

---

# 武汉理工大学

## 数学建模暑期培训论文

### 第 3 题

#### 基于灰色理论的人种肤色变化预测模型

### 第 4 组

姓名	方向
周斯琴（组长）	编程
左志豪	编程
费舒波	建模
杨 琛	建模
田德琥	建模
谢校康	建模

2014 年 8 月 16 日

---

# 基于灰色理论的人种肤色变化预测模型

## 摘要

本文针对不同人种肤色变化的分析与预测问题,利用模糊综合评价方法和灰色理论,建立了肤色变化影响因素评价模型、灰色关联模型和灰色预测模型对问题进行分析与求解。

对于问题一,建立基于模糊综合评价方法的人口肤色影响因素评价模型。首先,通过对不同时期各类人种肤色分布图的分析,并用 Matlab 图像处理功能提取不同地区肤色分布信息,找出在 500~1000 年内人种肤色变化最大的几个典型地区:美洲和澳洲;接着,找出发生在这两个地区的历史事件,进行分析归类,分别为战争、迁徙、自然灾害、政治、科技等,选取战争等五类因素作为模糊评价对象,建立模糊综合评价模型,找出历史上较为活跃的变化因素:战争和迁徙即为影响人种肤色变化的主要可能原因,查阅这两个因素的相关数据进行分析,发现是比较合理的。

对于问题二,建立灰色关联分析模型验证“战争”对人口肤色变化的影响。以各肤色人种比例在各个时间段内的分布数据和史料为研究依据,通过建立灰色关联模型,分析战争前后各肤色人口比例的两组数据之间的相关性,来衡量“战争”这一因素对人口肤色变化的影响。结果显示,四场典型战争前后,有三场都带来了显著的人种肤色的变化,所以有理由得到:战争与 500-1000 年内人种肤色变化有很大的关系。

对于问题三,考虑到离现在时间越长,人种肤色分布信息的参考价值越小,而且时间越久,数据越不精确,故模型采用对数据量要求较小的灰色预测模型,选取与现在社会环境相近的近些年的人种肤色分布信息,建立灰色预测模型,预测 500-1000 年后的人种分布,结果显示:黑色人种的比例明显增加,棕色人种也有所增长,黄色人种变化不大,白色人种会有减少,而世界范围内,越来越多的地方会出现各色人种混居的情况。考虑局部核战,若发生在某一色人种聚居的地方,则会造成该人种比例突然减少,而且在短时间内会这种状态会一直持续下去;若发生在人种混居区域,各色人种成比例减小;若是全球范围内的核战,对某色人种甚至对全人类来说,都会是毁灭性的灾难。

关键词: 人种肤色分布 模糊综合评价 灰色关联 灰色预测

---

## 一 问题重述

人类的肤色与人种密切相关。基因遗传，生存环境，人类迁徙和战争都对人种在全球范围内的分布有着极其重要的影响。科学家预测的人类1000年以后的外貌假想图就是基于人类未来的生存环境而得出的。另一方面，人类历史中发生的战争如现代欧洲人入侵欧洲，欧洲人入侵美洲，都为当地的不同人种的比例影响重大。另外，人类在发展过程中的迁徙也对人种在全球范围内的流动产生了积极影响，如中国骊靬村居民的肤色、样貌直接和战争以及东西方人种交流有关。

问题一：找出500-1000年内影响人类肤色变化的几个主要原因。

问题二：用数学方法详细论证“战争”在500-1000年内是否会对人类肤色的变化产生影响。

问题三：分别在有无核战的情况下，预测在未来的 500-1000 年内人种肤色在世界范围内的分布。

## 二 问题分析

### 2.1 问题一的分析

问题一要分析干扰人种肤色变化在 500-1000 年内的可能原因，需要找出人种肤色变化比较明显的时间区间及区域，再研究这些区域在这些时间段内发生的历史事件，这些历史事件所属的类型就可能是主要原因。可以以发现新大陆为<sup>[1][2]</sup>分水岭，分析此前 500 年及此后 500 年全球肤色分布变化，找出人种肤色变化明显的地区，以发生在该地区的事件类型作为因素，定义不同因素的“活跃度”等级，以 100 年为时间间隔，将该类事件的频数，涉及人数、范围等作为评价指标，建立模糊评价矩阵，得到该时间段内不同因素的活跃度，依据活跃度大小表示因素的影响力大小，找出主要原因，再结合这些原因的相关数据进行分析，验证其合理性。

### 2.2 问题二的分析

问题二关于验证“战争”因素是否与 500-1000 年人种肤色变化有关系，即需要评价该因素与人种肤色变化的相关性。在第一问的基础上，细化肤色的变化序列，通过对肤色分布图和各地区人口统计数据进行分析，找到各个肤色人种占总人口中的比例随时间分布的序列，再通过分析史实找出“战争”这一因素的影响随时间变化的序列，考虑战争前后人种肤色比例的变化，利用统计方法建立灰色关联模型分析“战争”前后两个人种肤色序列之间的相关性，以此分析战争的影响。

响。

## 2.3 问题三的分析

问题三要预测 500-1000 年后世界人种肤色的分布，需要利用过去世界人种分布信息，而由于世界经济、科技等的高速发展，如今社会环境与几百年前差异会很大，故参考价值不大，而且过去 500-1000 年内有关人种肤色变化的数据本身就比较少，鉴于这种情况，我们可以采用对数据要求不高的灰色预测模型。对未来 500-1000 年后人种肤色分布情况。当考虑核战时，需根据核战的伤害性大，持久性强的特点，再结合历史上的核战分析核战对人种分布的影响，从而分析 500 年-1000 年后有核战时世界人种肤色的分布。

## 三 模型假设

1. 假设人种肤色变化明显的地区的干扰原因能反映全球范围内的原因；
2. 假设分析发现新大陆后的时间段的干扰原因能反映各时间段内的原因；
3. 假设澳大利亚土著居民可以全部看做黑种人，而欧洲后裔均可以看做白种人；
4. 假设战争干扰肤色变化的延后时间在模型所选时间段内；
5. 问题一假设战争的影响只从频率、伤亡人数、持续时间角度考虑，即由战争带来的迁徙只计算在迁徙因素中。

## 四 符号说明

符号	含义
$U$	不同影响原因的因素集
$V$	不同因素评价的评语集
$A$	不同因素的权重向
$R$	不同原因活跃度的模糊评价矩阵
$B$	活跃度综合评价矩阵
$GM(1,1)$	只含时间一个变量的灰色模型
$x^{(0)}$	微分方程中参考数据列
$\lambda(k)$	时间序列计算所得级比
$\varepsilon(k)$	参考数列与预测值相对残差值
$\rho(k)$	级比偏差
$\xi_1(k)$	灰色关联系数

---

## 五 模型的建立和求解

### 5.1 问题一模型的建立与求解

#### 5.1.1 建模准备

##### 5.1.1.1 影响肤色变化的原因

###### (1) 光照

早期的人类生活在紫外线高强度辐射的低纬度地区，经过一段很长时间，演化出了具有保护作用的黑色素覆盖层，紫外线中 UVC 是能量最高的形式，有强大的破坏力但能促进维生素 D 的合成，由于光照较弱，迁移到高纬度地区的人类会在多年以后慢慢失去制造维生素 D 的能力，为了保护骨骼的坚固和免疫系统的健康，让更多的 UVC 照射到皮肤内，这些高纬度的人类慢慢演化出了浅肤色。

###### (2) 气候

黑种人起源于热带赤道地区，该地区收到太阳的直射时间长，气温高，及外线强烈，经过长期的适应，其皮肤内黑色素含量高，以吸收阳光中的紫外线，保护皮肤内部结构免遭损害。白种人起源于较为寒冷的地区，故当地居民体内黑色素含量低，皮肤呈浅色。黄种人起源于温带地区，其肤色和体征的适应性具有黑白两色人种的过渡性。

###### (3) 迁入时间

迁入时间的不同使得同一纬度地区出现了两种不同肤色的人种。以中非的土著和美洲的印第安人為例，从历史背景可以知道，印第安人是在冰河时期从非洲中部迁徙，越过白令海峡，最后来到美洲的，相比于非洲原住民，迁入时间较晚，再经过漫长时期的适应，最终导致两地肤色的差异。

###### (4) 婚配

同一地区在某个时期如果存在两种或两种以上肤色的人种，在自然条件下，两种人必然会有通婚的情况发生，进行基因交流从而产生拥有二者中间肤色的人种。

以上为影响肤色变化的因素<sup>[3][4]</sup>，假设在自然条件下，肤色会按照环境所选择的方向变化，但在这个过程中如果出现干扰因素，肤色变化的趋势就会发生改变，通过建模找出这些干扰人种肤色变化的主要原因。

##### 5.1.1.2 数据处理

###### (1) 人类肤色分布图的处理。

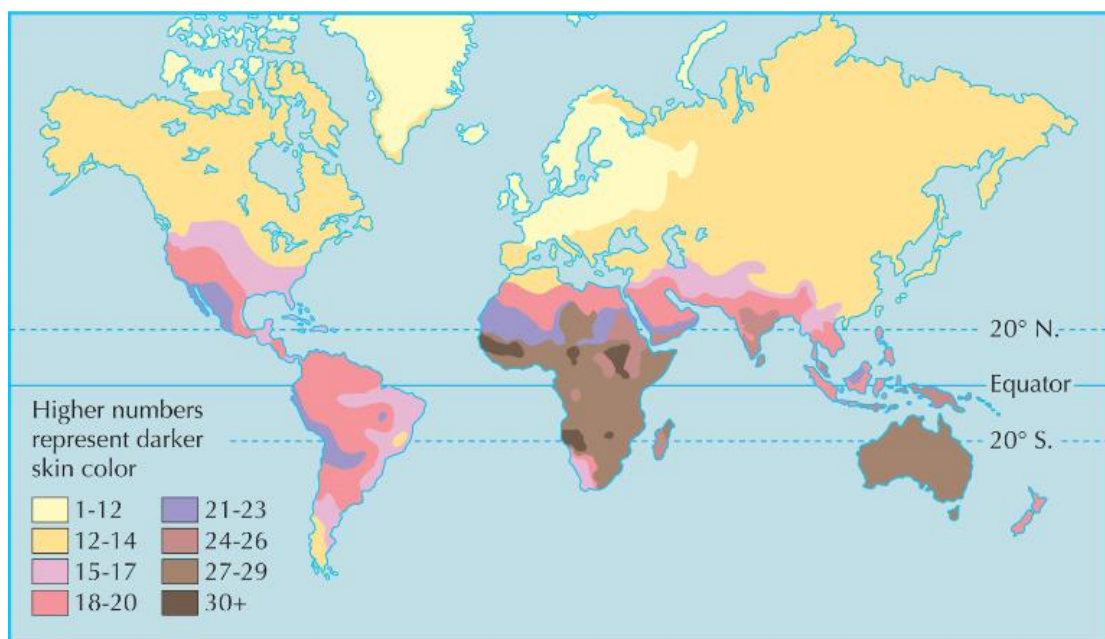


图 1 公元 1000 年左右世界不同肤色人种分布图

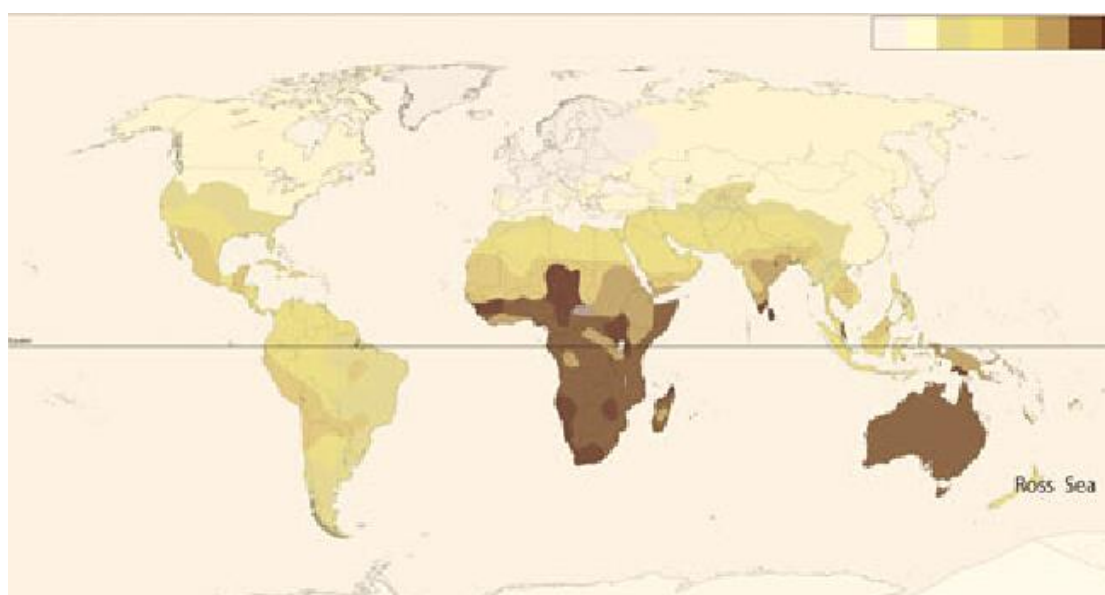


图 2 公元 1500 年左右世界不同肤色人种分布图

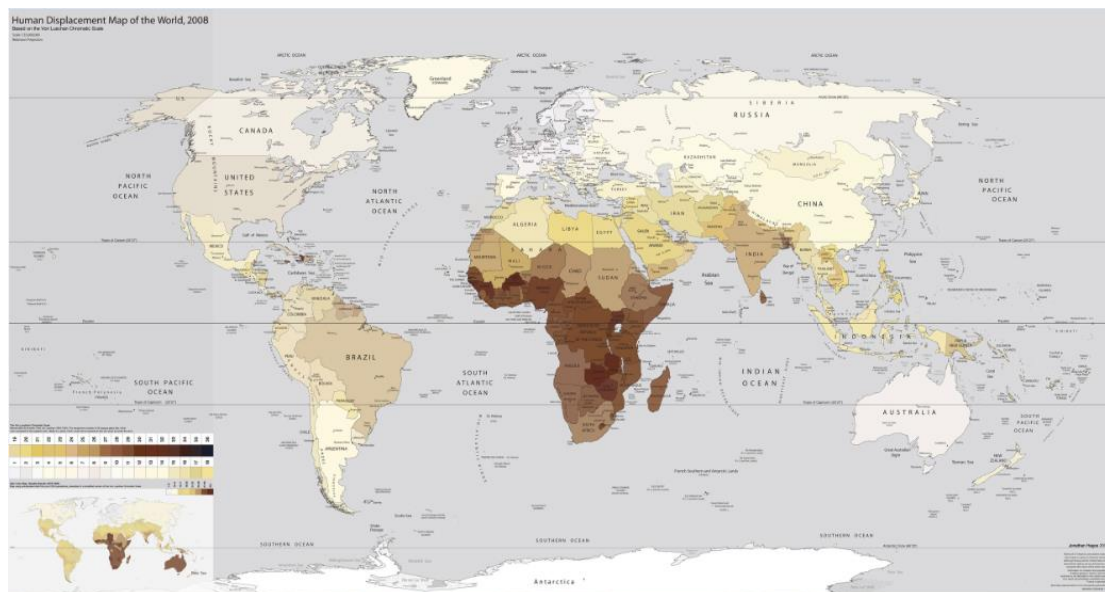


图 3 公元 2008 年世界不同肤色人种分布图

通过 Matlab 将图像转化为灰度图像，比较三者的灰度信息，分析肤色的变化情况，可以得到世界不同区域人种肤色变化的程度。结果显示，发现新大陆这个事件作为一个分水岭，之前的五百年到这个时期肤色的变化程度不明显，而此后的几百年时间里，全球范围内都发生了显著的肤色变化，其中，澳洲人种的肤色变化最剧烈，其次是美洲，非洲和欧洲的变化情况不明显，亚洲的变化最小。再结合相关数据，以美国和澳大利亚两个国家为美洲和澳洲的代表，进行建模分析，结合历史上涉及到该地区的大事件，找出干扰肤色变化的因素。

(2) 将十五世纪以来历史上发生的大事件进行统计（附表一），根据事件的性质将其分为战争、迁徙、自然灾害、政治、经济、科技等，通过查阅相关资料文献<sup>[5]</sup>，发现战争、迁徙、自然灾害、政治因素、社会因素可能会是干扰人种肤色变化的原因。分别查阅美国<sup>[6]</sup>、澳大利亚等相关数据<sup>[7]</sup>，进行建模。

表 1 1500-1998 年净迁入美洲的非奴隶移民（千人）

	1500-1820	1820-1998
巴西	500	4500
西班牙属美洲	475	6500
加勒比地区	450	2000
加拿大	30	6395
美国	718	53150
美洲合计	2173	72545

表 2 1500-1870 年被运往美洲的非洲奴隶（千人）

	1500-1810	1811-1870	1500-1870
巴西	2501	1145	3647
西班牙属美洲	947	606	1552
非西班牙属加勒比地区	3698	96	3793
美国	348	51	399
美洲合计	7494	1898	9391

从相关文献中获得澳大利亚 1700-1870 年期间人种肤色比例变化如下表

表 3 澳大利亚人种比例变化表

	1700	1820	1830	1840	1850	1860	1870
欧洲后裔（白人）	0.00	0.08	0.16	0.39	0.62	0.84	0.90
土著居民（黑人）	1.00	0.92	0.84	0.61	0.38	0.16	0.10

### 5.1.2 模型的建立

（1）确定因素集。模型中选取四个可能干扰人种肤色变化的四个原因，对于每个原因，从三个方面对其进行综合评价，即该类事件发生的频数、该事件涉及到的人数占总人数的比例、该事件的持续时间，这三个因素构成了指标体系集合，即因素集，记为

$$U = \{u_1, u_2, u_3\}.$$

（2）确定评语集。定义事件的活跃度，从而为各因素的打分做出依据。如对战争类事件进行评价，有十分活跃、比较活跃、一般、不太活跃、不活跃五个等级，分别对应打分值 5、4、3、2、1.由不同决断构成的集合即为评语集，记为

$$V = \{v_1, v_2, v_3, v_4, v_5\}.$$

（3）确定各因素的权重。由于因素集中各因素在综合评价里所起的作用不同，需要确定一个个因素之间的权重分配，它是  $U$  上的一个模糊向量，记为

$$A = [a_1, a_2, a_3],$$

其中： $a_i$  表示第  $i$  个因素的权重，且满足  $\sum_{i=1}^3 a_i = 1$ 。该模型中人为设定权重为[0.4,0.3,0.3].

（4）确定模糊综合评价矩阵。对指标  $u_i$  来说，对各个评语的隶属度为  $V$

上的模糊子集。对指标  $u_i$  的评判记为

$$R_i = [r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{im}],$$



模型中以发现新大陆后 500 年为研究，以 100 年为一个时间段，即每个因素对应评价 5 次，即  $m=5$ 。

各指标的模糊综合判断矩阵为

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & r_{14} & r_{15} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & r_{24} & r_{25} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & r_{34} & r_{35} \end{bmatrix},$$

这是一个从  $U$  到  $V$  的模糊关系矩阵。

(5) 综合评判。可得到综合评判结果

$$B = A \cdot R \quad (1)$$

### 5.1.3 模型的求解

由于搜集到的澳大利亚数据较少，不利于评价矩阵的建立，故在模型求解中以美国为例求解，仅对澳大利亚历史事件与肤色变化的关系进行简单分析。依据近 500 年的美国历史大事件表，分为 5 个时间段，对每个可能原因进行“活跃度”打分，相当于对每个因素集进行 5 次群众给分，构造四个模糊评价矩阵，与权值进行计算，用 Matlab 进行简单编程求解得到各影响因素在不同时期“活跃度”的模糊评价结果。

表 4 美国不同时期各影响因素“活跃度”的模糊评价结果

	16 世纪	17 世纪	18 世纪	19 世纪	20 世纪
B1	1.00	1.00	3.20	4.40	3.40
B2	1.00	1.00	1.30	4.00	3.20
B3	1.00	1.30	1.40	2.30	2.60
B4	1.00	1.00	1.30	2.70	1.70
B5	1.00	1.00	1.20	1.00	1.40

### 5.1.4 结果分析

对于美国来说，在 16 世纪、17 世纪，几个原因均不活跃，18 世纪以来，战争和迁徙两个因素的得分普遍较高，在 3-4 之间，即比较活跃；而自然灾害和政治的得分在 1-3 之间，即不太活跃，社会因素得分最低，即不活跃。可以得出影响美国人种肤色变化的主要原因可能是战争和迁徙。从其迁徙的情况（表 1、表 2）也可以看出，15 世纪发现美洲后，迁往美洲人数明显增加，改变了土著居民“平静”的生活，生活环境发生变化，长时间内造成肤色变化。

对于澳大利亚来说，在发现新大陆之前，几乎处于与世隔绝的状态，肤色变化不明显，而在其后的几百年时间里，人种肤色发生了显著的变化。分析原因，18 世纪以来，英国对澳大利亚发动大规模殖民战争，并开始了向澳洲的大批移民（表 3），殖民者大量屠杀当地土著居民，到 19 世纪初，由殖民冲突引起的土著死亡人数达 20000。在两百年内，澳大利亚并未发生很多像大型自然灾害等的大事件，主要干扰因素就是战争、迁徙两个因素。

通过分析肤色变化明显的澳洲、美洲的干扰因素，可以得到全球范围内，干扰肤色变化的原因主要有战争、迁徙。战争带来的人种屠杀，改变了人种肤色的比例，而迁徙会改变人种的居住环境，比如光照、气候、以及通婚等的条件，在

较长时间内（比如 500-1000 年）造成基因的变化，人种比例发生改变或者产生新的肤色类型。

## 5.2 问题二模型的建立与求解

### 5.2.1 建模准备

首先需要对不同时期人种分布图用 Matlab 进行色块提取处理，并依照模型一中分类的方法将不同的肤色级别分成四大类，合并属于同一类肤色的色块，得到每个大洲的人种分布情况；其次，在估计每个人种的人数时结合各国各地区历年人口数据资料，选取属于同一肤色分布范围的国家与地区的人口数进行求和，得到每个肤色人口的估计值，并对不同时期进行同样的处理，时段的划分采取“离目前越近划分越细”的原则，以保证在最大程度上使用近期较为精确的数据；最后，通过归一化处理得到新的肤色-时间矩阵，作为分析材料。

同时，由于“战争”这一因素具有离散性，因此，在评价离散因素的影响时传统的相关性分析方法具有一定的局限性。在本题中，转而分析战争前后人种肤色比例的变化，建立关于人种比例变化的灰色关联分析模型，分析前后两序列的相关性，若相关性较小说明其中战争因素起到了较大的影响。

### 5.2.2 模型的建立

通过人口统计得到关于时间变化的人种比例分布列表，再基于史实找出 1000 年至今的战争发生的时间段，在每个时间段前后各找出 10 年的统计数据，建立灰色关联分析模型<sup>[8]</sup>，具体步骤如下：

对提取出每一个战争的前后 10 年的数据进行比值化处理，选取前十年的数据为参考数列，

$$x_0 = \{x_0(k) | k=1,2,...,10\} = (x_0(1), x_0(2), ..., x_0(10))$$

取后十年的数据为一个比较数列，

$$x_1 = \{x_1(k) | k=1,2,...,10\} = (x_1(1), x_1(2), ..., x_1(10))$$

两个数列之间的关联系数用：

$$\xi_1(k) = \frac{\min_s \min_t |x_0(t) - x_s(t)| + \rho \max_s \max_t |x_0(t) - x_s(t)|}{|x_0(t) - x_1(t)| + \rho \max_s \max_t |x_0(t) - x_s(t)|} \quad (2)$$

表示，其中  $t$  表示时间序号， $\rho \in [0,1]$  为分辨系数。式中  $\min_s \min_t |x_0(t) - x_s(t)|$  和

$\max_s \max_t |x_0(t) - x_s(t)|$  分别为两级最小差和两级最大差。分辨系数越大，分辨率越大；越小，分辨率越小。

定义：

$$r_1 = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \xi_1(k) \quad (3)$$

为关联度<sup>[9]</sup>，描述两个数列之间的关联程度。

### 5.2.3 模型的求解与结果分析

在选取战争时，通过史料检索与分析，选取涉及范围较广、牵涉人数较多的战争，以获得全球范围人种肤色变化和战争的关系。

表 5 四场战争前后不同肤色人种比例关联度

	黑	白	黄	棕
战争 A(1810-1826)	0.470648	0.470701	0.469276	0.468618
战争 B(1861-1890)	0.524957	0.621255	0.54101	0.527245
战争 C(1914-1918)	0.708477	0.683077	0.693609	0.69768
战争 D(1939-1945)	0.550803	0.517887	0.540593	0.548943

通过对各场战争前后数据相关性分析，可知 A,B,D 战争前后数据的相关性比较小，均在 0.6 左右变化，大部分在 0.4 左右浮动，可得出结论：战争前后人种肤色人口数比例变化相关性较小，战争导致人口比例走势变化的影响比较大。即可以验证“战争”与 500-1000 年内人种的肤色变化有关系。

## 5.3 问题三模型的建立与求解

### 5.3.1 模型的建立

问题三需要过去 500-1000 年内的世界人种分布数据，这个在 1,2 问中已经得到，可以将它作为初始值，建立如下 GM(1,1) 预测模型<sup>[10]</sup>：

1. GM(1,1) 模型预测

已知参考数据列  $x^{(0)} = (x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(n))$ ，1 次累加生成序列(1-AGD)

$$x^{(1)} = (x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), \dots, x^{(1)}(n)) = (x^{(0)}(1), x^{(0)}(1) + x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(n))$$

其中：  $x^{(1)}(k) = \sum_{i=1}^k x^{(0)}(i)$ ，  $k=1,2,\dots,n$ .  $x^{(1)}$  的均值生成序列

$$z^{(1)} = (z^{(1)}(2), z^{(1)}(3), \dots, z^{(1)}(n))$$

其中：  $z^{(1)}(k) = 0.5x^{(1)}(k) + 0.5x^{(1)}(k-1)$ ，  $k=2,3,\dots,n$

建立灰微分方程

$$x^{(0)}(k) + az^{(1)}(k) = b, k=2,3,\dots, n \quad (4)$$

相应的白化微分方程为

$$\frac{dx^{(1)}}{dy} + ax^{(1)}(t) = b \quad (5)$$

$$\text{记 } u = [a, b]^T, Y = [x^{(0)}(2), x^{(0)}(3), \dots, x^{(0)}(n)]^T, B = \begin{bmatrix} -z^{(1)}(2) & 1 \\ -z^{(1)}(3) & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -z^{(1)}(n) & 1 \end{bmatrix}, \text{ 则由最小}$$

二乘法，求得使  $J(u) = (Y - Bu)^T (Y - Bu)$  达到最小值  $u$  的估计值为

$$\hat{u} = [\hat{a}, \hat{b}]^T = (B^T B)^{-1} B^T Y \quad (6)$$

于是求解方程 (2) 得

$$\hat{x}^{(1)}(k+1) = \left( x^{(0)}(1) - \frac{\hat{b}}{\hat{a}} \right) e^{-\hat{a}k} + \frac{\hat{b}}{\hat{a}}, k = 0, 1, \dots, n-1, \dots \quad (7)$$

## 2. GM (1,1) 模型预测步骤

### (1) 数据的检验与处理

首先，为了保证建模方法的可行性<sup>[11]</sup>，需要对已知数据列作必要的检验处理。设参考数据为  $x^{(0)} = (x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(n))$  计算序列的级比

$$\lambda(k) = \frac{x^{(0)}(k-1)}{x^{(0)}(k)}, k = 2, 3, \dots, n \quad (8)$$

如果所有的级比  $\lambda(k)$  都落在可容覆盖  $\Theta = \left( e^{-\frac{2}{n+1}}, e^{\frac{2}{n+2}} \right)$  内，则序列  $x^{(0)}$  可以作

为模型 GM (1,1) 的数据进行灰色预测。否则，需要对序列  $x^{(0)}$  做必要的变换处理，使其落入可容覆盖内。取适当的常数  $c$ ，作平移变换

$$y^{(0)}(k) = x^{(0)}(k) + c, k = 1, 2, \dots, n \quad (9)$$

使序列  $y^{(0)} = (y^{(0)}(1), y^{(0)}(2), \dots, y^{(0)}(n))$  的级比

$$\lambda_y(k) = \frac{y^{(0)}(k-1)}{y^{(0)}(k)} \in \Theta, k = 2, 3, \dots, n \quad (10)$$

### (2) 建立模型

按式 (2) 建立 GM (1,1) 模型，则可以得到预测值

$$\hat{x}^{(1)}(k+1) = \left( x^{(0)}(1) - \frac{\hat{b}}{\hat{a}} \right) e^{-\hat{a}k} + \frac{\hat{b}}{\hat{a}}, k = 0, 1, \dots, n-1, \dots \quad (11)$$

---

而且  $\hat{x}^{(0)}(k+1) = \hat{x}^{(1)}(k+1) - \hat{x}^{(1)}(k), k=1,2,\dots,n-1,\dots$

### (3) 检验预测值

残差检验<sup>[12]</sup>.令残差为  $\varepsilon(k)$ , 计算

$$\varepsilon(k) = \frac{x^{(0)}(k) - \hat{x}^{(0)}(k)}{x^{(0)}(k)}, k=1,2,\dots,n \quad (12)$$

这里  $\hat{x}^{(0)}(1) = x^{(0)}(1)$ , 如果  $\varepsilon(k) < 0.2$ , 则可认为达到一般要求; 如果  $\varepsilon(k) < 0.1$ , 则认为达到较高的要求。

### (4) 预测预报

由  $GM(1,1)$  模型得到指定时区内的预测值, 根据实际需求, 给出相应的预测预报。

## 5.3.2 模型的求解和结果分析

将 1,2 问中历年人种分布的数据分成四类: 黑种人、棕种人、黄种人和白种人历年人数, 分别代入  $x^{(0)} = (x^{(0)}(1) + x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(n))$  中, 求得预测的未来 500 年各人种的分布, 见附录一。

提取出每隔 50 年的各人种肤色人口数据如下:

表 6 2000-2504 年世界人种肤色分布预测

预测数据	白	黄	棕	黑
2000	3005866.513	1181866.087	1515248.537	299048.1917
2001	3040760.559	1195519.255	1539902.496	306802.9864
2002	3071108.914	1207341.596	1562043.451	313715.5367
2003	3101760.162	1219280.846	1584502.752	320783.833
2004	3132717.326	1231338.162	1607284.976	328011.3845
2005	3163983.457	1243514.711	1630394.767	335401.7793
2006	3195561.641	1255811.673	1653836.834	342958.6864
2007	3227454.991	1268230.237	1677615.954	350685.8574
2008	3259666.653	1280771.608	1701736.974	358587.1287
2009	3292199.805	1293436.998	1726204.81	366666.4228
2010	3325057.654	1306227.635	1751024.449	374927.7508
2011	3358243.441	1319144.757	1776200.947	383375.214
2012	3391760.439	1332189.615	1801739.438	392013.0062
2013	3425611.954	1345363.472	1827645.125	400845.4157
2014	3459801.325	1358667.603	1853923.287	409876.8275
2054	5147199.098	2013987.367	3281612.2	999335.1446
2104	8457085.59	3294095.187	6700105.328	3044622.164
2154	13895381.8	5387850.63	13679682.02	9275891.248
2254	37511981.13	14413662.62	57024928.21	86099402.1
2304	61633915.66	23575111.46	116428451	262314549.2
2354	101267367	38559656.58	237713306	799180029.6
2404	166386956	63068508.41	485341987.7	2434820034
2454	273381445.2	103155398.8	990928311.8	7418038965
2504	449178327.3	168721864.1	2023189718	22600151680

对样本做预测得到模型的残差分析，利用 Matlab 软件计算得出残差  $\varepsilon(k)$ ，分析结果如下：

表 7 2000~2009 实际统计数据

实际数据	白	黄	棕	黑
2000	3005866.513	1181866.087	1515248.537	299048.1917
2001	3039438.591	1194987.698	1538689.901	306198.5298
2002	3071343.329	1207508.334	1561885.134	313499.9556
2003	3102904.321	1219734.822	1584913.353	320844.5381
2004	3128228.313	1229505.136	1605978.735	328226.4088
2005	3166695.258	1244580.822	1631704.71	335749.7286
2006	3198341.158	1256887.957	1655414.382	343439.0803
2007	3229442.233	1269007.72	1679220.162	351292.5975
2008	3261280.441	1281358.361	1703554.182	359308.3593
2009	3287777.733	1291766.093	1722415.366	365177.8089

表 8 2000~2009 预测数据

预测数据	白	黄	棕	黑
2000	3005866.513	1181866.087	1515248.537	299048.1917
2001	3040760.559	1195519.255	1539902.496	306802.9864
2002	3071108.914	1207341.596	1562043.451	313715.5367
2003	3101760.162	1219280.846	1584502.752	320783.833
2004	3132717.326	1231338.162	1607284.976	328011.3845
2005	3163983.457	1243514.711	1630394.767	335401.7793
2006	3195561.641	1255811.673	1653836.834	342958.6864
2007	3227454.991	1268230.237	1677615.954	350685.8574
2008	3259666.653	1280771.608	1701736.974	358587.1287
2009	3292199.805	1293436.998	1726204.81	366666.4228

表 9 2001~2009 残差分析数据

白	黄	棕	黑
-0.000434938	-0.000444822	-0.00078807	-0.001974068
7.63233E-05	0.000138084	-0.000101363	-0.000687659
0.000368738	0.000372192	0.000259068	0.000189204
-0.001435002	-0.001490865	-0.000813361	0.00065511
0.00085635	0.000856602	0.000802806	0.001036335
0.00086905	0.000856309	0.000952963	0.001398775
0.000615351	0.00061267	0.000955329	0.001727164
0.000494833	0.000457915	0.001066716	0.002007275
-0.001345003	-0.001293504	-0.002200076	-0.004076408

通过对以上结果进行分析可知，经过在今后 500 年的时间里黑人所占比例逐步增大，白人和黄种人的比例有所下降，棕色肤色的人口所占比例平稳上升。

人口数量预测作图如下：

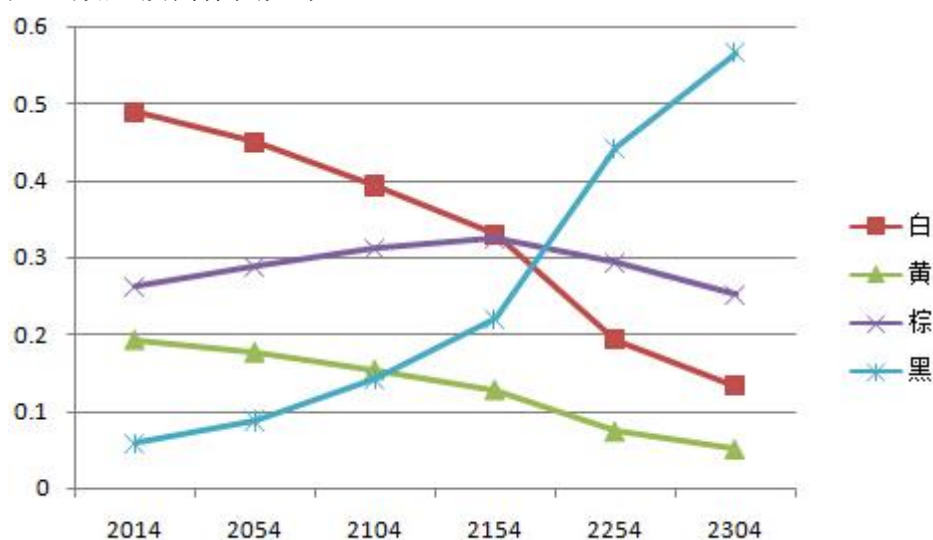


图 4 世界人种肤色分布预测图

### 5.3.3 考虑核战因素

原子弹爆炸的强烈光波，使成千上万人双目失明； 10 亿度的高温，把一切都化为灰烬；放射雨使一些人在以后 20 年中缓慢地走向死亡；冲击波形成的狂

---

风，又把所有的建筑物摧毁殆尽。处在爆心极点影响下的人和物，象原子分离那样分崩离析。离中心远一点的地方，可以看到在一霎那间被烧毁的男人和女人及儿童的残骸。更远一些的地方，有些人虽侥幸还活着，但不是被严重烧伤，就是双目被烧成两个窟窿。在 16 公里以外的地方，人们仍然可以感到闷热的气流。

当时广岛人口为 34 万多人，靠近爆炸中心的人大部分死亡，当日死者计 8.8 万余人，负伤和失踪的为 5.1 万余人；全市 7.6 万幢建筑物全被毁坏的有 4.8 万幢，严重毁坏的有 2.2 万幢。

结合问题一的结论可知，战争对人种肤色分布有显著影响，有历史数据显示，如果发生核战，核弹爆炸后的残留物对人的皮肤会产生一定核辐射，影响黑色素的合成，同时，爆炸地点在数十甚至数百年都不会有动植物生存，打乱了当地人口分布，对肤色分布也产生了影响。所以，发生核战后，局部人种肤色分布和地点，规模等多种因素有关。

若发生在某一色人种聚居的地方，则会造成该人种比例突然减少，而且在短时间内会这种状态会一直持续下去；若发生在人种混居区域，各色人种成比例减小；若是全球范围内的核战，对某色人种甚至对全人类来说，都会是毁灭性的灾难。

## 六 模型的评价与推广

问题一建立了基于模糊综合评价模型，该模型优点在于建模前的数据处理以及评价体系的建立。先利用 Matlab 处理人种肤色分布图像，大体上找出了肤色变化显著的区域，从这些区域出发，降低对数据的要求，而且增加了数据的可靠性。而在模糊综合评价体系中定义了活泼度的概念，可以说在一定程度上推广了模糊评价方法的应用，评价矩阵的建立又以各事件发生的频率、涉及人数、区域，为依据，增加了其可靠性，虽然还有很大主观因素，但题目仅要求找出影响肤色变化的可能原因，模型足以解决此问题。缺点是肤色变化程度的分析仅以不同肤色分布范围考虑，加上人口密度的变化会更有说服力，而且有些影响因素数据偏少，降低了评价矩阵的可信度。

问题二建立了关于战争前后肤色分析的灰色关联分析模型，该模型依照模型一中分类的方法，将不同的肤色级别分成四大类。该模型的优点是它可以针对大量不确定性因素及其相互关系，处理类似“战争”一样具有离散性质的理想因素，将定量和定性方法有机结合起来，使原来复杂的决策问题变得更加清晰简单，而且计算方便，并可在一定程度排除决策者的主观任意性，得出的结论也比较客观，有一定的参考价值。

问题三建立了关于人种分布的灰色预测模型，该模型优点是不需要很多的数据，就能解决如本题这样的历史数据少，序列完整性及可靠性低的问题，且能将无规律的原始数据生成得到规律性较强的生成序列，运算方便，易于检验。又由于本题需要预测的是短期数据，所以利用本模型能很好地预测出结果，精度较高。缺点是仅建立时间与人口肤色分布的关系，而社会环境变化对人种肤色分布的影响分析比较笼统，尤其是加入新的影响因素后该模型就失去了作用，故本题没有从数学角度分析加入核战后的影响，可以在数据完善的情况下考虑多元线性回归的角度进行预测。



---

## 七 参考文献

- [1]孙家堃.哥伦布发现新大陆的历史作用.拉丁美洲研究, 1991 (3): 6-10
- [2]杨启藩.浅谈哥伦布发现新大陆对拉丁美洲人口发展进程的影响.河北大学学报, 1992 (2): 47-51
- [3]袁越.人类肤色进化.三联生活周刊, 2012 (43): 26-28
- [4]肖皓天, 陈志敏, 薛原.有关人类肤色的那些事儿.生命世界, 2013 (10): 10-13
- [5]段景春, 李章启.世界人种分布与地理环境.濮阳职业技术学院学报, 2007 (4): 24-25
- [6]Angus Maddison. The World Economy: Historical Statistics. 北京: 北京大学出版社, 2009, 109-114, 187-202
- [7]Angus Maddison. The World Economy: A Millennial Perspective. 北京: 北京大学出版社, 2003, 225-265
- [8]Relethford JH. 2000. Human skin color diversity is highest in African populations. Hum Biol 72:773 - 780
- [9]顾来, 陈明.生物的进化.生物学通报, 2004(2), 26-29
- [10]邵晓莉.试论中世纪黑死病对欧洲社会的影响.西安社会科学, 2011(11), 175-177
- [11]Chaplin G. 2001. The geographic distribution of environmental human skin coloration. Dissertation submitted in partial fulfillment of requirements for Degree of Master of Science in Geographical Information Systems, Manchester University, Manchester

## 附录

美国历史大事件（1500-2000）			
类别	时间	事件	死亡人数
战争	1775-1783	独立战争	220000
	1812-1815	英美战争	2269
	1832-1842	塞米诺尔战争	2000
	1846-1848	美墨战争	13283
	1861-1865	南北战争	620000
	19 世纪	讨伐印第安人	5000
	1898	美西战争	2446
	1899-1901	美菲战争	4243
	1917-1918	一战	116000
	1941-1945	二战	470800
	1951-1953	朝战	54000
	1961-1973	越战	57000
	1991	海湾战争	192
自然灾害	1871	火灾	1200
	1889	洪水	2209
	1900	飓风	8000
	1906	地震，火山喷发	3000
	1925	龙卷风	700
	1980	炎热	10000
	1988	炎热	5000-10000
迁徙	1607	首个永久殖民地建立	+100
	1838	印第安人西迁	-18000
注：“迁徙”一栏中“+”表示迁入，“-”表示迁出			

程序：

第三问：

```

p=xlsread('polution.xls');
[m,n]=size(p);
year=500;
XX=zeros(m+year,n);
for h=1:n
    x0=p(:,4)';
    for k=2:length(x0)
        la(k)=x0(k-1)/x0(k);
    end
end

```

---

```

fugai=[exp(-2/(length(x0)+1)),exp(2/(length(x0)+2))];

for i=1:length(x0)
    b=x0(1:i);
    x1(i)=sum(b');
end
for j=2:length(x0)
    z1(j)=0.5*x1(j)+0.5*x1(j-1);
end
Y=x0(2:length(x0))';
B=[-z1(2:length(x0))',ones(length(x0)-1,1)];
u_=inv(B'*B)*B'*Y;
for k=0:length(x0)+500-1
    x1(k+1)=(x0(1)-u_(2,1)/u_(1,1))*exp(-k*u_(1,1))+u_(2,1)/u_(1,1);
end
clear k;
for k=1:length(x0)-1+500
    x0(k+1)=x1(k+1)-x1(k);
end
XX(:,h)=x0';
end
xlswrite('white.xls',XX);

m=imread('afr.jpg');
x=rgb2gray(m);
[a,b,c]=size(x);
figure(1)
imshow(x)
black=0;
for i=1:a
    for j=1:b
        if (170<=x(i,j)&& x(i,j)<=173)
            black=black+1;
        end
    end
end
P=black/(a*b);

```