

第七届数学中国数学建模网络挑战赛

地址：数学中国数学建模网络挑战赛组委会
电话：0471-4969085

邮编：010021

网址：www.tzmcm.cn
Email：2014@tzmcm.cn

第七届“认证杯”数学中国

数学建模网络挑战赛

承诺书

我们仔细阅读了第七届“认证杯”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，我们接受相应处理结果。

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：**#4567**

参赛队员（签名）：

队员 1：李山山

队员 2：谢邦婷

队员 3：袁晓琴

参赛队教练员（签名）：

参赛队伍组别：本科组

第七届数学中国数学建模网络挑战赛

地址：数学中国数学建模网络挑战赛组委会
电话：0471-4969085

邮编：010021

网址：www.tzmcm.cn
Email：2014@tzmcm.cn

第七届“认证杯”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）：

#4567

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）：

第七届数学中国数学建模网络挑战赛

地址：数学中国数学建模网络挑战赛组委会
电话：0471-4969085

邮编：010021

网址：www.tzmcm.cn
Email：2014@tzmcm.cn

2014 年第七届“认证杯”数学中国 数学建模网络挑战赛第一阶段论文

题 目 不同轮胎花纹设计方案最佳行驶路面情况的浅析

关 键 词 轮胎花纹形状 汽车性能 行驶路面情况 层次分析法 MATLAB

摘 要：

本文亮点在于采用基于层次分析法的模糊数学模型。

首先，建立建立层次分析模型，充分考虑每个指标对综合评价的贡献，并把贡献按权值进行分配；通过层次分析法中的归一化处理，得到两两指标间的相对重要性的定量描述，从而解决不同指标间的差异。其次建立模糊综合比较模型，输入因素之间比较的数据，通过最大隶属度原则把模糊评价结果作为综合评价最终的结果。

本文讨论针对轮胎花纹的不同设计方案确定花纹在各种情况下的最佳适用范围的问题。引入层次与模糊分析相结合的概念，简化模型，使得文中花纹的最佳适用范围只考虑路面情况，根据三种花纹的四个性能，对每一种花纹形状进行层次分析，以专家投票建议的方法对数据进行模糊分析处理。其中分别以普通花纹、混合花纹、越野花纹分别作为目标层，花纹的抓地性、排水性、散热性、防噪性为准则层，以四种不同的路面情况——松软路面、碎石路面、崎岖山路、良好硬路面为方案层。根据此次数据的查找、MATLAB 分析、以及数据的一致性检验，我们解决了以路面情况为指标的最佳适用范围问题。

由于现在轮胎花纹的降噪性和抓地性受到国内外轮胎和汽车行业的普遍重视。而主要影响这两个因素的是——轮胎花纹的块状及轮胎花纹与地面的实际接触面积。依据已有的蜘蛛网模型和三维数学模型，分析轮胎花纹的平面展开图，建立合理的数学模型，分析轮胎的花纹块，得出花纹块的大小对轮胎噪声有一定的影响，进而分析得到花纹块与地面接触面积的大小影响轮胎的抓地力性能的发挥。

从而得出在良好的硬路面上，汽车轮胎花纹以普通花纹为最佳。在崎岖山路上，花纹以越野花纹为最佳，在碎石路、良好的硬路面上混合花纹适用范围更广。

参赛队号： #4567

所选题目： A 题

参赛密码
(由组委会填写)

第七届数学中国数学建模网络挑战赛

地址：数学中国数学建模网络挑战赛组委会
电话：0471-4969085

邮编：010021

网址：www.tzmcm.cn
Email: 2014@tzmcm.cn

英文摘要（选填）

（此摘要非论文必须部分，选填可加分，加分不超过论文总分的 5%）

数学中国提供 (www.madio.net)

参赛队号 # 4567

一、问题重述

汽车依靠轮胎支撑在路面，而直接与路面接触的却是轮胎花纹。轮胎花纹是轮胎的重要组成部分，它不仅影响汽车性能，也与轮胎使用寿命密切相关。随着汽车行业的快速前进，轮胎的制造也越来越重要。不同种类的汽车有不同的轮胎花纹，由于花纹所体现性能的程度不同，而不同路况下对轮胎花纹的要求也不同，一般来说，汽车轮胎的最常见花纹按其已有的设计方案分为三种：

第一种为越野花纹：越野花纹其设计的特点是花纹沟槽宽而深，花纹块接地面积比较小(约 40%~60%)，所以其抓地性较强，防噪音性能较弱。显然，各种花纹在汽车行驶过程中在不同的路况下其性能的发挥存在一定区别。

第二种为普通花纹：具有良好的滚动阻力较小，散热性能好，排水性较弱。

第三种为混合花纹：混合花纹是普通花纹和越野花纹之间的一种过渡性花纹，其设计的特点是胎面中部具有方向各异或纵向为主的窄花纹沟槽，而在两侧则以方向各异或以横向为主的宽花纹沟槽。这样的花纹搭配使混合花纹的综合性能好，适应能力强，有良好的抓地力，以及较好的散热和排水能力。

请建立合理的数学模型，以确定不同花纹最佳适用范围。

二、问题分析

可以明确，轮胎花纹的主要作用是发挥牵引、抗滑、制动、转弯、散热、排水、防止噪音、增加耐磨性、增加操作稳定性。故我们可以得到一个原则：相应的花纹的轮胎在相应的适用范围内可以充分发挥汽车性能，此范围即最佳适用范围。所以我们将进行以下工作，讨论不同的花纹轮胎对汽车性能的影响，再通过某些适用范围需要相应的汽车性能，以对应相应的轮胎花纹，从而为不同花纹的轮胎找到最佳适用范围。

据相关知识可以知道，花纹设计方案可以分为混合花纹、普通花纹、越野花纹三大类，而不同的花纹设计方案，会影响轮胎性能的发挥。而另一方面，适用范围可以确定主要的相应指标，我们将在此根据汽车的运行环境即行驶的路况（分别为碎石路面、松软路面、良好硬路面、崎岖山路四种路面情况）来确定最佳适用范围。

首先，我们对于不同花纹的设计方案进行分析，以花纹—汽车性能—最佳适用范围为主线，建立数学模型，运用层次分析的模糊法分析不同花纹设计方案的最佳适用范围。根据实际情况给出相应权重，可以得到相应的花纹设计方案在不同的路况下性能的发挥程度，从而确定轮胎花纹的最佳适用范围。

对其进行研究与分析。考虑到多目标优化问题中的各个目标函数之间存在很大差异，相互制约，应该对他们进行归一化处理，最后加以不同的权重，使多目标优化问题转化为单目标优化模型进行求解，得出不同的轮胎花纹设计方案及其相应的最佳适用范围。

参赛队号 # 4567

综合以上几点，我们可以得到不同的花纹设计方案有不同的最佳适用范围。

三、模型假设

1. 假设汽车是在正确正常条件下驾驶。
2. 假设汽车的行驶是在规定范围内。
3. 假设所有轮胎的制作材质是相同的。
4. 假设汽车的负载是相同的。
5. 假设在相对正常的气候条件下驾驶，且行驶轮胎温度是合适的。
6. 假设轮胎的选配和安装是正确的。
7. 假设轮胎的负荷影响较小，不是主要影响因素。

四、符号说明

CI:一致性指标;

CR:一致性比例;

W:权重;

$B_p (p=1, 2, \dots, X)$: 大小为 $h_p \times n$ 的花纹块子矩阵

五、模型建立与求解

1. 用层次分析法分析步骤及结果如下:

(1) 建立递阶层次结构:

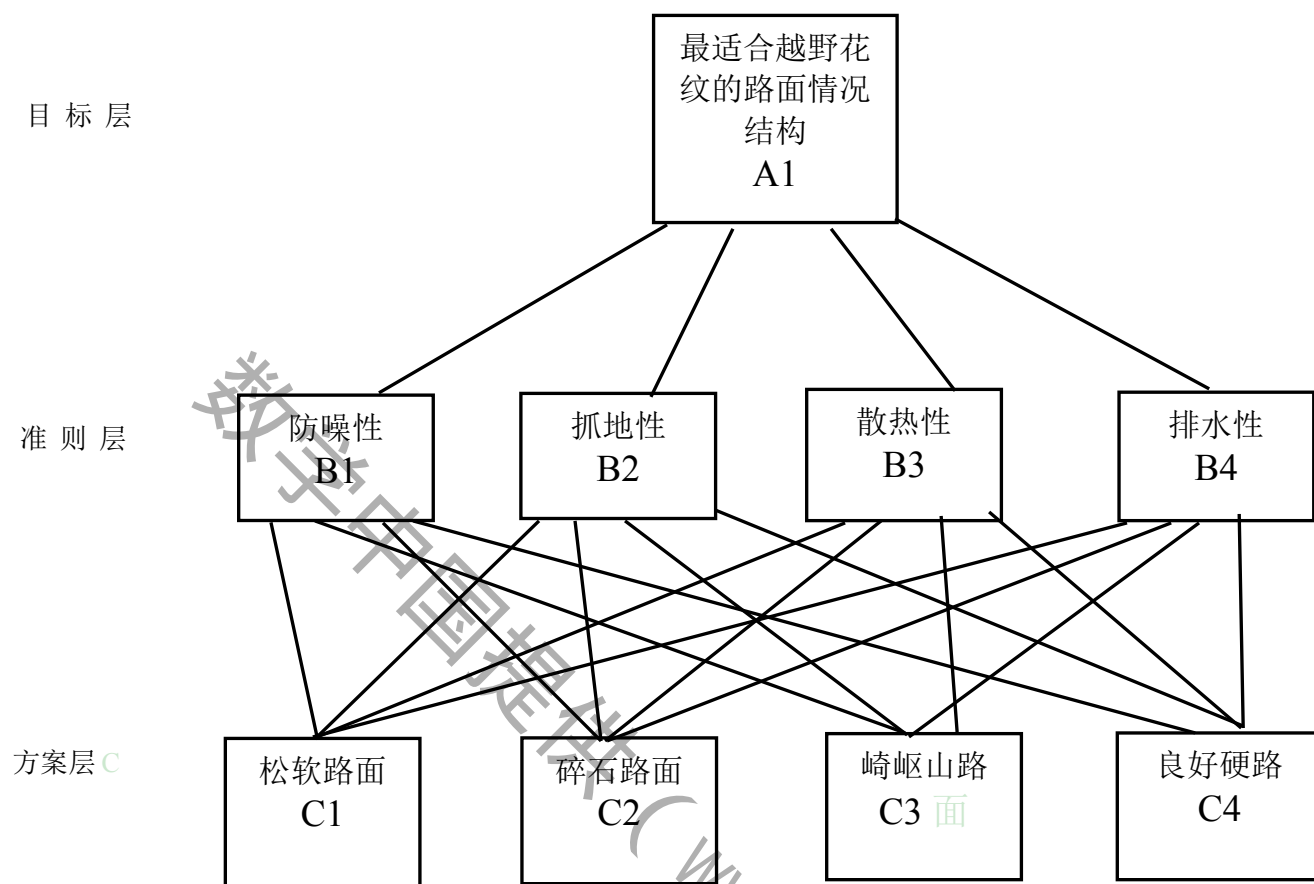
目标层 A: 花纹的设计方案

准则层 B: 轮胎花纹影响的汽车性能

方案层 C: 行驶路面情况

注：我们建立的三个层次模型，每种花纹为目标层，分别为 A1, A2, A3, ; 再通过层次分析法确定每种花纹的最佳适用路面情况。

参赛队号 # 4567



-越野花纹最佳适用范围层次结构

构造判断矩阵并赋值：

比较个因子 $x = \{x_1, x_2, x_3, x_4\}$ 对因素 R 影响大小，采用两两比较法，并建立成对比较矩阵。每次取两个因子 X_i, X_j ，以 a_{ij} 表示 X_i 和 X_j 对因素 R 的影响大小之比，所有比较结果用矩阵 $A_{ij} = (a_{ij})_{n \times n}$ 表示。

根据递阶层次结构就能很容易地构造判断矩阵。

构造判断矩阵的方法是：每一个具有向下隶属关系的元素（被称作准则）作为判断矩阵的第一个元素（位于左上角），隶属于它的各个元素依次排列在其后的第一行和第一列。

重要的是填写判断矩阵。填写判断矩阵的方法有：

大多采取的方法是：向填写人（专家）反复询问：针对判断矩阵的准则，其中两个元素两两比较哪个重要，重要多少，对重要性程度按 1-9 赋值（重要性标度值见下表）

参赛队号 # 4567

表 1--判断矩阵

重要性 标度	含 义
1	表示两个元素相比，具有同等重要性
3	表示两个元素相比，前者比后者稍重要
5	表示两个元素相比，前者比后者明显重要
7	表示两个元素相比，前者比后者强烈重要
9	表示两个元素相比，前者比后者极端重要
2, 4, 6, 8	表示上述判断的中间值
倒数	若元素 I 与元素 j 的重要性之比为 a_{ij} ，则元 素 j 与元素 I 的重要性之比为 $a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}}$

判断矩阵 $A_{ij} = (a_{ij})_{n \times n}$ 满足：

- (1) $a_{ij} > 0$;
- (2) $a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}} (i, j = 1, 2, 3, 4)$;
- (3) $a_{ii} = 1$

查阅相关资料，根据专家分析及意见，以及相应的数据性资料，填写后的判断矩阵如下：

表--准则层与方案层判断矩阵表

(准则层)

A1	B1	B2	B3	B4
B1	1	2	3	7/3
B2	1/2	1	5/2	2
B3	1/3	2/5	1	1
B4	3/7	1/2	1	1

参赛队号 # 4567

(方案层)

B1	C1	C2	C3	C4
C1	1	1/5	1/3	1/8
C2	5	1	3	1/8
C3	3	1/8	1	1/7
C4	8	5	7	1

B2	C1	C2	C3	C4
C1	1	1/2	1/2	2
C2	2	1	1	3
C3	2	1	1	5
C4	1/2	1/3	1/5	1

B3	C1	C2	C3	C4
C1	1	3	1/5	1
C2	1/3	1	1/5	1/3
C3	5	5	1	5
C4	1	3	1/5	1

B1	C1	C2	C3	C4
C1	1	1/5	1/3	1/8
C2	5	1	3	1/8
C3	3	1/8	1	1/7
C4	8	5	7	1

(准则层)

A1	B1	B2	B3	B4
B1	1	2	3	7/3
B2	1/2	1	5/2	2
B3	1/3	2/5	1	1
B4	3/7	1/2	1	1

(方案层)

参赛队号 # 4567

B1	C1	C2	C3	C4	B2	C1	C2	C3	C4
C1	1	1/5	1/3	1/8	C1	1	1/2	1/2	2
C2	5	1	3	1/8	C2	2	1	1	3
C3	3	1/8	1	1/7	C3	2	1	1	3
C4	8	5	7	1	C4	2	1	1	5
B3	C1	C2	C3	C4	B4	C1	C2	C3	C4
C1	1	3	1/5	1	C1	1	1/4	1/3	1/8
C2	1/3	1	1/5	1/3	C2	4	1	3	1/5
C3	5	5	1	5	C3	3	1/3	1	1/7
C4	1	3	1/5	1	C4	8	5	7	1

层次单排序（计算权向量）与检验：

对于专家填写后的判断矩阵，利用一定数学方法进行层次排序。

层次单排序是指每一个判断矩阵各因素针对其准则的相对权重，所以本质上是计算权向量。计算权向量有特征根法、和法、根法、幂法等，这里简要介绍和法。

和法的原理是，对于一致性判断矩阵，每一列归一化后就是相应的权重。对于非一致性判断矩阵，每一列归一化后近似其相应的权重，在这 n 个列向量求取算术平均值作为最后的权重。具体的公式是：

$$w_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{a_{ij}}{\sum_{k=1}^n a_{kj}}$$

需要注意的是，在层层排序中，要对判断矩阵进行一致性检验。

在特殊情况下，判断矩阵可以具有传递性和一致性。一般情况下，并不要求判断矩阵严格满足这一性质。但从人类认识规律看，一个正确的判断矩阵重要性排序是有一定逻辑规律的，例如若 A 比 B 重要，B 又比 C 重要，则从逻辑上讲，A 应该比 C 明显重要，若两两比较时出现 A 比 C 重要的结果，则该判断矩阵违反了一致性准则，在逻辑上是不合理的。

因此在实际中要求判断矩阵满足大体上的一致性，需进行一致性检验。只有通过检验，才能说明判断矩阵在逻辑上是合理的，才能继续对结果进行分析。

一致性检验的步骤如下。

第一步，计算一致性指标 C.I. (consistency index)

$$C.I. = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

第二步，查表确定相应的平均随机一致性指标 R.I. (random index)

据判断矩阵不同阶数查下表，得到平均随机一致性指标 R.I.。例如，对于 4 阶的判断矩阵，查表得到 R.I. = 0.90

参赛队号 # 4567

表 2 平均随机一致性指标 R. I. 表 (1000 次正互反矩阵计算结果)

矩阵阶数	1	2	3	4	5	6	7	8
R. I.	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41
矩阵阶数	9	10	11					
R. I.	1.45	1.49	1.51					

第三步，计算一致性比例 C. R. (consistency ratio) 并进行判断

$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.}$$

当 C. R. < 0.1 时，认为判断矩阵的一致性是可以接受的，C. R. > 0.1 时，认为判断矩阵不符合一致性要求，需要对该判断矩阵进行重新修正。

层次总排序与检验：

总排序是指每一个判断矩阵各因素针对目标层（最上层）的相对权重。这一权重的计算采用从上而下的方法，逐层合成。

很明显，第二层的单排序结果就是总排序结果。假定已经算出第 k-1 层 m 个元素相对于总目标的权重 $w^{(k-1)} = (w_1^{(k-1)}, w_2^{(k-1)}, \dots, w_m^{(k-1)})^T$ ，第 k 层 n 个元素对于上一层（第 k 层）第 j 个元素的单排序权重是 $p_j^{(k)} = (p_{1j}^{(k)}, p_{2j}^{(k)}, \dots, p_{nj}^{(k)})^T$ ，其中不受 j 支配的元素的权重为零。令 $P^{(k)} = (p_1^{(k)}, p_2^{(k)}, \dots, p_n^{(k)})$ ，表示第 k 层元素对第 k-1 层个元素的排序，则第 k 层元素对于总目标的总排序为：

$$w^{(k)} = (w_1^{(k)}, w_2^{(k)}, \dots, w_n^{(k)})^T = P^{(k)} w^{(k-1)}$$

$$w_i^{(k)} = \sum_{j=1}^m p_{ij}^{(k)} w_j^{(k-1)}$$

或 $I=1, 2, \dots, n$

同样，也需要对总排序结果进行一致性检验。

假定已经算出针对第 k-1 层第 j 个元素为准则的 C. I. j(k)、R. I. j(k) 和 C. R. j(k)，j=1, 2, ..., m，则第 k 层的综合检验指标

$$C.I._j^{(k)} = (C.I._1^{(k)}, C.I._2^{(k)}, \dots, C.I._m^{(k)}) w^{(k-1)}$$

$$R.I._j^{(k)} = (R.I._1^{(k)}, R.I._2^{(k)}, \dots, R.I._m^{(k)}) w^{(k-1)}$$

$$C.R.^{(k)} = \frac{C.I.^{(k)}}{R.I.^{(k)}}$$

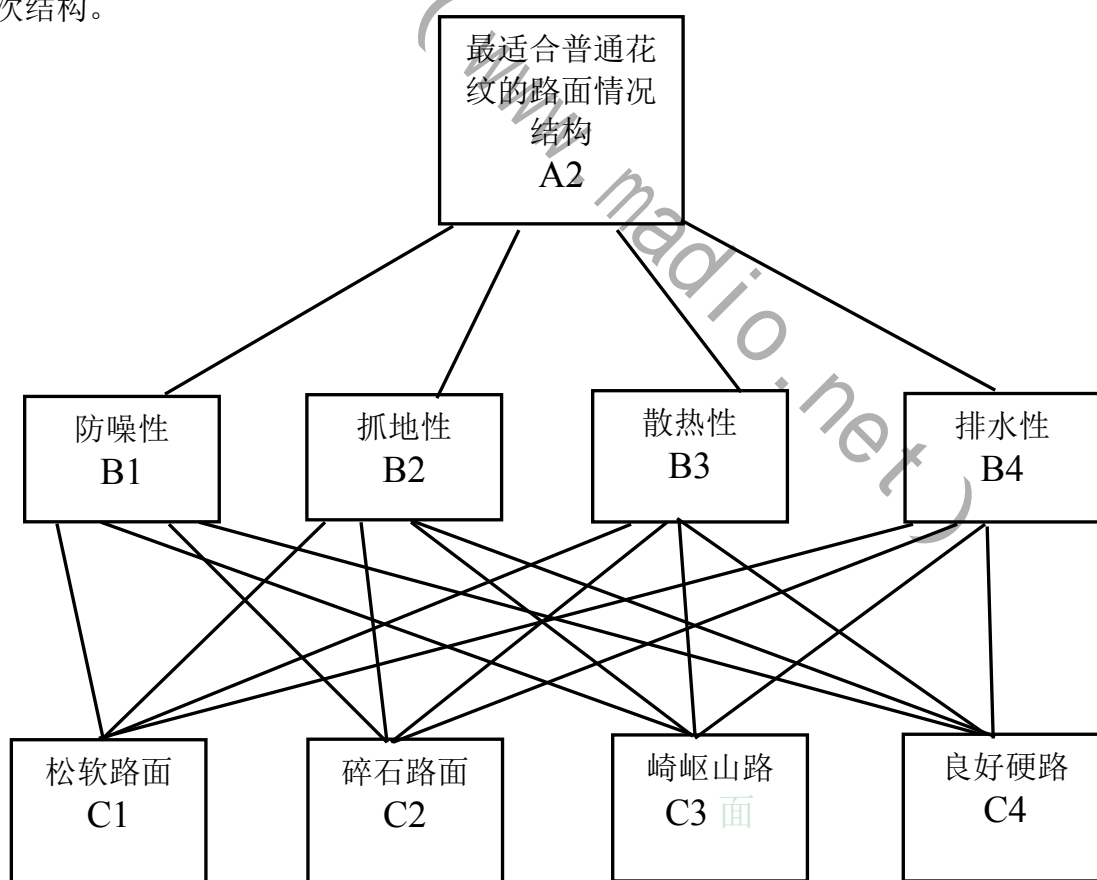
参赛队号 # 4567

表 3--越野花纹轮胎-层次总排序

准则		轮胎的防噪性	轮胎的抓地性	轮胎的散热性	轮胎的排水性	总 排 序权值
准则层权值		0.43333	0.28106	0.13424	0.15137	
方案 层单 排序 权值	碎石路面	0.0482	0.1814	0.1574	0.0513	0.100764
	松软路面	0.2056	0.3397	0.0721	0.1975	0.22580
	良好硬路面	0.0956	0.3859	0.6132	0.0981	0.247049
	崎岖山路	0.6506	0.0929	0.1574	0.6532	0.42801

结果得到 $CR=0.05323 < 0.1$, 认为该判断矩阵的整体一致性是可以接受的。

以上是对越野花纹建立递阶层次结构，以下是对普通花纹轮胎和混合花纹轮胎建立递归层次结构。



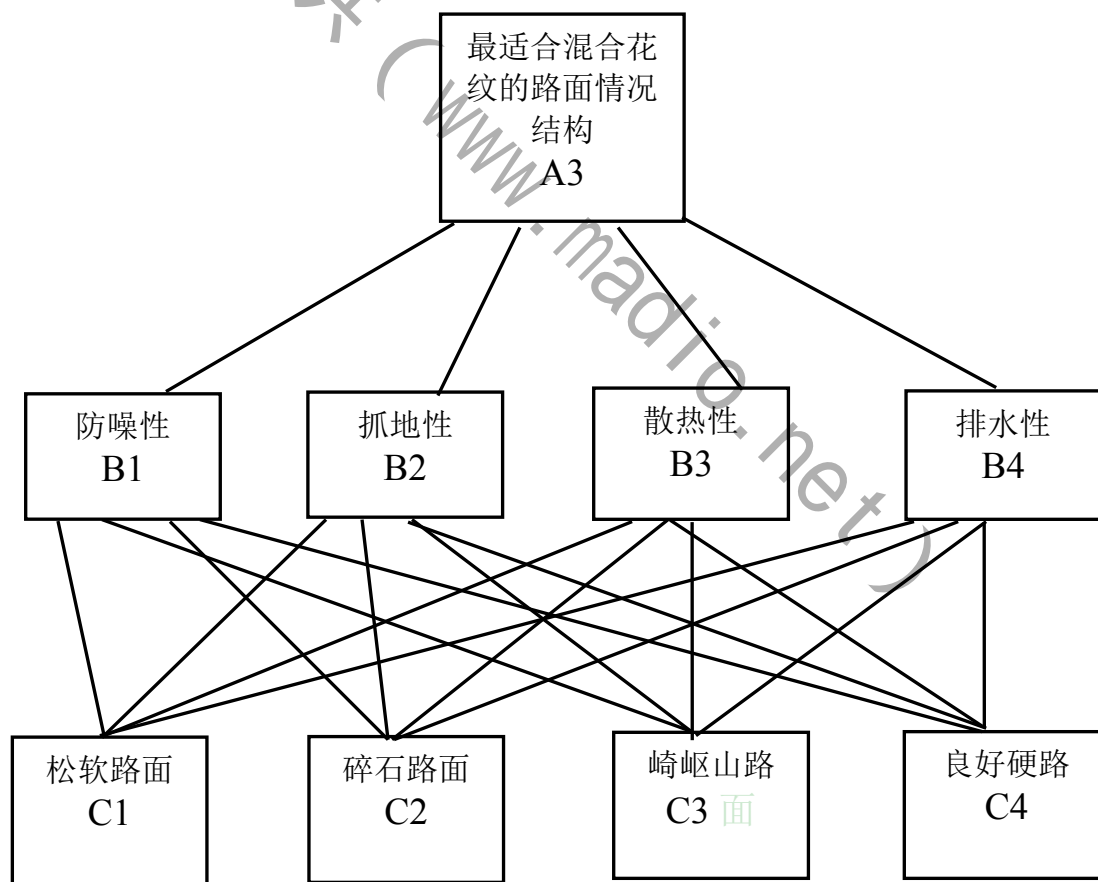
-普通花纹最佳适用范围层次结构模型

参赛队号 # 4567

表 4--普通花纹轮胎-层次总排序

准则		轮胎的防 噪性	轮胎的抓 地性	轮胎的散 热性	轮胎的排 水性	总 排 序权值
准则层权值		0.2332	0.5662	0.2356	0.24980	
方案 层单 排序 权值	碎石路面	0.3055	0.2846	0.4325	0.0257	0.34069
	松软路面	0.0457	0.3465	0.1254	0.276	0.30533
	良好硬路面	0.2870	0.4366	0.2437	0.0375	0.38091
	崎岖山路	0.1439	0.0125	0.4598	0.5433	0.28468

结果得到 $CR=0.04724 < 0.1$, 认为该判断矩阵的整体一致性是可以接受的。



-混合花纹最佳适用范围层次结构模型

参赛队号 # 4567

表 5--混合花纹轮胎-层次总排序

准则		轮胎的防 噪性	轮胎的抓 地性	轮胎的散 热性	轮胎的排 水性	总 排 序权值
准则层权值		0.4223	0.2637	0.3735	0.2506	
方案 层单 排序 权值	碎石路面	0.1247	0.4567	0.0797	0.2547	0.2666
	松软路面	0.4321	0.0617	0.3502	0.5671	0.4716
	良好硬路面	0.0637	0.5084	0.2156	0.4364	0.3836
	崎岖山路	0.0718	0.5274	0.3556	0.3341	0.3859

结果得到 $CR=0.0735 < 0.1$, 认为该判断矩阵的整体一致性是可以接受的。

2. 单独分析花纹防噪音性能

发声模型

建立一种适合于计算机仿真分析的轮胎花纹

噪声物理实验模型的步骤如下：

(1) 先将轮胎胎面(限胎痕宽度 Z 内)的几何图形转化成一个 $m \times n$ 的二进制胎面矩阵 A , 其中 m 表示绕轮胎圆周的纵向行数, n 表示胎面的横向列数, a_{ij} 表示第 i 行、第 j 列的元素。

由矩阵 A 分离出花纹块矩阵 B 和花纹槽

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \cdots & a_{mn} \end{bmatrix}$$

$$a_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{花纹块元素 (黑)} \\ 0 & \text{花纹槽元素 (白)} \end{cases}$$

矩阵 S , 设整个胎面(限在胎痕宽度 Z 内)由 X 条花纹组成, 每条花纹占的宽度为 h_p ($p=1, 2, \dots, X$), 且 $h_1+h_2+\dots+h_X=Z$, 则花纹块矩阵:

$$B=A$$

B_p ($p=1, 2, \dots, X$) 表示大小为 $h_p \times n$ 的花纹块子矩阵。

参赛队号 # 4567

设不同时刻 B_p 的累加量为 $B_p'(t)$ ：

$$B_p'(t) = \sum_{ij} b_{ij}(t)$$

花纹槽矩阵 S 可表示为矩阵 A 的补阵：

$$S = \bar{A}$$

对每条花纹中的块和槽进行时域波形生成。以 M 表示各发声块发声幅度函数, Z 表示各发声槽发声幅值函数, 以 P_{sb} 表示花纹块发声准正弦模型函数, P_{ss} 表示花纹槽准正弦模型函数。那么对各花纹块可依次求出 P_{sb} , 得花纹块发声的合成时域波 $P_b(t)$ ：

$$P_b(t) = \sum_{i=1}^X P_{sb}\{M[B_i'(t)]\}$$

同理可以得到 X 条花纹槽的合成时域波 $P_s(t)$ ：

$$P_s(t) = \sum_{j=1}^X P_{ss}\{Z[S_j'(t)]\}$$

将花纹块和花纹槽噪声加权合成, 得胎面花纹块和槽合成噪声时域波 $P(t)$ ：

$$P(t) = \alpha P_b(t) + \beta P_s(t)$$

式中, α 和 β 为块和槽的合成因数, 其大小可通过试验及模拟试验来确定。

对时域波进行一个周期 T_1 离散采样, 再进行离散傅立叶变换 (DFT), 得到花纹噪声频谱, 如果采样周期为 t , 采样点数为 N , 那么对 $P(t)$ 采样后得到离散量 $P(nt)$ ($n=0, 1, \dots, N-1$)。

经 DFT 变换后, 得到花纹噪声频谱 $H(kf_0)$ ：

$$H(kf_0) = \sum_{n=0}^{N-1} P(nT) e^{-\frac{2\pi i j k n}{N}}$$

式中, $f_0=1/T_1$, 为花纹噪声的基频。

为了满足采样定理, 我们一般取 N 为 1024 或 2048, 可运用快速傅立叶 (FFT) 方法来获得噪声谱 [9, 10]。

3. 花纹对抓地力的影响：

我们都知道, 更换较大尺寸的轮胎, 增加轮胎与地面接触面积, 可以相对提升抓地力, 可是前面所说的 $f = \mu N$, 何以与接触面积不相关? 从表面上来看, 摩擦力仅与正压力、物体间的摩擦系数相关。但轮胎是弹性体, 我们用放大镜看轮胎与地面的, 轮胎表面的橡胶会随着荷重的增加而包覆在路面凹凸不平的表面上。包覆的情况就有如用铅笔插入橡皮擦内越深 (荷重越高), 橡皮擦就会包覆铅笔 (包复表面积越多) 一样道理。贴地面积越大, 橡胶与路面间实质的接触面积越多, 轮胎的摩擦阻力就随之增加。橡胶材质越软, 包覆路面坑洞越多则摩擦力也会增加。

参赛队号 # 4567



图 1—蜘蛛网模型在轮胎中的运用图像

六、模型的结果

结果分析：

针对不同花纹的设计方案的最佳使用范围这个问题，我们运用层次分析的模糊法的数学方法，建立了合理的层次结构的结构模型，在假设一些客观条件是在正常状况下之后，通过对所建模型的求解，我们具体分析对比了三类花纹形状，分别是普通花纹、越野花纹、混合花纹，在赋予权值计算后，并用数学软件 MatLab 编程实现，通过结论对比得出如下结果：

(1) 越野花纹：越野花纹轮胎由于花纹块的接触压力大，滚动阻力大，故不适合在良好硬路面上长时间行驶。否则，将加重轮胎磨损，增加燃油消耗；所以越野花纹将适合于在崎岖不平的道路、松软土路和无路地区使用；

(2) 普通花纹：普通花纹滚动阻力较小，散热性能好，但花纹沟槽易嵌入碎石子儿。综合性能比较后，这种形状花纹适合在比较清洁、良好的硬路面上行驶。

(3) 混合花纹：混合花纹是普通花纹和越野花纹之间的一种过渡性花纹，由于其花纹设计的特点是胎面中部具有方向各异或以纵向为主的窄花纹沟槽，而在两侧则以方向各异或以横向为主的宽花纹沟槽。这样的花纹搭配使混合花纹的综合性能好，适应能力强。故它既适应于良好的硬路面，也适应于碎石路面、和松软路面。

七、模型的评价与推广

根据问题的性质和要求，我们采用层次分析法，将所包含的因素进行分类，分别为目标层，准则层，方案层，构成一个层次结构，对同层次内诸因素采用两两比较的方法确定出相对于上一层目标的权重，这样层层分析下去，知道最后一层，给出所有因素相对于总目标而言，按重要性程度的一个排序，其主要特征是合理地将定性与定量决策结合起来，按照思维，心理的规律把决策过程层次化，数量化。

参赛队号 # 4567

1. 模型的评价

(1) 模型优点：

建立的模型方法简单易行，且易于应用在现实生活中，模型具有坚实可靠地数学基础，很多数学理论已经证明这是不同轮胎花纹设计方案最佳的使用范围。

(2) 模型的缺点：

在模型建立及其求解过程中，考虑的影响因素较少，在处理问题时可能存在一些误差，使用的数据具有一定的局限性。

2. 模型推广：

建立的模型中因使用的数据较少，具有一定的局限性，在模型的推广这一阶段中，我们将会采用大量的数据，不仅要从轮胎花纹的设计出发，而且要从客户实际的使用情况考虑，基于客户对轮胎使用的实际经验，采集客户对轮胎花纹使用的一些要求，对轮胎花能否充分发挥轮胎的各个性能，综合所有因素，评定客户对轮胎使用的满意度，及其售后服务保障，进而让模型中采用的数据不带有局限性，更能精确反映其综合指标所评定的客观结果，确定不同轮胎花纹设计方案其相应的最佳适用范围。

基于建立的模型，我们对驾驶员给出了如下建议：

路面的种类及状况对轮胎使用寿命的影响很大，驾驶员应根据道路条件选择路面，掌握适当的行车速度，对增加轮胎的行驶里程具有积极作用。

车辆在平整、宽敞且视野良好的道路上行驶，如高速公路、国道线和省道线等，可根据车辆本身的技术条件和轮胎的性能适当提高车速，但也不宜过高，否则影响行车安全，降低轮胎的使用寿命。在不平整的碎石路和矿区路上行驶，由于尖石裸露或路边石块锐利，极易损坏轮胎，应注意选择路面并在较低车速下行车，以防止轮胎爆破损坏。在冰雪路面上行驶，由于路面与车轮的摩擦系数较小，要注意防滑；若车轮打滑，应立即停车，试行倒退，另选路线前进，若倒退仍打滑，则应排除车前后和两旁的冰雪，或将后轮顶起，铺上石块、砖头、稻草，以便车辆通行。不要猛踏加速踏板，强行起步，以免轮胎越陷越深，原地空转剧烈生热，防止轮胎胎面及胎侧严重刮伤、划伤。

参考文献

- [1] 赵静，但琦《数学建模与数学实验》高等教育出版社
- [2] 刘保柱等，《MATLAB 7.0 从入门到精通》，人民邮电出版社
- [3] 陈理君，杨立，钱业青等《轮胎花纹噪声的发声机理》
- [4] 轮胎工业. 1999, 19(9): 515—518
- [5] 金新航. 轮胎花纹噪声仿真系统[D]，武汉:武汉工业大学, 1997
- [6] 陈理君，张艳，杨立，《低噪声轮胎花纹设计的原理与方法》[J] 轮胎工业, 200121(5):270-276

参赛队号 # 4567

[7]彭放《数学建模方法》-北京：科学出版社，2007 ISBN 978-7-03-019722-1

附录

```
a=[1, 2, 3, 7/3;1/2, 1, 5/2, 2;1/3, 2/5, 1, 1;3/7, 1/2, 1, 1];
[x, y]=eig(a);eigenvalue=diag(y);
lamda=eigenvalue(1)
```

```
lamda = 4.0417
```

```
y_lamda=x(:, 1)
y_lamda =
0.7812
0.5067
0.2420
0.2729
[x, y]=eig(a);eigenvalue=diag(y);
lamda=eigenvalue(1);cil=(lamda-4)/3;cr1=cil/0.90
```

```
cr1 = 0.0155
```

```
b1=[1, 1/5, 1/3, 1/8;5, 1, 3, 1/5;3, 1/3, 1, 1/7;8, 5, 7, 1];
[x, y]=eig(b1);eigenvalue=diag(y);lamda=eigenvalue(1);
ci21=(lamda-4)/3;cr21=ci21/0.90
```

```
cr21 =0.0745
```

```
w21=x(:, 1)/sum(x(:, 1))
w21 =
0.0482
0.2056
0.0956
0.6506
```

```
b2=[1, 1/2, 1/2, 2;2, 1, 1, 3;2, 1, 1, 5;1/2, 1/3, 1/5, 1];
[x, y]=eig(b2);eigenvalue=diag(y);lamda=eigenvalue(1);
ci22=(lamda-4)/3;cr22=ci22/0.90
```

```
cr22 =0.0091
```

```
w22=x(:, 1)/sum(x(:, 1))
w22 =
```

参赛队号 # 4567

0.1814
0.3397
0.3859
0.0929

```
b3=[1, 3, 1/5, 1; 1/3, 1, 1/5, 1/3; 5, 5, 1, 5; 1, 3, 1/5, 1]
[x, y]=eig(b3);eigenvalue=diag(y);
lamda=eigenvalue(1);
ci23=(lamda-4)/3;cr23=ci23/0.90
cr23 =0.0572
```

```
w23=x(:,1)/sum(x(:,1))
w23 =
    0.1574
    0.0721
    0.6132
    0.1574
```

```
b4=[1, 1/4, 1/3, 1/8; 4, 1, 3, 1/5; 3, 1/3, 1, 1/7; 8, 5, 7, 1];
[x, y]=eig(b1);eigenvalue=diag(y);lamda=eigenvalue(1);
ci24=(lamda-4)/3;cr24=ci21/0.90
cr24 =0.0708
```

```
w24=x(:,1)/sum(x(:,1))
w24 =
    0.0513
    0.1975
    0.0981
    0.6532
```

参赛队号 # 4567

表 6--三种花纹轮胎对三种测试环境下的性能影响比例数据

	湿地测试					干地测试				台架测试	
	直 线 排水	侧 滑	操 控	圆 环	制 动	操 控	刹 车	舒 适 性	噪 音	滚动阻力	总评
%	10	5	15	5	15	15	15	7.5	7.5	5	100
普 通 花纹	6	4	2	2	6	4	6	6	8	9	5.10
普 通 花纹	6	5	4	4	6	7	6	7	8	6	5.93
混 合 花纹	8	7	4	4	7	4	6	7	8	7	5.98
混 合 花纹	6	5	3	3	6	3	5	5	7	7	4.80
越 野 花纹	6	5	4	3	7	7	6	6	7	7	5.93
越 野 花纹	9	8	6	4	7	6	7	7	8	7	6.88