,为人类对其合理的经营利用提供科学的指导也为国家和国际水平的政策讨论及贯彻实施提供更可靠的信息,意义相当重大。

尽管,自上世纪50年代以来已有不同的学者从不同的角度建立了一系列描述生物多样性的模型。如:基于分维几何学理论多样性、信息熵理论的物种多样性、假定了分布模式的多样性、Simpson思的多样性、单纯考虑物种数相对于物种个体总数变化和物种梯度变化模型。但后来的许多生态学家发现,上述大多数多样性模型都存在着一一定程度的缺陷。因此,基于对生物多样性的保护以及对全人类

---

参赛队号 # 1016

---

幸福的考虑,有必要提供一个能够全面考虑不同因素的对生物多样性进行测定的方法,综合而有效的评价生物多样性的指标,以利于今后考察和科研工作地开展。

## 二、 问题分析

传统的生物多样性评价方法只是清点物种数量。但是,生物多样性包括遗传多样性、物种多样性和生态系统多样性三个层次和水平[1] ()。

遗传多样性是指蕴藏在生物体基因中的遗传信息的综合,因此对其测度是比较复杂的,但总体上对于遗传基因的特征表现主要考虑种型情况、特有情况和古老残遗情况三个方面。

物种多样性是地球上现有生物有机体种的复杂多样性,包括群落种的物种数、总个体数、物种的多度和均匀度等。统计物种数是被最为广泛采用、也是最为简单的生物评价方法。但是,单纯以物种数作为评价标准具有较大片面性,考察某一地区的物种多样性还必须考虑到物种的相对丰度,即相对于这一地区的各个群落内,某种或某一类群生物的个体数量的估量。同时,随着生态环境遭到破坏,有很多物种处于濒危状态,这些物种的情况对于考察相应地区的生物多样性也有着举足轻重的作用,所以,生物多样性评价还不得不考虑某一地区的物种濒危程度。从宏观上,生物种群的稳定性对于考察某一地区的生物多样性也是至关重要的。最后,生物多样性日益受到人类生活的影响,全面的评价也必须把人类的威胁考虑进去。

生态系统多样性是指生物圈内生境、生物群落和生态学过程的多样化。是从宏观上考察生物多样性的必要手段,包括群落的组成、结构和动态。它是物种多样性的宏观与抽象。在认真领会其概念的基础上,列出以下指标对生态系统多样性进行评价,即生境类型多样性、生境稀有性、自然性、面积适宜性、生态系统稳定性。

综上,将生物多样性的评价指标归纳于图 1 (3 个主因素与 13 个子因素)。

这三者相辅相成,相互包容且相互关联,因此,全面而有效地评价生物多样性离不开综合考虑这三个方面的内容。

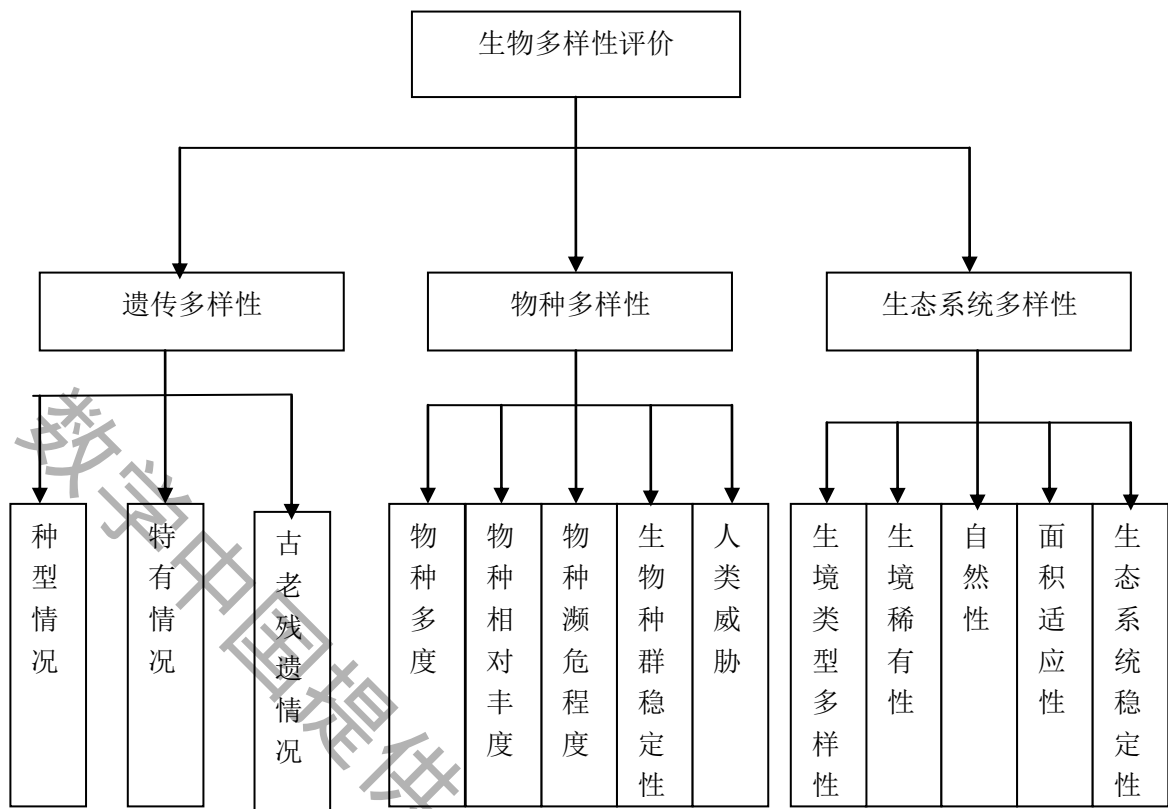


图 1 生物多样性评价指标

### 三、 符号说明

$D$ ——生物多样性指数

$CI$ ——比较矩阵的一致性指标

$RI$ ——随机一致性指标

$CR$ ——致性比率指标

$\lambda_{\max}$ ——比较矩阵的最大特征值

$R_A, R_B, R_C$ ——主要因素  $A, B, C$  的模糊评判矩阵

$V_A, V_B, V_C$ ——主要因素 A, B, C 的评语向量

$W$  ——主要因素的权值矩阵

$W_A, W_B, W_C$  ——二级因素权值矩阵

$\mu$  ——隶属度向量

## 四、 模型建立

### 模型一 人工神经网络的评价标准

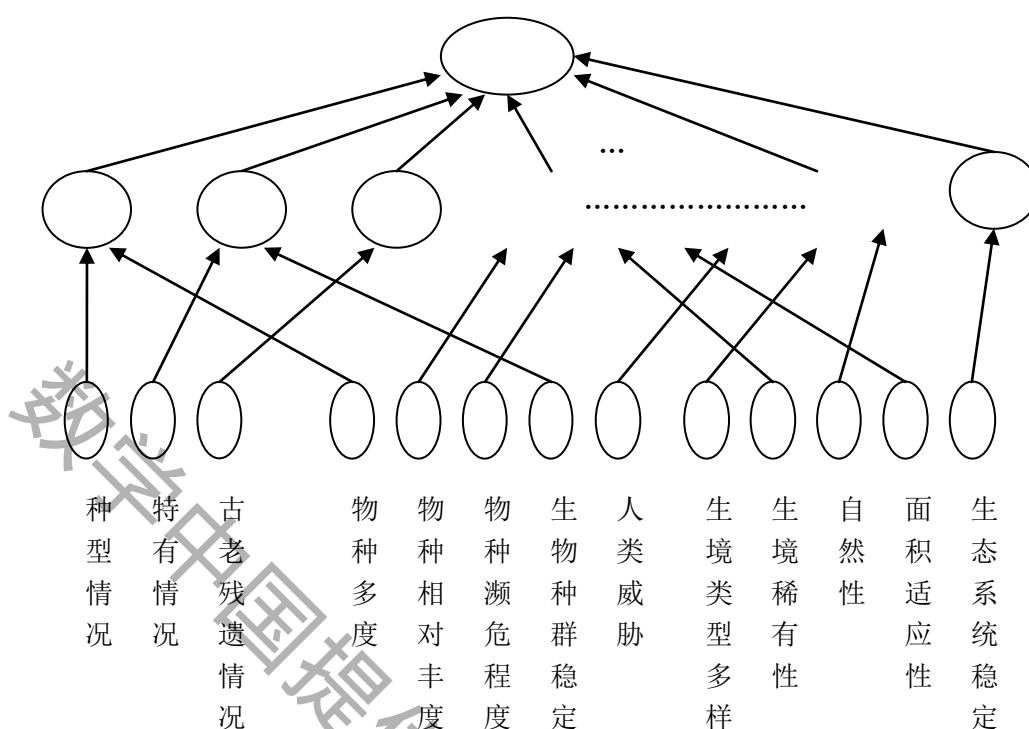
大多数考虑生物多样性层次结构的评价指标方案都是通过对所有的评价因素进行评分进而得出生物多样性评价总分，但各个因素对于评价指标的影响权重不尽相同。现有的方法都利用经验或专家知识确定权重，但这种方法十分单一，且不具有适应性。故生物多样性评价指标的关键在于确定所有 13 个因素对于最终评价指标的影响权重。

人工神经网络是一种模拟动物神经网络行为特征，进行分布式并行信息处理的算法数学模型。其依靠系统的复杂程度，通过调整内部大量节点之间相互连接的关系，从而达到处理信息的目的。人工神经网络具有自学习和自适应的能力，可以通过预先提供的一批相互对应的输入—输出数据，分析掌握两者之间潜在的规律，最终根据这些规律，用新的输入数据来推算输出结果，这种学习分析的过程被称为“训练”。



## 参赛队号 # 1016

## 生物多样性评价



我们建立一个三层 BP 人工神经网络，其输入节点数为 13，分别对应 13 个评价因素，输出节点为 1，对应评价分数（如图 2）。BP 神经网络通过训练，不断调整评价因素对评价指标的权重。并对测试样本进行预测。预测结果与实际结果的比较如下面 3 个图。

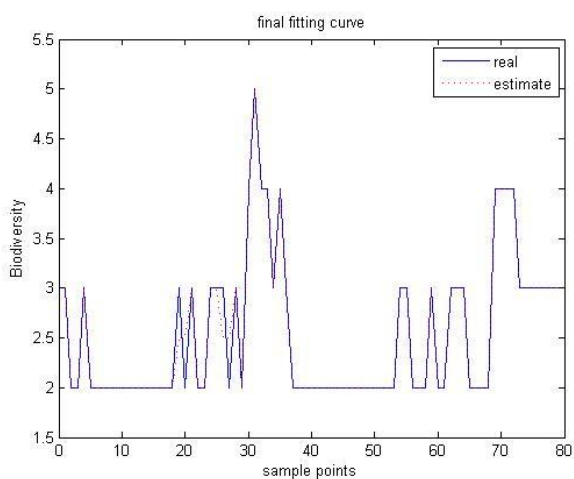


图 3 BP 结果一

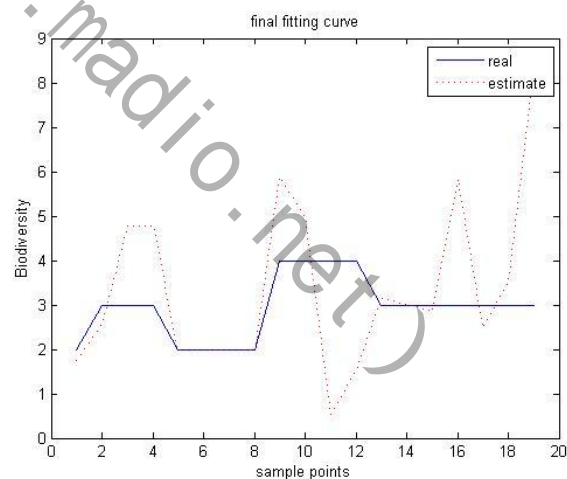


图 4 BP 结果二

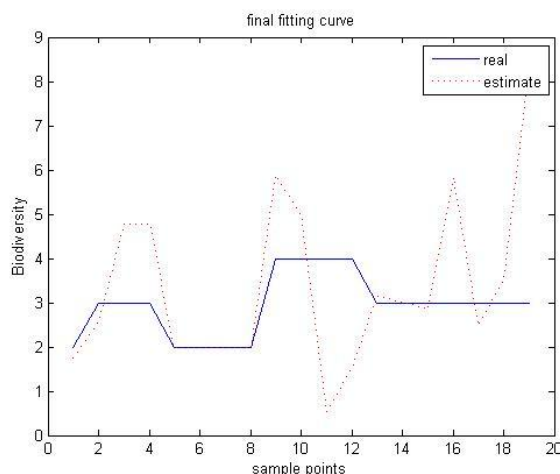


图 5 BP 结果三

## 模型二 模糊综合评判方法进行评判

首先，我们注意到“生物多样性”本身就是一个模糊的概念，其三个主因素：遗传多样性、物种多样性、生物系统多样性也都是模糊的概念。并且对生物多样性进行评价所需的所有 13 个二级因素（种型情况、特有情况等等）大部分是定性的（如自然性等），有的是定量的（如物种多度等），所有 13 个二级因素对于最终评价生物多样性的权重也是不尽相同的，而且具有不同的实际含义。所以我们利用综合模糊评价方法对物种多样性给出一个综合的评价方案。而在应用综合模糊评价方法中，必须考虑所有 13 个二级因素对于其相应的主因素以及最终生物多样性评价指标的影响权重。但鉴于评价目标（生物多样性）和大多数二级因素无法进行量化，且各个因素的实际意义与实际作用无法量化，故在确定各因素对于评价目标的权重时，我们采用层次分析法，通过对两两因素之间定性的比较，得到各个因素对于最终评价目标的定量的权重。

### 1. 利用层次分析法确定权向量

对模糊综合评价方法中各二级因素对其相应的主要因素的重重的确定，我们采用层次分析法（AHP）。

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。层次分析中很多因素的作用往往无法用量的方式描述，此时需要将半定性、半定量的问题转化为定量计算问题。层次分析法是解决这类问题的行之有效的方法。层次分析法将复杂的决策系统层次化，通过逐层比较各种关联因素的重要性来为分析、决策提供定量的依据，可以将各个因素之间相互定性的比较转换为对于目标的定量的权重。

## 参赛队号 # 1016

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。

对同一层次的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：

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	表示上述相邻判断的中间值
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 $a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}}$

遗传多样性	种型	特有	古老残遗
物种多度	1	5	9
相对丰度	1/5	1	4
濒临危度	1/9	1/4	1

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 5 & 9 \\ \frac{1}{5} & 1 & 4 \\ \frac{1}{9} & \frac{1}{4} & 1 \end{bmatrix}$$

物种多样性	物种多度	相对丰度	濒临危度	种群稳定性	人类因素
物种多度	1	5	1	9	9
相对丰度	1/5	1	1/5	4	4
濒临危度	1	5	1	9	9
种群稳定性	1/5	1/4	1/9	1	1
人类因素	1/9	1/4	1/9	1	1

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

## 参赛队号 # 1016

生态系统多样性	生境类型	生境稀有性	自然性	种群稳定性	人类因素
生境类型	1	5	1	9	9
生境稀有性	1/5	1	1/5	4	4
自然性	1	5	1	9	9
种群稳定性	1/5	1/4	1/9	1	1
人类因素	1/9	1/4	1/9	1	1

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

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

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

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

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

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	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45

得到：

$$\text{一致性指标 } CI_1 = 0.0356, CI_2 = 0.0356, CI_3 = 0.0356$$

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

于是  $W_A, W_B, W_C$  可作为二层因素对目标层的权重向量。

## 2. 利用模糊综合评价进行评价

模糊综合评价是模糊决策中的最常用的一种有效方法。该综合评价法根据模糊数学的隶属度理论把定性评价转化为定量评价，即用模糊数学对受到多种因素制约的事物或对象做出一个总体的评价。其基本原理是从影响问题的诸因素出发，确定被评价对象从优到劣若干等级的评价集合和评价指标的权

## 参赛队号 # 1016

重，对各指标分别做出相应的模糊评价，确定隶属函数，形成模糊判断矩阵，将其与权重矩阵进行模糊运算，得到定量的综合评价结果。

生物多样性评价的层次模型以及 13 个评价指标难以定量分析的特性决定了我们采用模糊综合评价来建立一个综合评价生物多样性的方案。

根据生物多样性评价指标的层次模型（图 1），对其进行客观评价时要将遗传多样性、物种多样性、生物系统多样性三个方面作为主要因素，以其各自的评价指标作为二级因素，共 13 个。由生物多样性评价指标的层次模型（图 1）得到模糊评判层次结构（表 1）。

表 1 各因素及其权值

主要因素	模糊矩阵	二级因素	权重
(A) 遗传多样性 a=1/3	$R_A$	(A1) 种型情况	0.735190
		(A2) 特有情况	0.199419
		(A3) 古老残遗情况	0.065391
(B) 物种多样性 b=1/3	$R_B$	(B1) 物种多度	0.402094
		(B2) 物种相对丰度	0.117085
		(B3) 物种濒临危度	0.402094
		(B4) 物种群稳定性	0.039363
		(B5) 人类因素	0.039363
(C) 生态系统多样性 c=1/3	$R_C$	(C1) 生境类型多样性	0.498192
		(C2) 生境稀有性	0.131690
		(C3) 自然性	0.256587
		(C4) 面积适应性	0.032616
		(C5) 生态系统稳定性	0.080915

## 参赛队号 # 1016

每个二级因素可以由生物科考人员根据实地考察给出一个评判集，可以构造出主要各因素的相应的评语向量，从而确定各主要因素的隶属度，求出生物多样性的综合评价指数。

根据综合模糊评判理论以及生物多样性理论，对于每个二级因素，我们给出由五个元素组成的评判集  $U=\{\text{等级 1, 等级 2, 等级 3, 等级 4, 等级 5}\}$ ，根据实际情况结合统计生物学知识，给出相应的评判标准（如表 2）。

各因素评判集

因素	等级 1	等级 2	等级 3	等级 4	等级 5
A1 种型情况	6 种	4 或 5 种	2、3 种	仅 1 种	没有
A2 特有情况	地区	省	区域 (2~4 省)	中国	非特有
A3 古老残遗情况	数量很多	多	少	较少	无
B1 物种多度	多样性极 丰 >2000 种	很多 >1500 种	一般 >1000 种	少 >500 种	极少 0~500 种
B2 物种相对丰度	>60%	50%~60%	30%~50	10%~30%	<10%
B3 物种濒临危度	全球性	国家重点保 护 I 类	国家重点 保护 II 类	国家重点保 护 III 类	区域性
B4 物种群稳定性	无法维持	很难	不易	尚可	可以
B5 人类因素	受保护	无	少量干扰	一定程度	很强
C1 生境类型 多样性	极为复杂	比较复杂	一般	比较简单	结构单一
C2 生境稀有性	全球稀有	国家稀有	生物地区	地区范围内 稀有	常见类型
C3 自然性	未受干扰	极少干扰	少量破坏	严重破坏	全面破坏

## 参赛队号 # 1016

C4 面积适应性	很适宜	较适宜	一般	不太适宜	很不适宜
C5 生态系统稳定性	顶极状态 结构完整	结构完整	一般	较脆弱	很脆弱

评判说明（以 A1 为例）：

（1）对于某一地区，若该地区含有的种型为 6 种，则将该地区的该因素评为第 1 等级，若有 4~5 种类型则评为第二等级，以此类推。

（2）各因素评判标准（仅标注模糊因素）：A2（冰期残遗数量），B1（高等植物种类），

B2（调查区域物种数占所在行政区总物种数比例），B3（物种受保护范围），B4（最小生存种群维持度），B5（人类干扰情况），C1（生态系统组成成分和结构复杂性）

在实际情况下，针对于某一地区的考察和科研工作通常由多名专家或专业人员共同完成，在对该地区进行实地考察后，这些专业人员会对该地区的上述所有二级因素进行评判，由评判结果构造出每个因素的评判和模糊矩阵。

由于各项评语实际意义不同，所起作用不尽相同，且属于定性分析，故我们对各项评语进行量化处理。我们已对每个二级因素给出了含有五个元素组成的评判集  $U = \{\text{等级1, 等级2, 等级3, 等级4, 等级5}\}$ ，不妨设其对应的数值分别为 5, 4, 3, 2, 1，根据实际情况取偏大柯西分布隶属函数

$$F(x) = \begin{cases} [1 + \alpha(x - \beta)^{-2}]^{-1}, & 1 \leq x \leq 3, \\ a \ln x + b, & 3 < x \leq 5 \end{cases}$$

其中  $\alpha, \beta, a, b$  为待定系数，实际上，当评判为“等级 1”时，则隶属度为 1，即  $F(5)=1$ ；当评判为“等级 3”时，则隶属度为 0.8，即  $F(3)=0.8$ ；当评判为“等级 5”时，则隶属度认为是 0.01，即  $F(1)=0.01$ ，于是可以确定出

$$\alpha = 1.1086, \beta = 0.8942, a = 0.3915, b = 0.3699$$

将其代入上式可得隶属函数为

$$F(x) = \begin{cases} [1 + 1.1086(x - 0.8942)^{-2}]^{-1}, & 1 \leq x \leq 3, \\ 0.3915 \ln x + 0.3699, & 3 < x \leq 5 \end{cases}$$

经计算得：

$F(2)=0.5245, F(4)=0.9126$ ，则考察人员对于某一地区的单项因素的评判集  $U = \{\text{等级1, 等级2, 等级3, 等级4, 等级5}\}$  的量化值为  $\{1, 0.9126, 0.8, 0.5245, 0.01\}$ ，

由表2的数据可以得到考察人员对每一个二级因素的评语的量化值，例如，对 A 的三项二级因素的评语为 {等级1, 等级4, 等级5}，则其相应的量化值为  $\{1, 0.5245, 0.01\}$ 。

同时，各个专家的评价有一定差异，但总体上对于某地区的某个二级因素，评价其为某一等级的专家比率符合正态分布。如：主要因素 A 包括二级因素 A1、



## 参赛队号 # 1016

A2、A3, 评判结果分别为 $(r_{11}, r_{12}, r_{13}, r_{14}, r_{15}) (r_{21}, r_{22}, r_{23}, r_{24}, r_{25}) (r_{31}, r_{32}, r_{33}, r_{34}, r_{35})$   
其中

$$r_{ij} = \frac{\text{评其为第 } j \text{ 个等级的人数}}{\text{参与评判的总人数}} \times \text{评语集的量化值} = p_{ij} \times \text{评语集的量化值},$$

$i=1, 2, 3; j=1, 2, \dots, 5;$

$P_{ij} (j=1, 2, \dots, 5)$  符合正态分布。

则相应的主要因素模糊评判矩阵为

$$R_A = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{15} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{25} \\ r_{31} & r_{32} & \cdots & r_{35} \end{bmatrix}$$

同理, 可构造出主要因素 B, C 的模糊评判矩阵  $R_B, R_C$  均为  $5 \times 5$  矩阵。

将  $r_{ij}$  作为第  $i$  个二级因素第  $j$  个等级的隶属度. 于是可得 3 个主要因素的模糊评

判矩阵  $R_A, R_B, R_C$  则相应的评语向量分别为

$$V_A = W_A \cdot R_A = (a_1, a_2, a_3) \cdot R_A = (v_{a1}, v_{a2}, v_{a3}, v_{a4}, v_{a5})$$

$$V_B = W_B \cdot R_B = (b_1, b_2, b_3) \cdot R_B = (v_{b1}, v_{b2}, v_{b3}, v_{b4}, v_{b5})$$

$$V_C = W_C \cdot R_C = (c_1, c_2, c_3) \cdot R_C = (v_{c1}, v_{c2}, v_{c3}, v_{c4}, v_{c5})$$

令  $\mu_1 = \sum_{j=1}^5 v_{aj}, \mu_2 = \sum_{j=1}^5 v_{bj}, \mu_3 = \sum_{j=1}^5 v_{cj}$ , 则  $\mu_1, \mu_2, \mu_3$  分别是主要因素为 A,

B, C 的隶属度, 其隶属度向量记为  $(\mu_1, \mu_2, \mu_3)^T$ . 于是可得对生物多样性的综合评价

$$D = W \cdot \mu = \frac{1}{3} \mu_1 + \frac{1}{3} \mu_2 + \frac{1}{3} \mu_3$$

D 的值域为  $[0, 1]$ .

## 五、模型检验

求解中, 我们以安徽省所有地区 (共 79 个) 生物多样性数据作为模糊综合评价输入数据 (数据见附录 1)。由于已有数据只是某一单位实地考察的统计数据及评价分级, 没有多个专家参与评价, 其生物多样性评价结果趋于单一, 但仍具有代表性。我们根据专家评分结果服从正态分布的事实, 以已有的评分结果为基准, 生成符合正态分布的模拟数据, 以达到接近实际情况的多个专家评测。即在确定模糊评判矩阵  $R_A, R_B, R_C$  时, 模拟生成满足正态分布的  $r_{ij}$ . 使得计算  $r_{ij}$  所需

的  $p_{ij} = \frac{\text{评其为第 } j \text{ 个等级的人数}}{\text{参与评判的总人数}}$  满足正态分布。同时, 由于专家评分随机性较强, 故加入浮动因子, 使其近似接近正态分布。



## 参赛队号 # 1016

模型检验结果如图 3, 已有的评分情况如图 4.

安徽省79个地区模糊综合评价指标

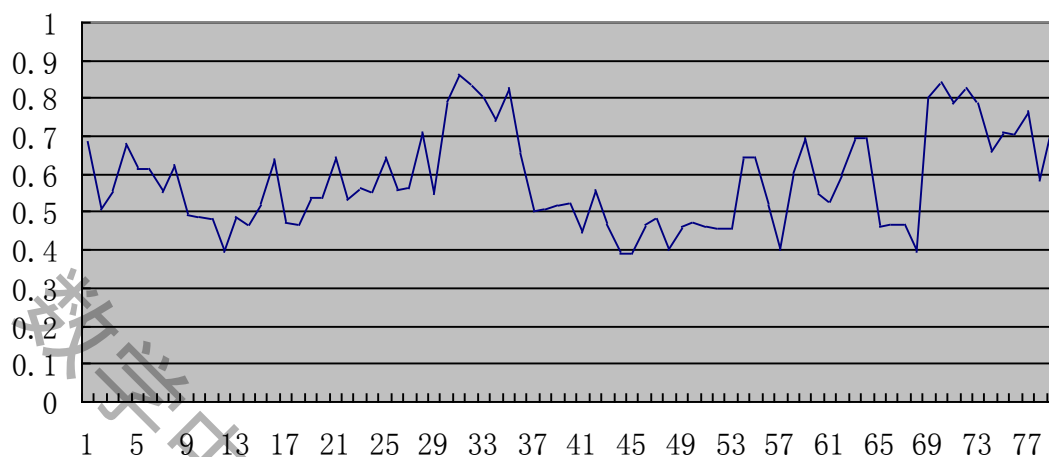


图 7 模糊综合评价确定的指标

图 4 安徽省79个地区已有评分情况

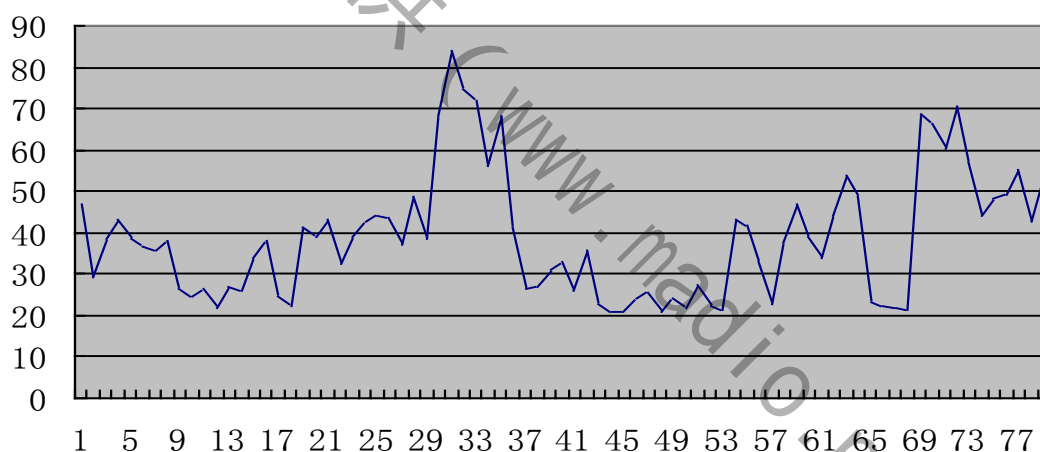


图 8 已有评价方案确定的指标

从图中我们可以看出模糊综合评价指标曲线走向与已有评分情况基本相同。且走向更加多样化, 趋势更加平滑。所以模糊综合评价指标较能反映真实生物多样性。

## 六、 模型优缺点及模型比较

### 1. 模型优点

#### 1. 1 人工神经网络评价指标

人工神经网络指标依赖于训练样本，包括实际考察数据与已有的评价，其实质上是对其它方法的综合。主要优点在于确定的权值具有适应性。较之以往通过经验求得的权重更加符合实际。

### 1. 2 模糊综合评价指标

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；依据实际问题具体情况，利用层次分析法，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，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。

由于各二级因素是抽象的，所以通过对某一地区的考察，我们无法给出某个因素具体的数据情况，只能模糊地描述该因素的情况是糟糕还是好，在模型中我们给定大家熟悉的且对于抽象事物描述的常用方法，评判集  $U = \{\text{等级 1, 等级 2, 等级 3, 等级 4, 等级 5}\}$ ，然后运用隶属函数知识对其量化，得到二级因素的评语的量化值，再一次实现了由感性到理性的转换。

其次，根据生态考察的实际状况，得知在对某地区的生态评估中通常会多人参加，不妨把这些人作为评委，根据当地的具体情况，对该地区的各项二级因素打分，确定模糊评判集，再根据模糊评判的理论，综合运用有层次分析法得到的各因素权值，由偏大柯西分布的隶属函数确定的单项评语的量化值和对具体某一二级因素的评判情况得到生物多样性的评估指数。

在缺少真实数据的基础上，对某一区域生物多样性评价是很难做到的，在现有的少量数据基础上，基于专家打分趋向正态分布的事实，我们对考察团的评判进行了模拟，并验证了综合评价指标的可靠性。

### 2. 模型缺点：

对于模型一神经网络方法，该方法本身需要用大量的数据进行有效训练，以确定二级因素权值的合理性，但在我国还未有哪个生态机构可以提供足够的数据，所以对该模型的推广使用需要一个相当长的时间和过程。

模型二中，用层次分析法确定的权值是在人的感性的对各因素的对比中得到的，因此具有一定的主观性，实际中可以根据侧重点适当调整，若能详细分析个因素间的关系，可能会更客观，这需要专业人员的共同努力。

### 3. 模型比较

人工神经网络指标需要大量样本，这在实际工作中通常难以获得。并且人工神经网络指标实质上是对前人多种评判方法的综合，仍然需要依赖于前人的评价成果，故无法摆脱已有评价的缺陷与不足。人工神经网络指标无法考虑定性的评价因素，只能对定性数据进行评价。

模糊综合评价指标综合多名专家的意见，具有良好的综合性和适应性。针对实际采集的数据可以进行良好的评价。且模糊综合评价指标完全使用定性数据的评价，对数据类型没有要求，更易于应用到实际的生物多样性评价当中。

#### 4. 建议和意见

1)考察某一地区生物多样性时,要在生物多样性数据收集时搜集大量翔实、有效的生物多样性数据。不能只进行物种个数的采集,必须从生物多样性评价的层次模型出发,综合收集遗传多样性(如种型情况、古老残遗情况等)、物种多样性(如物种多度、物种相对丰度与人类威胁等)和生态系统多样性(生境多样性、自然性)三方面的物种多样性数据。

2)评价某一地区生物多样性时,有很多评价因素无法量化,但是可以通过专家投票的方式对评价因素进行投票,再通过本文中所提到的模糊综合评价指标进行评价,并用本文中提到的层次分析法定量计算各因素对于评价指标的权重。

数学中国提供 (www.madio.net)

## 七、 参考资料

- [1]韩中庚 数学建模方法与其应用 解放军信息工程大学 2005 年 6 月
- [2]蒋启源 数学建模（第三版） 高等教育出版社 1987 年 4 月
- [3]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 6 月
- [4]全球生物多样性展望（第三版） 全球生物多样性秘书处 2010 年
- [5]郑茂 安徽省生物多样性研究 合肥工业大学 2010 年 5 月
- [6]岳天祥等 生物多样性的理论分析 地球信息科学第 1 期 1996 年 6 月

## 参赛队号 # 1016

## 附录 1

安徽省 79 个地区各评价因素、已有评分情况以及模糊评价指标：

地区	种 型	特 有	古 老	物 种 多 度	物 种 丰 富 度	物 种 濒 危 度	生 物 种 群 稳 定 性	人 类 威 胁	生 态 系 统 类 型	物 种 特 有 性	生 境 自 然 度	外 来 物 种 入 侵 度	物 种 受 威 胁 程 度	已 有 生 物 多 样 性 评 价 指 标	模 糊 综 合 评 价 指 标
合肥市	3	2	2	3	3	3	3	4	3	2	1	3	3	3	0.6854
长丰县	2	1	1	2	2	1	1	4	3	1	1	4	1	2	0.507729
月巴东县	2	2	2	2	2	2	2	4	3	2	1	5	2	2	0.559207
肥西县	3	2	2	3	3	3	3	4	3	2	1	3	3	3	0.680266
芜湖市	3	2	2	3	3	2	2	4	2	2	1	3	2	2	0.614602
芜湖县	3	2	2	3	3	2	2	4	2	2	1	3	2	2	0.614023
繁昌县	2	2	2	2	2	2	2	4	2	2	3	4	2	2	0.553716
南	3	2	2	3	3	2	2	4	2	2	2	4	2	2	0.

## 参赛队号 # 1016

陵县															62 62 85
蚌埠市	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1	5	1	2	0. 49 10 8
怀远县	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1	5	1	2	0. 48 68 17
五河县	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1	5	1	2	0. 48 28 28
固镇县	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	5	1	2	0. 39 42 94
淮南市	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1	5	1	2	0. 48 76 79
凤台县	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1	5	1	2	0. 46 87 28
马鞍山	2	2	2	2	2	2	2	5	2	2	1	4	2	2	0. 52 52 15
当涂县	3	2	2	3	3	3	2	5	2	2	1	3	2	2	0. 64 02 38
淮北市	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1	5	1	2	0. 47 31 9
濉溪县	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1	5	1	2	0. 46 75 34
铜	2	2	2	2	2	2	2	5	2	2	2	3	2	3	0.

## 参赛队号 # 1016

陵市															53 68 29
铜陵县	2	2	2	2	2	2	2	5	2	2	2	3	2	2	0. 53 75 43
安庆市	3	2	2	3	3	3	3	2	2	2	1	3	3	3	0. 64 35 66
怀宁县	2	2	2	2	2	1	2	2	3	2	1	4	2	2	0. 53 48 11
机阳县	2	2	2	2	2	2	3	2	3	2	1	3	3	2	0. 56 40 75
潜山县	2	2	2	2	2	1	3	2	4	2	1	2	3	3	0. 55 27 07
太湖县	3	2	2	3	3	1	3	2	4	2	1	2	3	3	0. 64 36 03
宿松县	2	2	2	2	2	2	3	2	3	2	1	3	3	3	0. 56 02 74
望江县	2	2	2	2	2	2	3	2	3	2	1	3	3	2	0. 56 27 8
岳西县	3	3	3	3	3	2	3	2	4	3	2	2	3	3	0. 70 92 13
桐城市	2	2	2	2	2	1	2	2	4	2	1	3	2	2	0. 54 68 74
黄	4	5	5	4	4	2	3	2	5	5	3	2	3	4	0.

## 参赛队号 # 1016

山市															79 19 79
黄山区	5	5	5	5	5	4	5	2	5	5	5	1	5	5	0. 86 16 85
歙县	4	5	5	4	4	3	5	2	5	5	5	2	5	4	0. 83 10 49
休宁县	4	5	5	4	4	3	5	2	5	5	2	2	5	4	0. 80 03 89
黔县	3	3	3	3	3	2	3	2	5	3	4	2	3	3	0. 74 12 72
祁门县	4	4	4	4	4	3	4	2	5	4	5	2	4	4	0. 82 89 25
滁州市	3	2	2	3	3	2	3	2	3	2	1	2	3	3	0. 65 24 78
来安县	2	1	1	2	2	1	1	2	3	1	1	4	1	2	0. 50 37 17
全椒县	2	1	1	2	2	1	1	2	3	1	1	4	1	2	0. 50 77 43
定远县	2	2	2	2	2	1	1	2	3	2	1	3	1	2	0. 51 82 62
凤阳县	2	2	2	2	2	1	1	2	3	2	1	4	1	2	0. 52 23 08
天	1	1	1	1	1	1	1	2	3	1	1	4	1	2	0.



## 参赛队号 # 1016

长市															44 47 29
明光市	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	1	3	2	2	0. 55 62 9
阜阳市	2	1	1	2	2	1	1	1	2	1	1	5	1	2	0. 46 74 81
临泉县	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	5	1	2	0. 38 97 3
太和县	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	5	1	2	0. 39 25 25
阜南县	2	1	1	2	2	1	1	1	2	1	1	5	1	2	0. 46 46 7
颍上县	2	2	2	2	2	1	1	1	2	2	1	5	1	2	0. 48 38 38
界首市	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	5	1	2	0. 40 08 1
宿州市	2	1	1	2	2	1	1	1	2	1	1	5	1	2	0. 46 13 29
场山县	2	1	1	2	2	1	1	1	2	1	1	5	1	2	0. 47 26 37
萧县	2	1	1	2	2	1	1	1	2	1	1	4	1	2	0. 46 33 33
灵	2	1	1	2	2	1	1	1	2	1	1	5	1	2	0.

## 参赛队号 # 1016

璧县															45 79 49
泗县	2	1	1	2	2	1	1	1	2	1	1	5	1	2	0. 45 75 27
巢湖市	3	2	2	3	3	2	2	2	3	2	1	3	2	3	0. 64 56 16
庐江县	3	2	2	3	3	2	2	2	3	2	1	3	2	3	0. 64 51 06
无为县	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	4	2	2	0. 51 77 46
含山县	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	5	1	2	0. 39 91 74
和县	3	2	2	3	3	2	2	2	2	2	1	2	2	2	0. 60 53 73
六安市	3	2	2	3	3	3	3	1	4	2	1	2	3	3	0. 69 38 8
寿县	2	2	2	2	2	2	2	1	3	2	1	4	2	2	0. 54 95 56
霍邱县	2	2	2	2	2	1	2	1	3	2	1	4	2	2	0. 52 80 31
舒城县	2	2	2	2	2	3	2	1	4	2	1	2	2	3	0. 59 72 19
金	3	3	3	3	3	2	3	1	4	3	1	2	3	3	0.

## 参赛队号 # 1016

寨县															69 56 24
霍山县	3	3	3	3	3	2	3	1	4	3	1	2	3	3	0. 69 38 98
亳州市	2	1	1	2	2	1	1	1	2	1	1	5	1	2	0. 46 22 05
涡阳县	2	1	1	2	2	1	1	1	2	1	1	5	1	2	0. 46 59 24
蒙城县	2	1	1	2	2	1	1	1	2	1	1	5	1	2	0. 46 56 25
利辛县	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	5	1	2	0. 39 39 34
池州市	4	4	4	4	4	5	5	2	5	4	1	2	5	4	0. 80 24 25
东至县	4	4	4	4	4	4	5	2	5	4	4	2	5	4	0. 84 05 31
石台县	3	4	4	3	3	3	4	2	4	4	5	2	4	4	0. 78 48 36
青阳县	4	4	4	4	4	3	4	2	5	4	5	2	4	4	0. 82 84 09
宣城市	4	3	3	4	4	2	4	2	5	3	4	2	4	3	0. 78 84 79
郎	3	2	2	3	3	2	2	2	4	2	1	2	2	3	0.

## 参赛队号 # 1016

溪县															66 10 32
广德县	3	2	2	3	3	2	3	2	4	2	5	2	3	3	0. 71 10 77
泾县	3	2	2	3	3	3	3	2	5	2	1	2	3	3	0. 70 63 91
绩溪县	3	3	3	3	3	3	3	2	4	3	5	5	3	3	0. 76 80 8
族德县	2	2	2	2	2	2	3	2	5	2	1	2	3	3	0. 58 37 87
宁国市	2	2	3	3	3	5	2	4	2	5	2	5	3	2	0. 74 36 43

## 参赛队号 # 1016

## 附录 2

BP 神经网络标准化后的建模数据集：

m\_data=[

3	2	2	3	3	3	3	4	3	2	1	3	3	3
2	1	1	2	2	1	1	4	3	1	1	4	1	2
2	2	2	2	2	2	2	4	3	2	1	5	2	2
3	2	2	3	3	3	3	4	3	2	1	3	3	3
3	2	2	3	3	2	2	4	2	2	1	3	2	2
3	2	2	3	3	2	2	4	2	2	1	3	2	2
2	2	2	2	2	2	2	4	2	2	3	4	2	2
3	2	2	3	3	2	2	4	2	2	2	4	2	2
2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1	5	1	2
2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1	5	1	2
2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1	5	1	2
1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	5	1	2
2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1	5	1	2
2	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1	5	1	2
2	2	2	2	2	2	2	5	2	2	1	4	2	2
3	2	2	3	3	3	2	5	2	2	1	3	2	2
2	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1	5	1	2
2	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1	5	1	2
2	2	2	2	2	2	2	5	2	2	2	3	2	3
2	2	2	2	2	2	2	5	2	2	2	3	2	2
3	2	2	3	3	3	3	2	2	2	1	3	3	3
2	2	2	2	2	1	2	2	3	2	1	4	2	2
2	2	2	2	2	2	3	2	3	2	1	3	3	2
2	2	2	2	2	1	3	2	4	2	1	2	3	3
3	2	2	3	3	1	3	2	4	2	1	2	3	3
2	2	2	2	2	2	3	2	3	2	1	3	3	3
2	2	2	2	2	2	3	2	3	2	1	3	3	2
3	3	3	3	3	2	3	2	4	3	2	2	3	3
2	2	2	2	2	1	2	2	4	2	1	3	2	2
4	5	5	4	4	2	3	2	5	5	3	2	3	4
5	5	5	5	5	4	5	2	5	5	5	1	5	5
4	5	5	4	4	3	5	2	5	5	5	2	5	4
4	5	5	4	4	3	5	2	5	5	2	2	5	4
3	3	3	3	3	2	3	2	5	3	4	2	3	3
4	4	4	4	4	3	4	2	5	4	5	2	4	4
3	2	2	3	3	2	3	2	3	2	1	2	3	3
2	1	1	2	2	1	1	2	3	1	1	4	1	2
2	1	1	2	2	1	1	2	3	1	1	4	1	2
2	2	2	2	2	1	1	2	3	2	1	3	1	2

## 参赛队号 # 1016

2	2	2	2	2	1	1	2	3	2	1	4	1	2
1	1	1	1	1	1	1	2	3	1	1	4	1	2
2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	1	3	2	2
2	1	1	2	2	1	1	1	2	1	1	5	1	2
1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	5	1	2
1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	5	1	2
2	1	1	2	2	1	1	1	2	1	1	5	1	2
2	2	2	2	2	1	1	1	2	2	1	5	1	2
1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	5	1	2
2	1	1	2	2	1	1	1	2	1	1	5	1	2
2	1	1	2	2	1	1	1	2	1	1	5	1	2
2	1	1	2	2	1	1	1	2	1	1	4	1	2
2	1	1	2	2	1	1	1	2	1	1	5	1	2
2	1	1	2	2	1	1	1	2	1	1	5	1	2
3	2	2	3	3	2	2	2	3	2	1	3	2	3
3	2	2	3	3	2	2	2	3	2	1	3	2	3
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	4	2	2
1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	5	1	2
3	2	2	3	3	2	2	2	2	2	1	2	2	2
3	2	2	3	3	3	3	3	1	4	2	1	2	3
2	2	2	2	2	2	2	2	1	3	2	1	4	2
2	2	2	2	2	1	2	1	3	2	1	4	2	2
2	2	2	2	2	3	2	1	4	2	1	2	2	3
3	3	3	3	3	2	3	1	4	3	1	2	3	3
3	3	3	3	3	2	3	1	4	3	1	2	3	3
2	1	1	2	2	1	1	1	2	1	1	5	1	2
2	1	1	2	2	1	1	1	2	1	1	5	1	2
2	1	1	2	2	1	1	1	2	1	1	5	1	2
1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	5	1	2
4	4	4	4	4	5	5	2	5	4	1	2	5	4
4	4	4	4	4	4	5	2	5	4	4	2	5	4
3	4	4	3	3	3	4	2	4	4	5	2	4	4
4	4	4	4	4	3	4	2	5	4	5	2	4	4
4	3	3	4	4	2	4	2	5	3	4	2	4	3
3	2	2	3	3	2	2	2	4	2	1	2	2	3
3	2	2	3	3	2	3	2	4	2	5	2	3	3
3	2	2	3	3	3	3	2	5	2	1	2	3	3
3	3	3	3	3	3	3	2	4	3	5	5	3	3
2	2	2	2	2	2	3	2	5	2	1	2	3	3
3	2	2	3	3	3	5	2	4	2	5	2	5	3

];

count=[1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14];

for i=1 : size(m\_data,1)

for j=1 : 13

## 参赛队号 # 1016

```
m_data(i,j)=(m_data(i,j)-min(m_data(:,j),[],1))/(max(m_data(:,j),[],1)-min(m_data(:,j),[],1));
end
end
Count=70;
%定义网络输入 p 和期望输出 t
p1=m_data(1:Count,1:13);
t1=m_data(1:Count,14);
p=p1';t=t1';
%设置网络隐单元的神经元数(5~30 验证后 10 个最好)
n=30;
%建立相应的 BP 网络
net=newff(minmax(p),[n,1],{'tansig','purelin'},'trainlm');
%对没有训练的网络仿真
y1=sim(net,p);
%绘制仿真得到的曲线
%figure
%plot(t);
%hold on
%plot(y1,'r:');
%legend('真实值','估计值');
%title('没有训练的 BP 网络模型输出拟合曲线');
%xlabel('输入样本点');
%ylabel('汽车保有量');
%hold off
%训练网络
net.trainParam.epochs=2000;
net.trainParam.lr=0.05;
net.trainParam.goal=0.005;
net=train(net,p,t);
%对训练后的网络进行仿真
y=sim(net,p);
%绘出训练后的仿真结果
%net.IW{1,1}          % 输入层到隐层的权值
%net.b{1,1}           % 输入层到隐层的阈值
%net.IW{2,1}          % 隐层到输出层的权值
%net.b{2,1}           % 隐层到输出层的阈值

%figure;
%plot(t);
%hold on;
```

## 参赛队号 # 1016

```
%plot(y, 'r:');
%legend('real', 'estimate');
%title('fitting curve');
%xlabel('sample points');
%ylabel('Passenger car ownership');
E=t-y;
ysse=sse(E);
ymse=mse(E);
hold off;

% figure
% plot(1:Count, E);
%polyfit(1:Count, E, 3);
p1=m_data(Count+1:79, 1:13);
t1=m_data(Count+1:79, 14);
p=p1';t=t1';
%plot(t);
y=sim(net, p)
t
figure
plot(t);
hold on;
plot(y, 'r:');
legend('real', 'estimate');
title('final fitting curve');
xlabel('sample points');
ylabel('Biodiversity');
%y*(4500.3924-81.62)+81.6
%E=t-y;
%ysse=sse(E);
%ymse=mse(E);
```



## 附录 3

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");
    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;
    //-----3*3 a-----
    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;
    }
```

## 参赛队号 # 1016

```
fprintf(fpar, "%lf %lf %lf\n", wa[0], wa[1], wa[2]);

//-----5*5 b-----
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]);

//-----5*5 c-----
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];
}
```

## 参赛队号 # 1016

```

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
]);

/*-----3*3 d-----
total=3;
for(i=0;i<3;i++)
    for(j=0;j<3;j++)
    {
        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 4

求模糊评判矩阵 c 程序代码：

```
#include<stdio.h>
#include<math.h>
#include<stdlib.h>
#include<time.h>
double normal[5][5]={0.45,0.25,0.15,0.1,0.05},
                    {0.2,0.45,0.2,0.1,0.05},
                    {0.05,0.2,0.5,0.2,0.05},
                    {0.05,0.1,0.2,0.45,0.2},
                    {0.05,0.1,0.15,0.25,0.45}};
double kexi[5]={1,0.9126,0.8,0.5245,0.01};
int main()
{
    int casetotal=79;
    int casecnt;
    int itemcnt;
    int data[79][13];
    int i;
    double updown;
    srand(time(0));
    FILE *fp1=fopen("data.txt","r");
    FILE *fp2=fopen("resutl.txt","w");
    for(casecnt=0;casecnt<casetotal;casecnt++)
    {
        for(itemcnt=0;itemcnt<13;itemcnt++)
        {
            fscanf(fp1,"%d",&data[casecnt][itemcnt]);
        }
        //-----3-----
        for(itemcnt=0;itemcnt<3;itemcnt++)
        {
            updown=(rand()%100)/1000.0;
            for(i=0;i<5;i++)
            {
                if(i==5-data[casecnt][itemcnt])
                {
                    fprintf(fp2,"%lf\t", (normal[5-data[casecnt][itemcnt]][i]+updown)*
                    kexi[i]);
                }
            }
        }
    }
}
```

## 参赛队号 # 1016

```

        else
        {

            fprintf(fp2, "%lf\t", (normal[5-data[casecnt][itemcnt]][i]-updown/4
            .0)*kexi[i]);
        }

    }
    fprintf(fp2, "\n");
}
fprintf(fp2, "\n");
//-----5-----
for(itemcnt=3;itemcnt<8;itemcnt++)
{
    updown=(rand()%100)/1000.0;
    for(i=0;i<5;i++)
    {
        if(i==5-data[casecnt][itemcnt])
        {

            fprintf(fp2, "%lf\t", (normal[5-data[casecnt][itemcnt]][i]+updown)*
            kexi[i]);
        }
        else
        {

            fprintf(fp2, "%lf\t", (normal[5-data[casecnt][itemcnt]][i]-updown/4
            .0)*kexi[i]);
        }
    }
    fprintf(fp2, "\n");
}
fprintf(fp2, "\n");
//-----5-----
for(itemcnt=8;itemcnt<13;itemcnt++)
{
    updown=(rand()%100)/1000.0;
    for(i=0;i<5;i++)
    {
        if(i==5-data[casecnt][itemcnt])
        {

            fprintf(fp2, "%lf\t", (normal[5-data[casecnt][itemcnt]][i]+updown)*

```

## 参赛队号 # 1016

```
kexi[i]);
        }
        else
        {

            fprintf(fp2, "%lf\t", (normal[5-data[casecnt][itemcnt]][i]-updown/4
            .0)*kexi[i]);
        }

    }
    fprintf(fp2, "\n");
}
fprintf(fp2, "\n\n\n");
}
return 0;
}
```