

第五届数学中国数学建模网络挑战赛

队号: #2168

第五届“认证杯”数学中国

数学建模网络挑战赛

承 诺 书

我们仔细阅读了第五届“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:

队员 2:

队员 3:

参赛队教练员 (签名):

参赛队伍组别:

第五届“认证杯”数学中国

数学建模网络挑战赛

编 号 专 用 页

第五届数学中国数学建模网络挑战赛

队号：#2168

参赛队伍的参赛队号：（请各个参赛队提前填写好）： 2168

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）：

第五届数学中国数学建模网络挑战赛

队号: #2168

2012 年第五届“认证杯”数学中国 数学建模网络挑战赛

题 目 基于层次分析和元胞自动机的“白屋顶计划”评估模型

关 键 词 层次分析; 元胞自动机; 白屋顶计划; 数学模型

摘 要

热岛效应对城市发展与人类活动的影响日益显著, 如何研究与解决热岛效应已是一个重要课题。本文研究不同屋顶颜色对热岛效应的影响。特别地, 对白屋顶计划进行了评估。

本文针对屋顶颜色对热岛效应的影响, 从因素的整体性影响和局部性影响分别建立了模型一与模型二。

模型一采用层次分析法, 从整体考虑屋顶颜色的改变对热岛效用的影响。不同的屋顶颜色影响了屋顶的反射能量、吸热比率、光污染因素、大气因素以及人口密度, 进而影响热岛效应的强弱。最终我们得到 $RGB = (192, 192, 192)$ 是相对最好的屋顶颜色。此外, 该模型还依据城市属性不同, 研究了权值的改变对模拟结果的影响。对于不同城市的热岛效应的研究, 通过调节权值, 可以得到符合实际的模拟结果。

模型二采用元胞自动机的方法进行模拟, 考虑到上述屋顶颜色对于温度的影响, 将它翻译成元胞自动机的变化法则。在这套法则之下, 我们以北京城区为例, 设计出以温度为衡量元胞标准的元胞自动机。通过分析对于模型一的 3 个相对优良的颜色自动机 30 步自动变换, 我们最终得到白屋顶对于热岛效应具有抑制的效果。

参赛队号 2168

参赛密码 _____
(由组委会填写)

所选题目 B

第五届数学中国数学建模网络挑战赛

队号: #2168

英文摘要（选填）

Heat Island Effect is having more and more effects on city development and people activity, hence how to solve the problem is becoming an important subject. We focus on different roof colors' influence on Heat Island Effect. We assess the "White Roof Plan" specially. In consideration of roof color's effect on Heat Island Effect, we set up two models based on a whole view and a local view respectively.

Based on analytic hierarchy process, Model One study roof color's influence on Heat Island Effect. Different roof colors effect roof's reflection energy, absorption rate, light pollution factor, air factor and population density, thence influence strength of the Heat Island Effect. Finally we gained $RGB = (192, 192, 192)$ is the best choice. In addition, our model study effects brought by change of weights on imitating results according to different properties of different cities. Via adjusting weights, we get results corresponding well with the reality. We use Cellular Automata in Model Two, we translate relations between roof color and temperature into the law in Cellular Automata. We take city Bei Jing for example and we design Cellular Automata with temperature criterion. Via analyzing three superior colors and their corresponding Cellular Automata's first thirty conversions we get the conclusion that white roof has restrain effects towards Heat Island Effect.

第五届数学中国数学建模网络挑战赛

队号: #2168

目录

一. 问题重述	6
二. 问题分析	6
三. 方法背景介绍	6
3.1 层次分析法	6
3.1.1 层次分析法的背景	6
3.1.3 层次分析法的相关数学表达	7
3.1.4 层次分析法的一致性检验	8
3.2 元胞自动机	8
四. 模型一: 层次分析模型	9
4.1 模型假设	9
4.2 层次建立	10
4.2.1 目标层	10
4.2.2 准则层	10
4.2.3 方案层	11
4.3 模型建立	11
4.3.1 计算方案层 P 到准则层 C 的比重	11
4.3.2 计算准则层 C 到目标层 O 的比重	17
4.3.3 计算方案层 P 对目标层 O 的权重 W	18
4.4 模拟结果与分析	18
4.4.1 算法的编程实现	18
4.4.2 结果分析	18
4.5 模型评估	26
五. 模型二: 元胞自动机	27
5.1 模型假设	27
5.2 模型建立	27
5.2.1 初始条件	27
5.2.2 对应法则	28
5.3 模型应用	29
5.3.1 针对来自模型一的最优颜色的运行结果	29
5.3.2 不用颜色产生的不用元胞自动机结果比较	30
5.4 模型评估	31
六. 比较与联系	32
七. 参考文献	33
八. 附录	34
8.1 颜色排名表	34
8.2 部分代码	43
8.2.1 层次分析函数 (Matlab 函数)	43
8.2.2 二维图像插值 (Matlab 函数)	44
8.2.3 RGB 和波长的关系 (Matlab 函数)	44
8.2.4 不同颜色对于抑制热岛效应的贡献与排名 (Matlab 函数)	45
8.2.5 元胞自动机迭代函数 (Matlab 函数)	46
8.2.6 RGB 和 HSB 的转化 (Matlab 函数)	47

第五届数学中国数学建模网络挑战赛

队号: #2168

一. 问题重述

热岛效应指城市温度高于郊野温度的现象。热岛效应在城市中形成高温区,严重影响人们的生活,例如高温区的居民更容易患上消化系统或神经系统疾病、大大增加城市能耗等问题。为了缓解热岛效应,有专家提出将城市建筑物屋顶改成白色以反射更多的光能,然而有些人认为白色屋顶具有太过刺眼等其他负面效应,并且对降低热岛效应的作用不大。这一问题需要更深一步的研究,需要建立一个合适的数学模型,来评估白屋顶对降低热岛效应的作用,并且更迫切希望得到针对降低热岛效应的最佳城市屋顶颜色方案。

二. 问题分析

本问题要求研究屋顶颜色变化对城市中热岛效应的影响,特别是白屋顶对热岛效应的影响。影响城市热岛效应的因素有很多,例如太阳辐射强度,太阳辐射强度越大,城市中心相对温度就越高,城市热岛效应越严重。此外,还有降水、云层覆盖率、风速、植被覆盖率、城市热容量、大气因素、人口密度、工业化程度等诸多因素的影响。这些因素中有些是相互关联、相互制约的,如工业化程度和大气因素,工业化程度越高,大气中污染物含量就相对越高,影响大气因素。

屋顶颜色变化会影响其中的部分因素:

- (1) 反射能量: 不同颜色反射光能的能力不同。
- (2) 吸热比率: 不同颜色吸收热量能力不同。
- (3) 光污染因素: 超过一定强度的不同颜色会带来不同程度的光污染。
- (4) 大气因素: 不同颜色屋顶会对大气中光化学烟雾的组成成分有一定影响。
- (5) 人口密度: 不同颜色会影响人类的视觉舒适度,从而影响人类的活动倾向,从而影响人口密度。

因此,我们需要建立屋顶颜色与其上因素之间的函数关系。在这些函数关系的基础上,我们采用层次分析法来研究不同屋顶颜色对热岛效应的影响。特别地,评估白色屋顶对降低热岛效应起到的作用。

三. 方法背景介绍

3.1 层次分析法

3.1.1 层次分析法的背景

层次分析法是将决策总是有关的元素分解成目标、准则、方案等层次,在此基础上进行定性和定量分析的决策方法。该方法是美国运筹学家匹茨堡大学教授萨蒂于本世纪 70 年代初,在为美国国防部研究“根据各个工业部门对国家福利的贡献大小而进行电

第五届数学中国数学建模网络挑战赛

队号: #2168

力分配”课题时,应用网络系统理论和多目标综合评价方法,提出的一种层次权重决策分析方法。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。尤其适合于对决策结果难于直接准确计量的场合。在现实世界中,往往会遇到决策的问题,在决策者做出最后的决定以前,他必须考虑很多方面的因素或者判断准则,最终通过这些准则做出选择。这些因素是相互制约、相互影响的。我们将这样的复杂系统称为一个决策系统。这些决策系统中很多因素之间的比较往往无法用定量的方式描述,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。

3.1.2 层次分析法的步骤

1. 建立层次结构模型。在深入分析实际问题的基础上,将有关的各个因素按照不同属性自上而下地分解成若干层次,同一层的诸因素从属于上一层的因素或对上层因素有影响,同时又支配下一层的因素或受到下层因素的作用。最上层为目标层,通常只有1个因素,最下层通常为方案或对象层,中间可以有一个或几个层次,通常为准则或指标层。
2. 构造成比较矩阵。从层次结构模型的第2层开始,对于从属于(或影响)上一层每个因素的同一层诸因素,用成对比较的方法构成比较矩阵,直到最下层。
3. 计算权向量并做一致性检验。对于每一个成对比较矩阵计算最大特征根及对应特征向量,利用一致性指标、随机一致性指标做一致性检验。若检验通过,特征向量(归一化后)即为权向量;若不通过,需重新构成比较矩阵。
4. 计算组合权向量并做组合一致性检验。计算最下层诸因素对目标的组合权向量,并根据公式做组合一致性检验,若检验通过,则可按照组合权向量表示的结果进行决策,否则需要重新考虑模型或重新构造那些一致性比率较大的成为比较矩阵。

3.1.3 层次分析法的相关数学表达

设某层有 n 个因素, $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ 。要比较他们对上一层某一准则(或目标)的影响程度,确定在该层中相对与某一准则所占的比重(即把 n 个因素对上层某一指标的影响程度排序)。

上述比较式两两因素之间进行比较,比较时尺度取为 1-9,用 a_{ij} 表示第 i 个因素相对于第 j 个因素的比较结果,则 $a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}$ 。 A 则称为成对比较矩阵:

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

显然, $a_{ij} > 0, a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}}, a_{ii} = 1, (i, j = 0, 1, \dots, n)$ 因此, 又称判断矩阵为正互反矩阵。

第五届数学中国数学建模网络挑战赛

队号：#2168

比较尺度（1-9 尺度的含义）

尺度	含义
1	第 i 个因素与第 j 个因素的影响相同
3	第 i 个因素比第 j 个因素的影响稍强
5	第 i 个因素比第 j 个因素的影响强
7	第 i 个因素比第 j 个因素的影响明强
9	第 i 个因素比第 j 个因素的影响绝对地强

2、4、6、8 表示第 i 个因素相对于第 j 个因素的影响介于上述两个相邻等级之间。

3.1.4 层次分析法的一致性检验

由正互反矩阵的性质可知，只要确定 A 的上（或下）三角的 $\frac{n(n-1)}{2}$ 个元素即可。在

特殊情况下，如果判断矩阵 A 的元素具有传递性，则称 A 为一致性矩阵。

通常情况下，由实际得到的判断矩阵不一定是一致的，即不一定满足传递性和一致性。实际中，也不比要求一致性绝对成立，但要求大体上是一致的，即不一致的程度应在容许的范围内。主要考查以下指标：

- (1) 一致性指标： $CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$ 。
- (2) 随机一致性指标： RI 通常由实际经验给定的。
- (3) 一致性比率指标： $CR = \frac{CI}{RI}$ ，当 $CR < 0.10$ 时，认为判断矩阵的一致性是可以

接受的，则 λ_{\max} 对应的特征向量可以作为排序的权重向量，此时

$$\lambda_{\max} \approx \sum_{i=1}^n \frac{(AW)_i}{nw_i} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}w_j}{w_i}, \text{ 其中 } AW_i \text{ 表示 } AW \text{ 的第 } i \text{ 个分量。}$$

3.2 元胞自动机

元胞自动机是一种时间和空间都离散的动力系统。散布在规则格网中的每一元胞取有限的离散状态，遵循同样的作用规则，依据确定的局部规则作同步更新。大量元胞通过简单的相互作用而构成动态系统的演化。不同于一般的动力学模型，元胞自动机不是由严格定义的物理方程或函数确定，而是用一系列模型构造的规则构成。凡是满足这些

第五届数学中国数学建模网络挑战赛

队号: #2168

规则的模型都可以算作是元胞自动机模型。因此,元胞自动机是一类模型的总称,或者说是一个方法框架。其特点是时间、空间、状态都离散,每个变量只取有限多个状态,且其状态改变的规则在时间和空间上都是局部的。大体上可将元胞自动机分为四类:

- (1) 平稳型:自任何初始状态开始,经过一定时间运行后,元胞空间趋于一个空间平稳的构形,这里空间平稳即指每一个元胞处于固定状态。不随时间变化而变化。
- (2) 周期型:经过一定时间运行后,元胞空间趋于一系列简单的固定结构或周期结构。由于这些结构可看作是一种滤波器,故可应用到图像处理的研究中。
- (3) 混沌型:自任何初始状态开始,经过一定时间运行后,元胞自动机表现出混沌的非周期行为,所生成的结构的统计特征不再变止,通常表现为分形分维特征。
- (4) 复杂型:出现复杂的局部结构,或者说是局部的混沌,其中有些会不断地传播。

四. 模型一: 层次分析模型

在该模型中,建立一定假设的基础上,我们设计层次分析模型,计算权重,通过MATLAB 编程模拟,研究了不同颜色屋顶对热岛效应的缓解效果,以及不同城市下白屋顶计划的可行性。

4.1 模型假设

- (1) 不同屋顶颜色对城市周边地区温度没有影响,即该城市周边郊区温度在我们研究辖域内不发生变化。
- (2) 研究过程中,城市的其他参量不变,如植被覆盖率、工业化程度等。
- (3) 不同颜色屋顶对城市的比热容、年降水情况、植被覆盖、风速和云层覆盖无明显影响。
- (4) 对于反射能量和吸收能量的假设:当光照到屋顶上被反射出去时会在云层与屋顶间来回反射,直至能量大多被反射出云层,我们假设最终留在云层与屋顶间的光能为零。
- (5) 对于大气污染指数的各项指标,只有光化学烟雾同时与屋顶颜色还有城市中心相对温度值有较大联系,因此我们只考虑光化学烟雾那一项。
- (6) 我们假设光强与催化光强 I 和催化速率 v 成二次关系,于是有: $v = kI^2$ 。其中, k 为比例系数。
- (7) 根据相关资料我们可假设人类对于亮度为 45.417% 以上的光会感到不适,在这个值以下的光强中感到正常。

第五届数学中国数学建模网络挑战赛

队号：#2168

4.2 层次建立

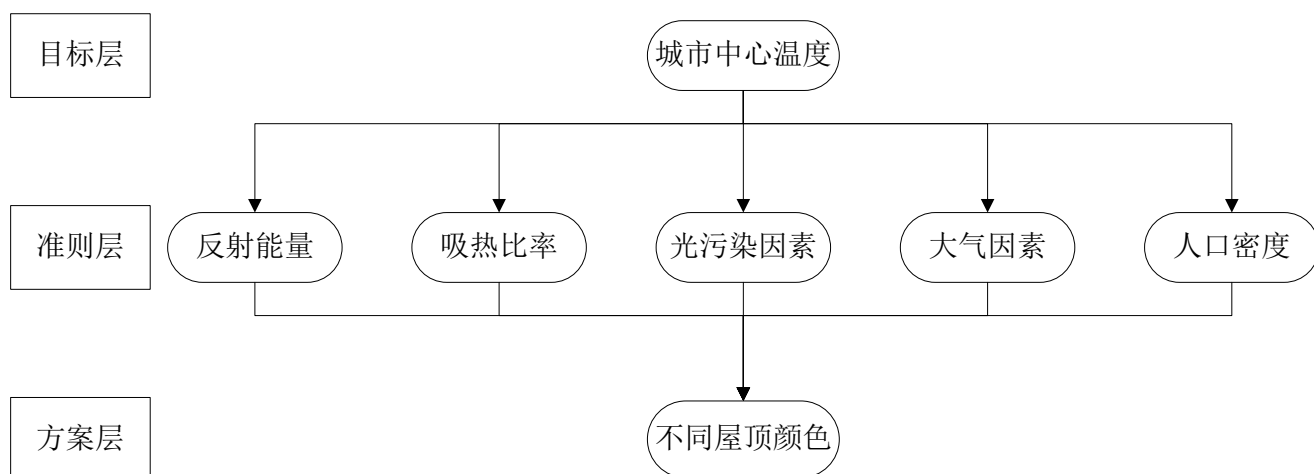


图 1-层次分析示意图

4.2.1 目标层

城市中心温度：

根据热岛效应的定义，我们以城市与郊区的温度差为刻画热岛效应强弱为标准。模型假设中，我们提出不同颜色屋顶不改变郊区温度，因此可以用城市中心温度 T 来刻画热岛效应的强弱。

4.2.2 准则层

- (1) 反射能量：不同颜色对光的吸收程度不同，也就是反射程度不同，这显然影响着该城市对能量的储存能力，进而影响该城市的温度值。
- (2) 吸热比率：不同颜色对光能的吸收率不同，也会影响到该城市的储热量，进而影响到该城市的中心温度值。
- (3) 人口密度：人口密度越高，人类活动强度越大，汽车尾气、工业废气等排量也就越多，致使城市中心相对温度值增大；反之，亦然。
- (4) 大气因素：大气污染指数中光化学烟雾受屋顶颜色的影响，同时会催化城市中汽车尾气与大气某些成分的化学反应，进而影响城市中心相对温度值。
- (5) 光污染因素：过量的光辐射对人类生活和生产环境造成不良影响的现象。包括可见光、红外线和紫外线造成的污染。过多光辐射增加了城市的光能储量从而会影响城市中心相对温度值。

准则层因素	符号	单位
反射能量（在模型中用反射光强度来衡量）	I	cd
吸热比率（在模型中用吸热本领来衡量）	a	0
人口密度指数（在模型中用概率分布来描述）	$f(B_2)$	0

第五届数学中国数学建模网络挑战赛

队号: #2168

大气污染因素(用光化学烟雾质量来衡量)	m	kg
光污染因素(用眩光指数来衡量)	GI	$rad \cdot m$

4.2.3 方案层

屋顶的所有可能颜色:

RGB_1 是色光的彩色模式, R 代表红色, G 代表绿色, B_1 代表蓝色。因为三种颜色每一种都有 256 个亮度水平级, 所以三种色彩叠加就能形成 1670 万种色彩了(俗称“真彩”)。这已经足以再现这个绚丽的世界了。

我们通过 RGB_1 模型来表述不同的屋顶颜色。

4.3 模型建立

4.3.1 计算方案层 P 到准则层 C 的比重

设计 RGB_1 关于反射能量、吸热率、光污染因素、大气、以及人口密度的评估函数。

(1) RGB_1 对于反射能量的影响

根据相关资料, 我们知道 代表了红、绿、蓝三原色在反射光中的光强分量。依据物理知识, 我们 RGB_1 知道光强 I 和振幅 A 的关系:

$$I = kA^2$$

其中, k 为比例系数, 由波的叠加知识, 我们知道光在叠加的时候, 振幅的叠加方式是直接相加, 则我们知道, 混合光的光强, 可以定义为

$$I = k(\sqrt{R} + \sqrt{G} + \sqrt{B_1})^2$$

注意, 此处的光强是物理上的定义, 它与光的能量有关, 和人眼的感知没有直接关系。至于光对人眼的影响, 我们后面分析。

由这个公式, 我们可以把所有 RGB_1 颜色以光强 I 为标准整理成一个偏序, 能量最低的是黑色(0, 0, 0), 光强为 0, 能量最高的是白色(255, 255, 255), 光强为 2295 (归一化处理), 因此, 我们的反射能量和 I 成正比, 可用 I 来描述反射能量。

因为我们以让温度降低为准则, 而反射光强越大, 温度越低, 每给定一个向量

第五届数学中国数学建模网络挑战赛

队号: #2168

(R, G, B_1) , 我们可以取对应的 I 值作为反射能量在比较矩阵 A 中的权值, 由此可构造出

比较矩阵。我们在实验中给定了 n 组 (R, G, B_1) 值, 记第 i 组为 (R^i, G^i, B^i) , 则比较矩阵

中的 $a_{ij} = \frac{k(\sqrt{R^i} + \sqrt{G^i} + \sqrt{B_1^i})^2}{k(\sqrt{R^j} + \sqrt{G^j} + \sqrt{B_1^j})^2}$, 求出该矩阵的最大特征值对应的特征向量 w_1 。

(2) RGB_1 对于吸热率的影响

依据量子物理学知识, 我们知道物体辐射本领 $r(\lambda, t)$ 和吸收本领 $a(\lambda, t)$ 成正比, 并且这两个量只和温度 T 和光波长 λ 有关。根据基尔霍夫辐射定律, 我们知道:

$$\frac{r(\lambda, T)}{a(\lambda, T)} = r_0(\lambda, T)$$

再依据普朗克辐射公式:

$$r_0(\lambda, T) = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{\frac{hc}{kT\lambda}} - 1}$$

其中, h 为普朗克常数。但是我们还需要找到波长和 RGB_1 之间的关系, 因此有如下论述:

首先, 两个波 $\psi_1 = A\cos(\omega_1 t - \varphi_1)$, $\psi_2 = A\cos(\omega_2 t - \varphi_2)$ 叠加, 则合成波为:

$$\psi = \psi_1 + \psi_2 = A\cos(\omega_1 t - \varphi_1) + A\cos(\omega_2 t - \varphi_2)$$

和差化积, 即:

$$\psi = 2A\cos\frac{(\omega_1 + \omega_2)t - (\varphi_1 + \varphi_2)}{2} \cdot \cos\frac{(\omega_1 - \omega_2)t - (\varphi_1 - \varphi_2)}{2}$$

由于较小, 所以混合波动的频率约等于 $\omega = \omega_1 + \omega_2$ 。则我们知道:

$$\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{c}{\nu(R) + \nu(G) + \nu(B)}$$

因此:

$$r_0 = \frac{2\pi hc^2}{\left(\frac{c}{\nu(255-R) + \nu(255-G) + \nu(255-B)}\right)^5} \cdot \frac{1}{e^{\frac{h(\nu(255-R) + \nu(255-G) + \nu(255-B))}{kT}} - 1}$$

由于正常温度下, 物体反射光就是它的辐射, 因此, 我们得到:

第五届数学中国数学建模网络挑战赛

队号: #2168

$$I = k(\sqrt{R} + \sqrt{G} + \sqrt{B_1})^2$$

则我们得到:

$$a = \frac{k(\sqrt{R} + \sqrt{G} + \sqrt{B})^2}{2\pi hc^2} \left(e^{\frac{h(\nu(255-R) + \nu(255-G) + \nu(255-B))}{kT}} - 1 \right) \cdot \left(\frac{c}{\nu(255-R) + \nu(255-G) + \nu(255-B)} \right)^5$$

上面函数公式中还有波长值，而我们知道光的颜色是否可以看见是由它的波长决定的，光的波长是以纳米为单位的也说是十亿分之一米。发光二极管发出的光几乎都是一致的也就是说它几乎都是在一个波长，发出非常纯的颜色。以下附表说明光的颜色和它的波长的一些关系：

4600nm-1600nm	不可见光
1300nm-870nm	不可见光
850nm-810nm	几乎不可见光
780nm	当直接观察时可看见一个非常暗淡的樱桃红色光
770nm	当直接观察时可看见一个深樱桃红色光
740nm	深樱桃红色光
700nm	深红色
660nm	红色
645nm	鲜红色
620nm	橙红
615nm	红橙色光
610nm	橙色光
605nm	琥珀色光
590nm	钠黄色
585nm	黄色
575nm	柠檬黄色/淡绿色
570nm	淡青绿色
565nm	青绿色
555nm-550nm	鲜绿色
525nm	纯绿色
505nm	青绿色/蓝绿色
500nm	淡绿青色
495nm	天蓝色
475nm	天青蓝
470nm-460nm	鲜亮蓝色
450nm	纯蓝色
444nm	深蓝色
30nm	蓝紫色
405nm	纯紫色
400nm	深紫色

第五届数学中国数学建模网络挑战赛

队号: #2168

395nm	带微红的深紫色
370nm	几乎是不可见光，受木质玻璃滤光时显现出一个暗深紫色。

另外，我们还有程序及结果图说明光的波长与颜色有着——对应的关系。见下图。

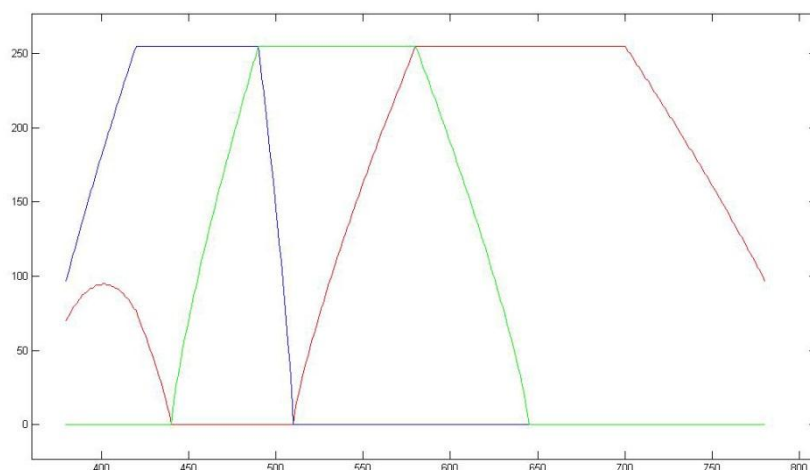


图 2-光波长和 RGB 之间的函数关系

因此该公式中的波长可由 (R, G, B) 表示出。

因为吸热率越大，城市温度越高，要以温度降低为准则，我们取吸收本领的倒数 $\frac{1}{a}$ 作为吸热率的比较矩阵的权值。由此构造层次分析法中的比较矩阵。

(3) RGB_1 对于光污染因素的影响

人类的眼睛对于光是敏感的，光太强会让人产生不适感，所以，人类一般是在适宜的光强环境下群居。所以，光太强是一种污染，研究白色屋顶可能引起的光污染是必要的。

根据实验结论，人眼对于 RGB_1 光的亮度敏感和物理上定义的光强不是一样的。对于人类来讲，红、绿、蓝三种颜色引起的视觉敏感是不一样的，而 HSB_2 则是基于人类眼睛制定的颜色模型，相对 RGB_1 模型来讲，用这一套颜色模型研究人眼对于光亮度的敏感度相对更加适宜。因此，我们的研究就涉及 RGB_1 模

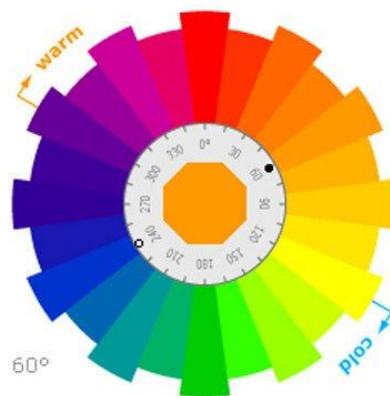


图 3-色轮

第五届数学中国数学建模网络挑战赛

队号: #2168

型和 HSB_2 模型的转化问题。

a. HSB_2 模型定义

HSB_2 ，即色相 (Hue)、饱和度 (Saturation) 和亮度 (Brightness)。

其一，色相是用一个标准色轮定义的，制定了颜色的类别。右图是一个粗略的离散色轮。

其二，饱和度，即颜色的强度或纯度，用色相中灰色成分所占的比例来表示，0%为纯灰色，100%为完全饱和。

其三，亮度，指的是颜色相对明暗程度，通常将 0% 定义为黑色，将 100% 定义为白色。

b. HSB_2 和 RGB_1 转化公式

RGB_1 是基于空间直角坐标系的模型，而 HSB_2 是基于柱坐标系的模型。于是根据这两个坐标系的转换公式，我们得到了如下的颜色转换公式：

$$\left\{ \begin{array}{l} H = \arccos \frac{2R - G - B_1}{2\sqrt{(R - G)^2 + (R - B_1)(G - B_1)}} \\ S = \frac{\max(R, G, B_1) - \min(R, G, B_1)}{\max(R, G, B_1)} \\ B_2 = \frac{\max(R, G, B_1)}{255} \end{array} \right.$$

另外，依据资料，我们得到人类对于亮度（即 HSB_2 模型中的 B_2 ）为 45.417% 以上的光会感到不适，在这个光强下感到正常。因此，根据衡量光污染的眩光指数 GI 的定义：

$$GI = \frac{f(Ls \cdot \omega)}{L \cdot fp}$$

我们知道光强 Ls 和眩光指数成正比。又由于其他参量（立体角度 ω 、背景亮度 L 和观测点坐标 P ）与本模型无关，所以我们可以认为：

$$GI \propto Ls = \frac{\max(R, G, B_1)}{255}$$

即：

$$GI = K \frac{\max(R, G, B_1)}{255}$$

其中 K 为比例系数。则我们通过 HSB_2 与 RGB_1 以及 GI 与 HSB_2 这两层关系最终得到了眩

第五届数学中国数学建模网络挑战赛

队号: #2168

光指数与不同颜色间的函数关系。

眩光指数越大，城市温度越高，因此我们取眩光指数的倒数 $\frac{1}{GI}$ 作为比较矩阵中的权值

来构造比较矩阵。比较矩阵中 $a_{ij} = \frac{GI^j}{GI^i}$ ，求出其最大特征值，进而求出相应的特征向量

w_3 。

(4) RGB_1 对于大气的影响

大气对于温度的影响因素在于空气污染，国家规定的空气质量检测标准中，总体上分五个检测类别：悬浮颗粒物、氮氧化物、二氧化硫、一氧化碳和光化学烟雾。

其中，受光照影响的是光化学烟雾。光化学烟雾是排入大气的氮氧化物和碳氢化物受太阳紫外线作用产生的一种具有刺激性的浅蓝色的烟雾。它包含有臭氧 O_3 、醛类、硝酸酯类等多种复杂化合物。这些化合物都是光化学反应生成的二次污染物，主要是光化学氧化剂。在逆温或者其他不利于扩散的条件时，这些化学物质会聚集成烟雾并且很难散去，加剧热岛效应，并且对人造成其他不利影响。

由于光化学烟雾的反应条件需要光照，于是在存在这些化学物质的时候，光强大小成为了这些反应快慢的决定条件。根据资料，光强 I 和催化速率 v 成二次关系，于是有：

$$v = kI^2$$

其中， k 为比例系数。

由于反应产物是烟雾，反应产物质量 m 可以衡量烟雾规模的大小，因此我们用光化学烟雾的质量来衡量该指标。我们设反应在时刻 t_1 开始，在时刻 t_2 结束。则有下列关系式：

$$m = \int_{t_1}^{t_2} v dt = \int_{t_1}^{t_2} kI dt = kI^2(t_2 - t_1) = k(\sqrt{R} + \sqrt{G} + \sqrt{B_1})^4(t_2 - t_1)$$

因此我们得到了大气光污染和 RGB_1 的函数关系。

光化学烟雾量越大，城市温度越高，因此我们取光化学烟雾反映质量的倒数 $\frac{1}{m}$ 作为比较

矩阵中的权值来构造比较矩阵 A 。 $a_{ij} = \frac{m_j}{m_i}$ ，求出其最大特征值，然后求出相应的特征向

量 w_4 。

(5) RGB_1 对于人口密度的影响

对于人类来讲，生活在光照太强和太弱的地方都会对生活造成相当大的影响，于是，

第五届数学中国数学建模网络挑战赛

队号: #2168

我们使用概率学分布来描述这一事实。

上面已经提及过,亮度在 45.417%是人类觉得正常的亮度。因此,我们引入概率分布:

$$f(B_2) = \begin{cases} \frac{1}{0.45417^2} B_2 e^{-\left(\frac{B_2}{0.45417}\right)^2}, (B_2 \geq 0) \\ 0, (B_2 < 0) \end{cases}$$

即:

$$f(B_2) = \begin{cases} 4.8480 B_2 e^{-2.4240 B_2^2}, (B_2 \geq 0) \\ 0, (B_2 < 0) \end{cases}$$

检验这个分布:

归一性:

$$\int_{B_2=0}^{\infty} f(B_2) dB_2 = \int_{B_2=0}^{\infty} 4.8480 B_2 e^{-2.4240 B_2^2} dB_2 = 1$$

极值:

$$f'(B_2) = 4.8480(1 - 4.8480 B_2^2) e^{-0.41254 B_2^2}$$

则有:

$$f'(B_2) = 0 \Rightarrow B_2 = 0.45417$$

期望:

$$Ef = \int_{B_2=0}^{\infty} f(B_2) \cdot B_2 dB_2 = \int_{B_2=0}^{\infty} 4.8480 B_2^2 e^{-2.4240 B_2^2} dB_2 = 0.5625$$

再结合 RGB_1 与 HSB_2 的转化关系,至此我们已得到人口密度与 RGB_1 的关系。

人口密度越大,城市温度越高,因此我们取 $\frac{1}{f(B_2)}$ 为比较矩阵 A 的权值。其中元素

$a_{ij} = \frac{f(B_2^j)}{f(B_2^i)}$, 接下来求出其最大特征值及对应的特征向量 w_5 。

4.3.2 计算准则层 C 到目标层 O 的比重

由于不同城市有不同的特点和城市特性,因此我们不能在这里简单地给出准则层各因素的权值。在之后的运算过程中我们将给出多种类型城市、给出多种值,具体的信息将在结果分析里面给出。

之后我们根据这些权值可构造一个比较矩阵 A,之后求出 A 的最大特征值 λ_{\max} , 记

第五届数学中国数学建模网络挑战赛

队号: #2168

它对应的特征向量为 X , 若 λ_{\max} 通过一致性检验, 则 X 做归一化处理后我们就得到权重 W 。

4.3.3 计算方案层 P 对目标层 O 的权重 W

在前面我们得到了分别针对五个准则的比较矩阵 A_1, A_2, A_3, A_4, A_5 , 然后算出它们的最大特征值及其对应的特征向量, 若通过一致性检验, 该特征向量就是该准则的权重。这样, 我们得到五个特征向量 w_1, w_2, w_3, w_4, w_5 分别表示 RGB_1 对于准则层五个因素的权重。而准则层对目标层也有一个比较矩阵以及同样方法求出的权重 w , 那么由层次分析法原理, n 维列向量 $C = (w_1, w_2, w_3, w_4, w_5) \cdot w$ 就是 n 组不同的颜色对于减少城市热岛效应的贡献值。

4.4 模拟结果与分析

4.4.1 算法的编程实现

在实际编写 matlab 程序中, 我们中给出了 729 组不同的 RGB 值, 利用层次分析法, 计算得到这些 RGB 值对于城市中心温度的权重向量。代码见附录。

4.4.2 结果分析

影响率: 由于权重向量 $W = (w_1, w_2, \dots, w_n)$ 已做归一化处理, 所以我们把对应的 w_i 定义为

对应 RGB 的影响率 μ_i 。

影响率越大表示对应 RGB 对于热岛效应的缓解作用越佳。

优越率: 我们假设现实屋顶颜色对应 $RGB = (96, 96, 96)$, 其对应影响率为 μ 。给定的 RGB

的优越率 $\lambda_i = \mu_i - \mu$

(1) 屋顶颜色与影响率的关系

我们取定准则层对目标层的权值, 如下所示:

准则层因素	权重
吸热比率	3
反射能量	5
人口密度	9
大气因素	1

第五届数学中国数学建模网络挑战赛

队号: #2168

光污染因素	7
-------	---

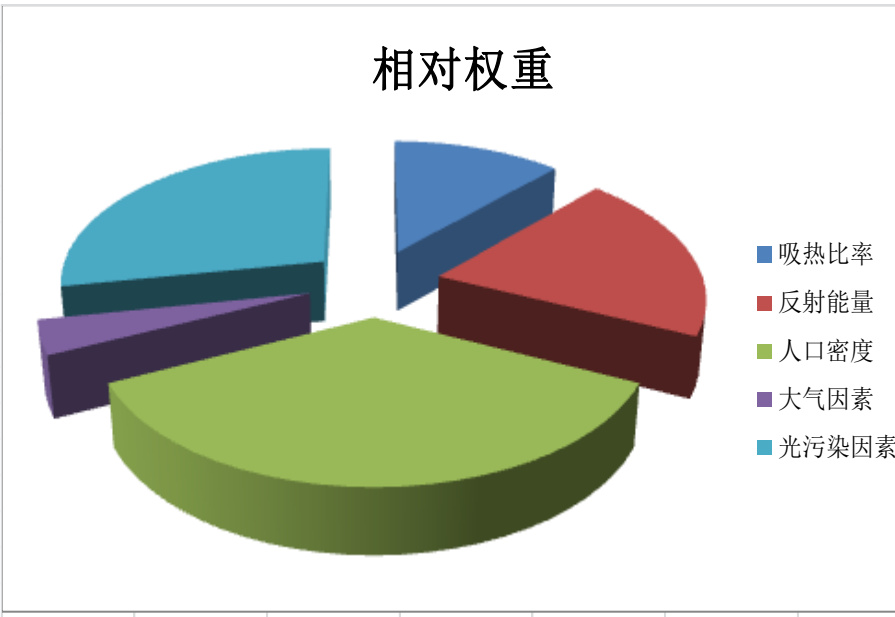


图 4-权值示意图

在此权值下，matlab 模拟结果如下：

第五届数学中国数学建模网络挑战赛

队号: #2168

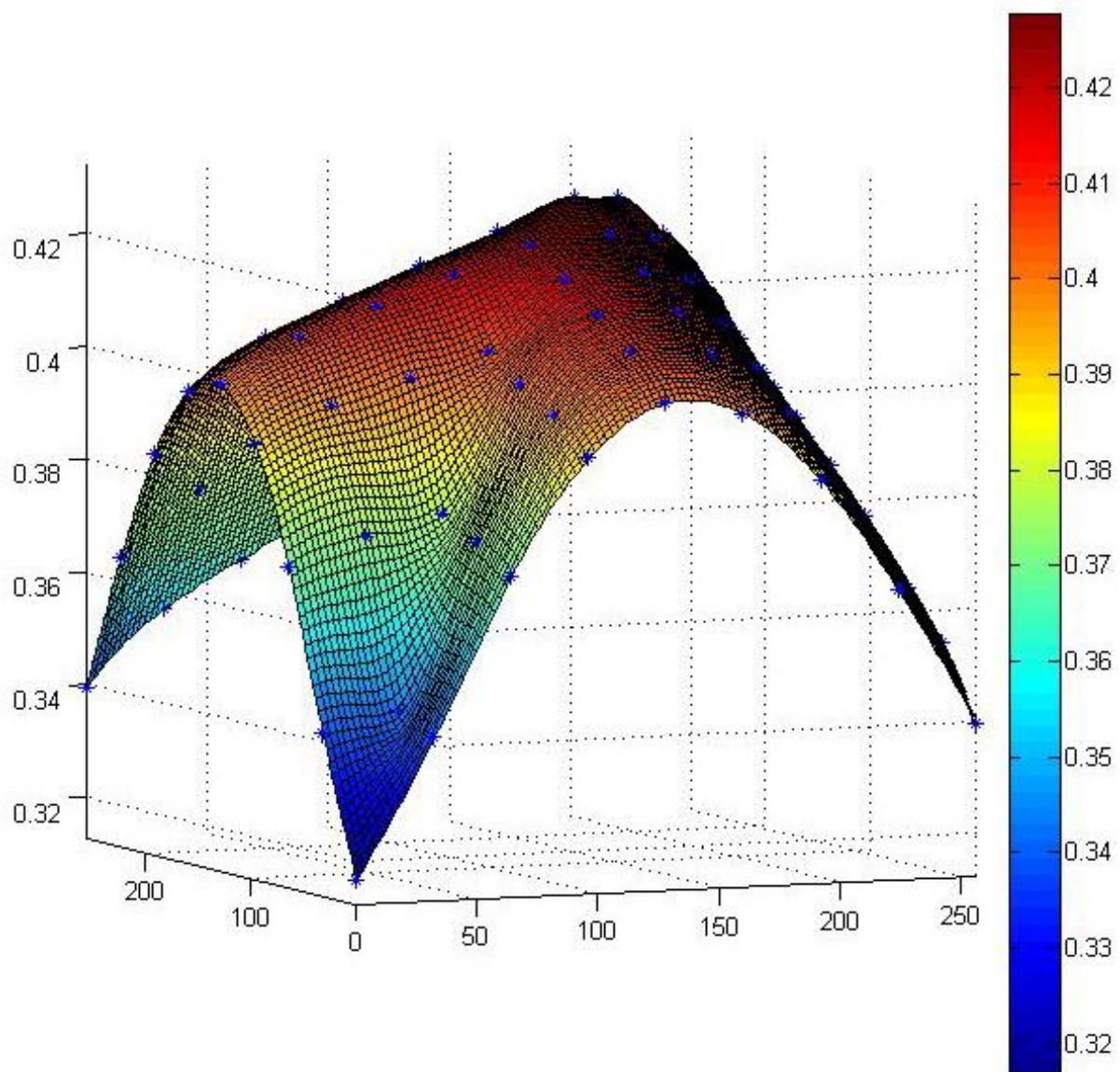


图 5-GB-T 插值拟合图

在图 5 中, μ 随 G 的增大先增加后减少, μ 随 B 的增加先增加后减少。

第五届数学中国数学建模网络挑战赛

队号: #2168

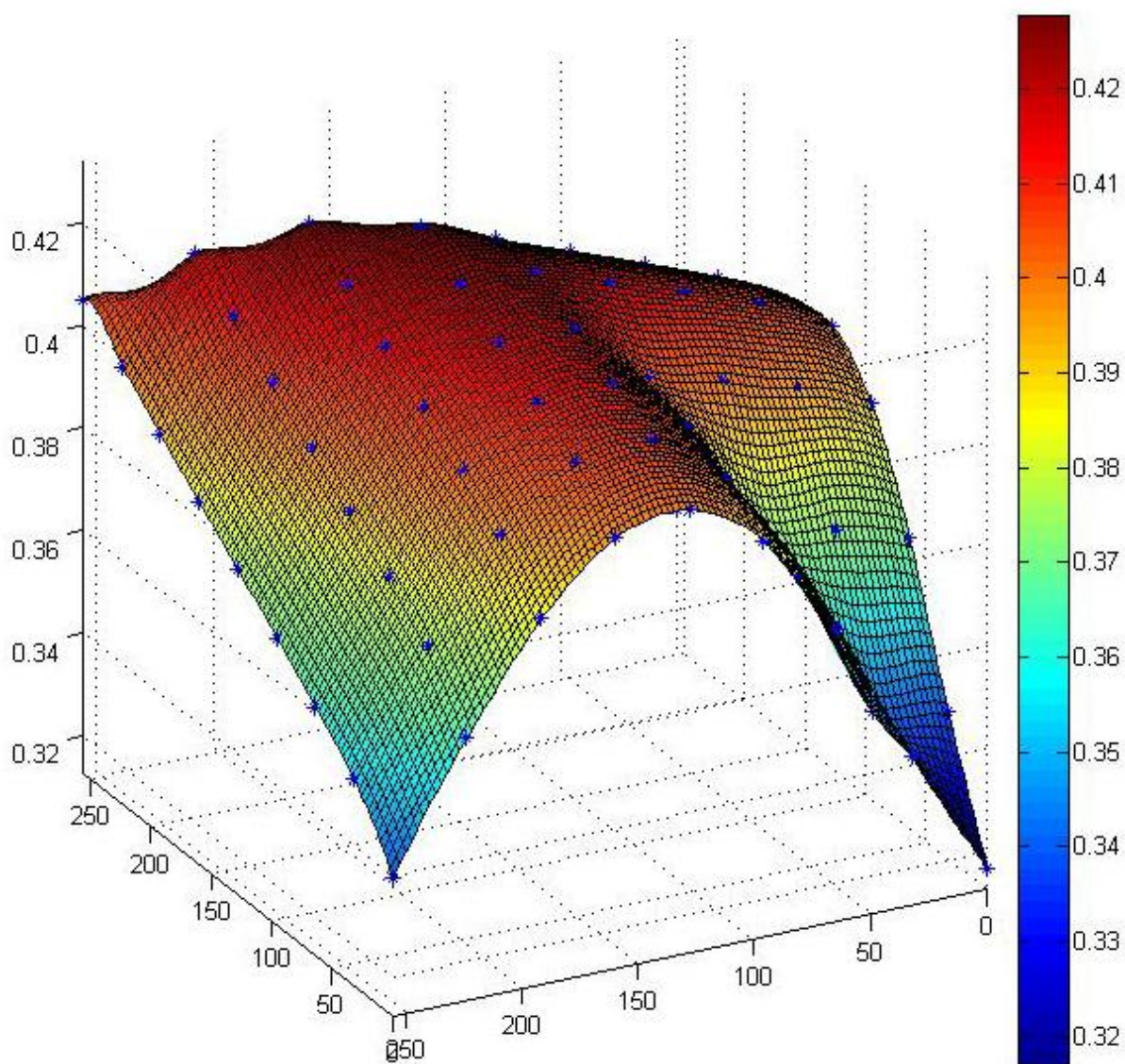


图 6-RB-T 插值拟合图

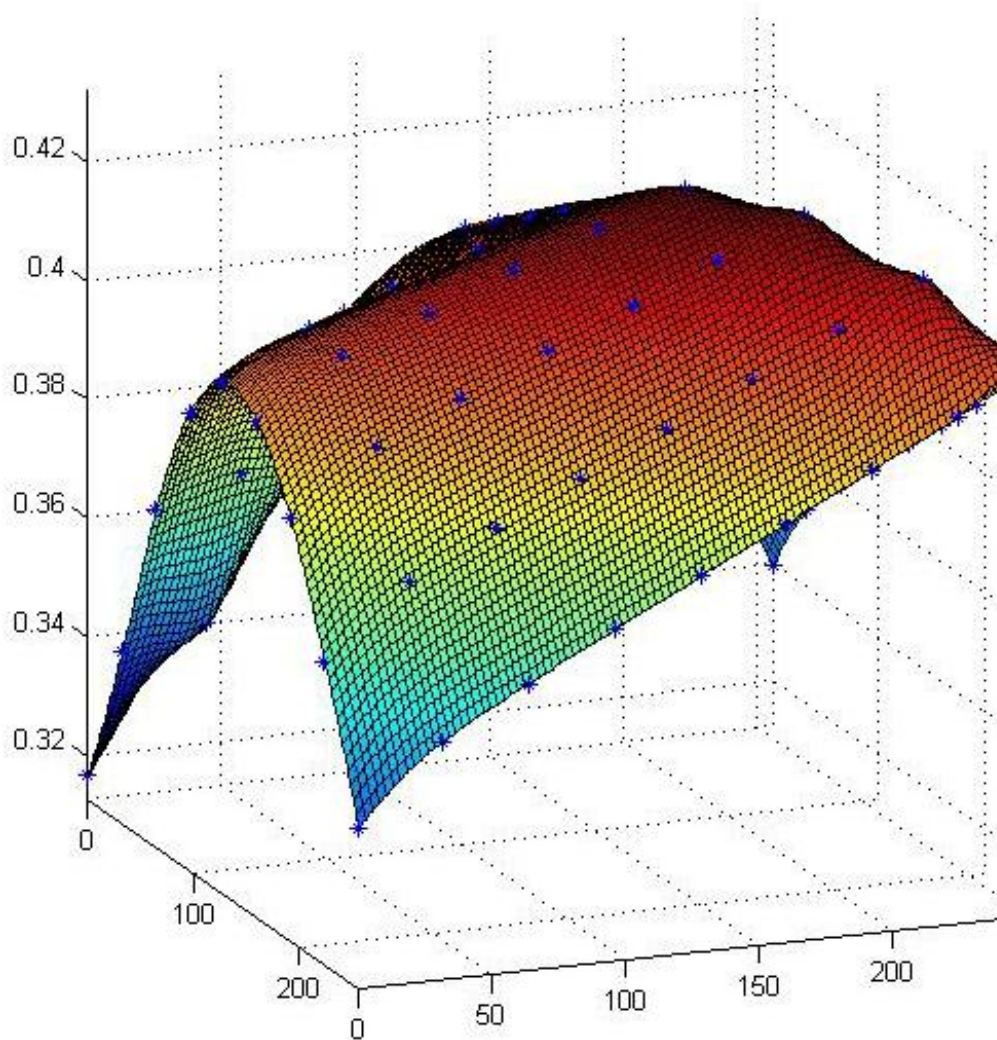


图 7-RG-T 插值拟合图

结合以上三个图，我们得到 RGB 与城市温度 T 的函数关系，由结果图和颜色排名表（见附录）可知，影响率最大的颜色，即缓解热岛效应最佳的色彩是 $(R, G, B) = (192, 192, 192)$ ，是浅灰色，该颜色如右图所示。

图 8-颜色示意图

同时我们得到白色的优越率 $\lambda = \mu_b - \mu = 64.7\%$ 。

（2）不同权值对最佳屋顶颜色的影响

权值对模拟结果影响重大。不同的权值代表城市属性的不同，例如城市中的高公寓楼，居住人口相对密集，人均拥有屋顶面积较少。然后城市中的平房区，往往建筑密集，人均屋顶面积较大。因此城市不同，准则层的因素权值不同，模拟结果会有很大差别。

第五届数学中国数学建模网络挑战赛

队号: #2168

我们取以下权值做模拟分析:

准则层因素	权值 1	权值 2	权值 3	权值 4
反射能力	5	9	10	1
吸热比率	3	7	1	10
人口密度	7	5	2	2
大气因素	1	3	3	3
光污染因素	9	1	4	4

采用层次分析模型，用 matlab 得到如下结果图:

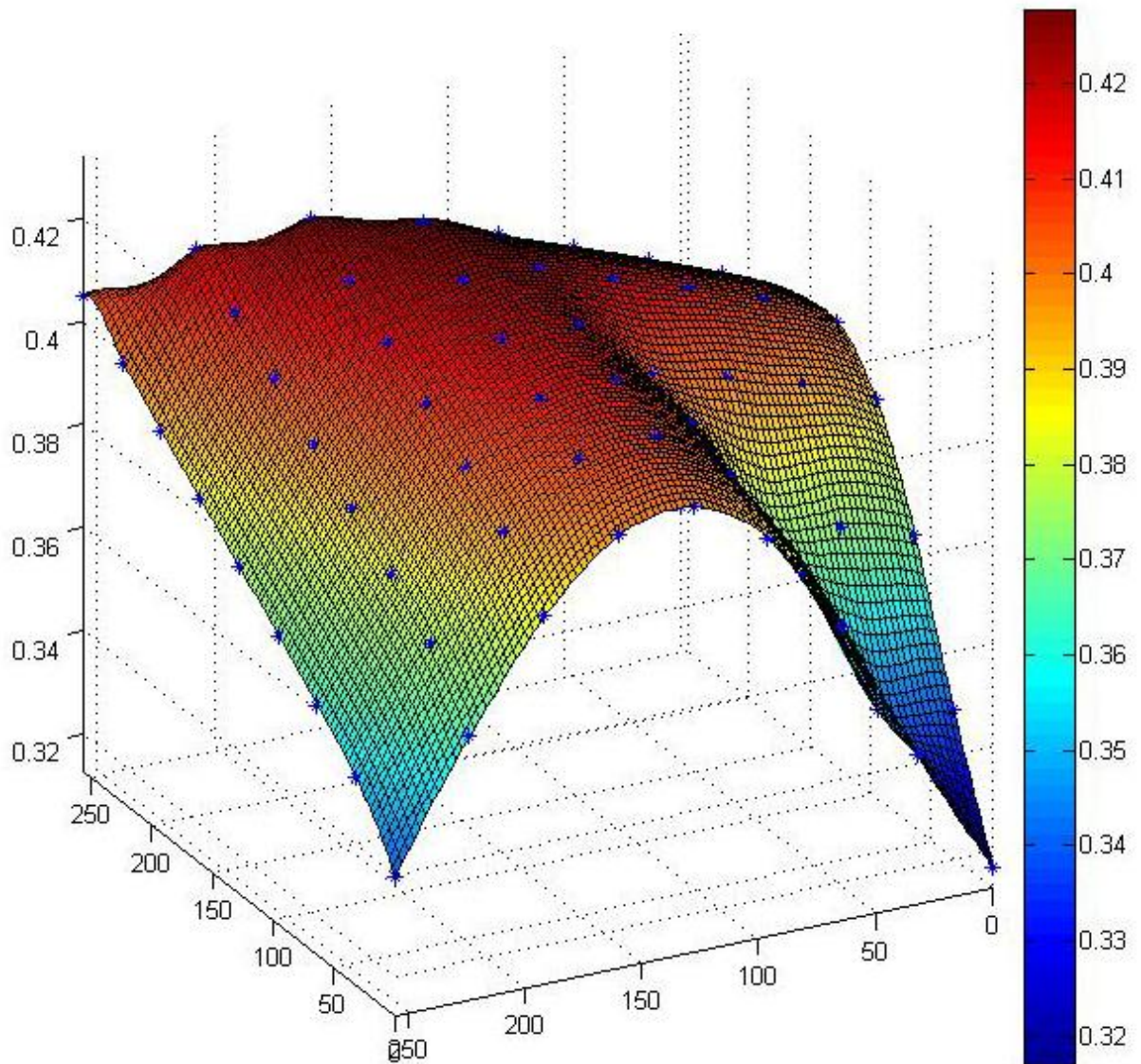


图 9-权值 1 的 RG-T 插值拟合图

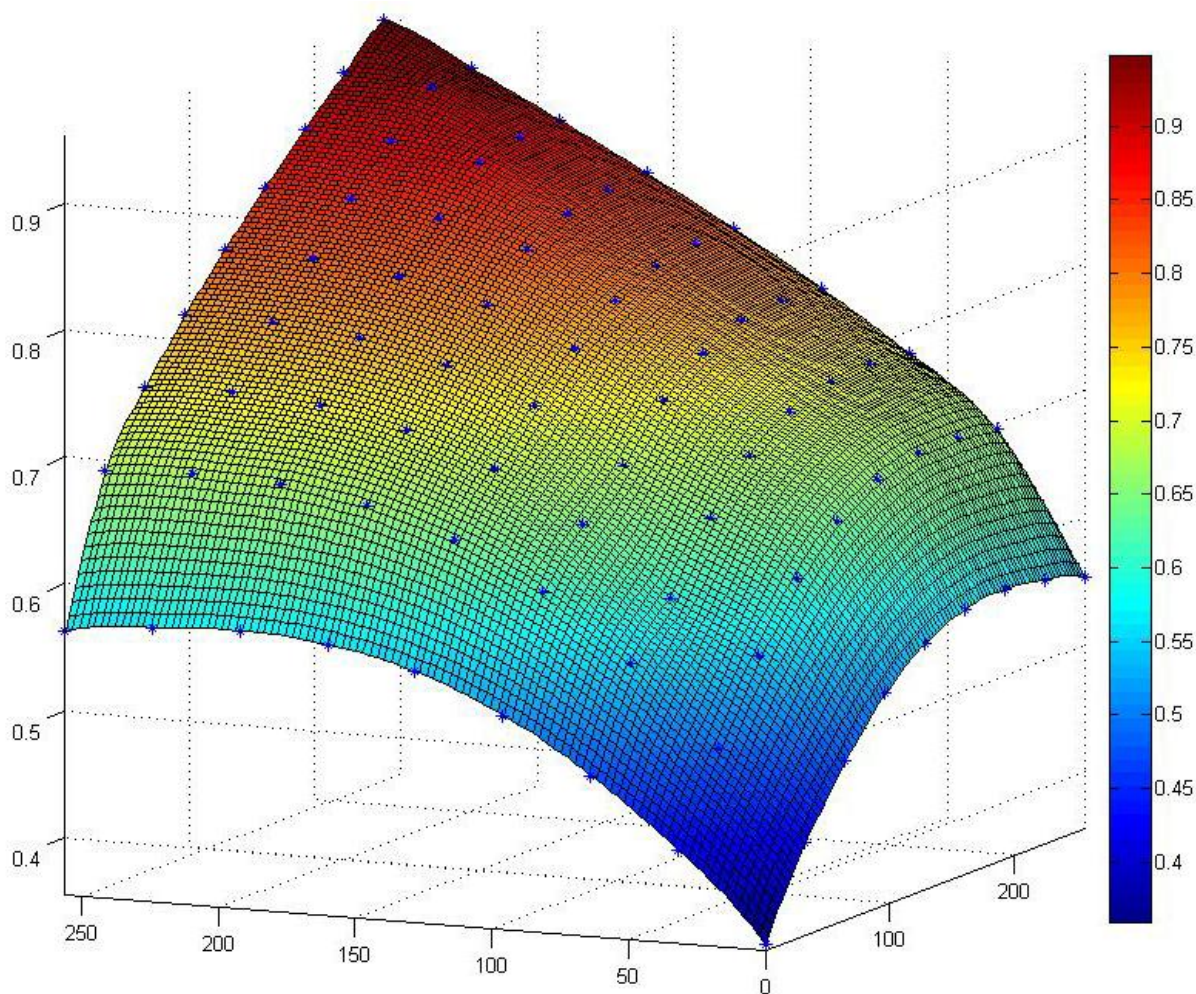


图 10-权值 3 的 RG-T 插值拟合图

其中图 8, 9, 10 分别是 RG, GB, RB 对温度降低的贡献图。图 8 中随着 R 的增大, 影响率 μ 先增大后减小。而在图 9 中, 随着 R 的增大, 影响率 μ 一直增大。

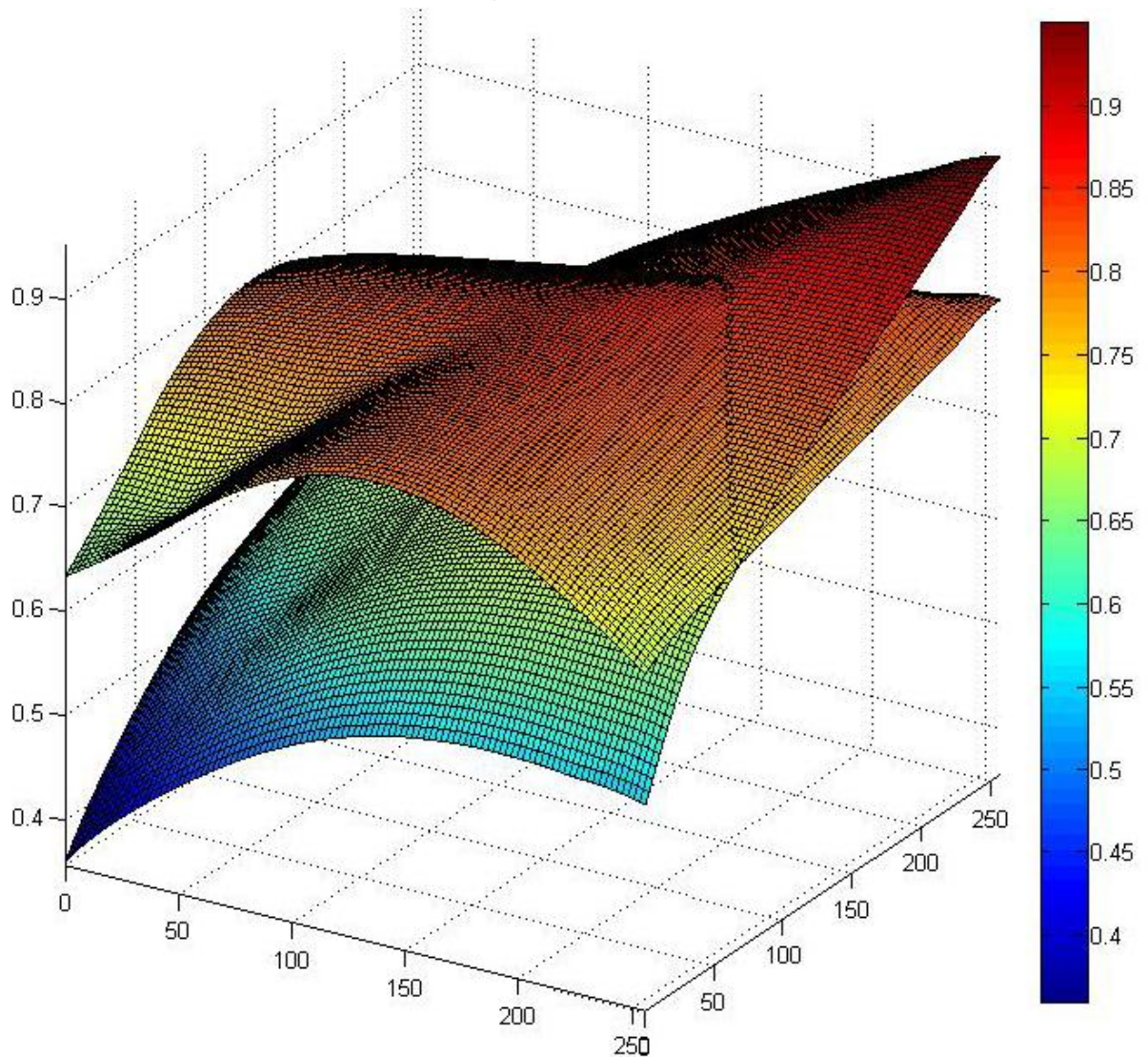


图 11-不同权值下影响率比较图

图 11 展现了权值 1 与权值 3 中, RG 与影响率的关系。从图中的差距, 我们可以看出在权值不同的情况下, 屋顶颜色对于热岛效应的缓解效果也会不同。

结合分析各组权值得到的图表, 我们得到:

权值编号	最佳颜色	白色优越率
权值 1	192, 192, 192	64. 7%
权值 2	255, 255, 255	42. 2%
权值 3	255, 255, 255	46. 4%
权值 4	255, 255, 255	43. 5%

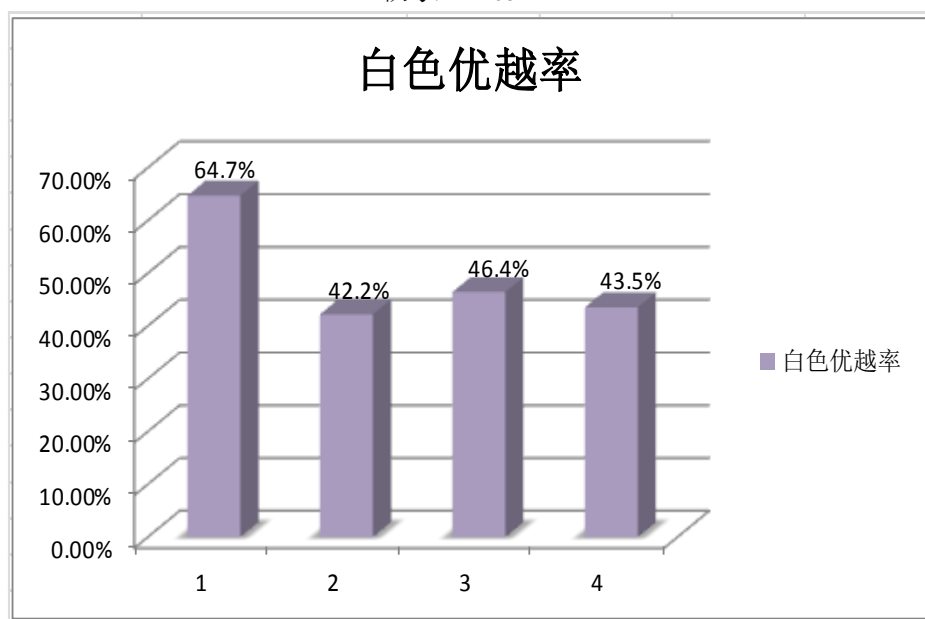


图 12-不同权值下白色优越率比较图

图 12 说明了, 不同城市的权值不同, 得到的最佳颜色也会不同。同时白屋顶对于热岛效应的缓解效果也不同。不同城市是否适宜采取白屋顶计划, 要依据城市的具体因素而定, 并非所有城市都适合白屋顶计划。

(3) 模型结果总结

我们采用层次分析法, 利用 matlab 进行模拟。在给定权值下, 研究了不同屋顶颜色对于热岛效应的缓解作用, 得到最佳的屋顶颜色, 并且用白色优越率评估白屋顶对于热岛效应的缓解程度。同时, 我们对比分析不同权值下, 模拟得到的最佳屋顶以及白色优越率。得到白屋顶计划的合理性与城市属性是密切相关的, 必须依据实际情况赋予权值。

4.5 模型评估

(1) 模型鲁棒性

我们分析 4.4 中权值 3 与权值 4 对应的结果。权值 3 中, 由于白色反射能力最佳, 因此在反射能力为主导的权值下, 白色为最佳颜色, 是符合实际情形的。权值 4 中, 由于白色吸热比率低, 因此在吸热比率为主导的权值下, 白色为最佳颜色, 是符合实际的。这两个例子说明了模型的正确性, 并且体现出模型在极端权值下, 仍能保持模型的正确性, 即体现模型鲁棒性。

(2) 模型优缺点

优点: (1) 我们考虑了屋顶颜色变化引起的多方面因素的变化, 准则层因素选取地较全面、有代表性。

(2) 由于准则层因素较多且有些因素间相互制约、相互影响, 因此我们选取层次分析法是非常恰当的。

(3) 我们考虑到了不同城市的特点不同, 选取了多组准则层权值来测试, 更加符合实际情况, 也大大增强了模型的灵活性。

(4) 影响城市热岛效应的因素很多而且它们对热岛效应的影响程度是难以量化的, 这一点再一次说明了我们层次分析法模型的合理性。

第五届数学中国数学建模网络挑战赛

队号：#2168

缺点与展望：(1) 由于准则层对目标层的权值确定是人为的，且不同城市有不同的准则倾向，虽然我们取了多组权值来测试，仍然较难保证完全的科学准确性。

(2) 还有很多因素受屋顶颜色影响，同时也会在一定程度上影响城市温度，为了模型的简洁实用，我们忽略了那些对我们要考量的要点影响很小的因素。

(3) 现实情况中，具体涂颜色的油漆材料也会对吸热率、反射能量等参数有影响，我们会在进一步的研究中考虑这个问题，这个模型中我们忽略了这个问题。

五. 模型二：元胞自动机

根据不同需要，元胞自动机的维数不同。一般采用一维、二维和三维自动机。由于我们研究的屋顶颜色以及温度分布和空间竖直方向维度没有直接且明显的关系，因此为了简化计算复杂性，我们采用二维正方形网格元胞自动机，并且采用 *Morre* 邻居模式来模拟城市温度分布变化，从而达到研究白屋顶计划对于热岛效应贡献的作用。

5.1 模型假设

1. 由于热量是从温度高的地方向温度低的地方流动，所以每一个元胞的温度会变化为它周围、包含它自己的平均值。
2. 阳光在元胞自动机运行过程中持续提供热量，且热量传递速度不变。
3. 颜色的反射效果和它的亮度成正比关系，即：

$$R \propto B_2 = \frac{\max(R, G, B_1)}{255} \Rightarrow R \propto \max(R, G, B_1)$$

4. 元胞自动机每一步变化约为十分钟。

5.2 模型建立

5.2.1 初始条件

我们首先读入初始条件的图片，如图 x，这是北京市城区的某一时刻的温度分布图，黑度和温度成正比，也就是：

$$T \propto H \in [0, 255]$$

通过 *Matlab* 的 *imread* 函数，我们将图片信息读入矩阵



图 13-元胞自动机初始图像

第五届数学中国数学建模网络挑战赛

队号: #2168

$$A=[a_{ij}]_{638 \times 660}$$

这是元胞自动机的初始条件，它最终运行的结果和这个矩阵有相当大的关系，所以我们对矩阵的边缘，即图片的边缘进行了修饰，确保元胞自动机因为图片边缘值不当而影响靠近边缘部分的结果。

5.2.2 对应法则

为了实现元胞自动机自我变化，我们给出一套对应法则：

$$A=f(A)$$

这个函数定义算法如下：

1. 判断 i 是否大于 638，如果是，则算法结束；如果不是，则令 $j=1$ ，跳至第二步；
2. 判断 j 是否大于 660，如果是，则令 $i=i+1$ ，跳至第 1 步；如果不是，跳至第 3 步；
3. 判断 $A(i, j)$ 是否处于矩阵边缘。如果是，则 $B(i, j)=A(i, j)$ 跳至第 6 步；如果不是，跳至第 4 步；
4. 对 $A(i, j)$ 的八个 *Morre* 邻居以及本身求平均值 s ，并赋值到 $B(i, j)$ 上：

$$s=B(i, j)=\frac{1}{9} \sum_{I=i-1}^{i+1} \sum_{J=j-1}^{j+1} A(I, J)$$

5. 判断 s 是否大于 $A(i, j)$ ，如果是，则：

$$B(i, j)=B(i, j)-E_1$$

否则：

$$B(i, j)=B(i, j)+E_2$$

跳至第 6 步；

6. 令 $j=j+1$ ，跳至第 2 步；

如此，元胞自动机建立完成。每调用一次函数，时间就向前推进一个离散点的位置。对于这个算法，我们有一些说明：

1. 元胞自动机取 *Morre* 邻居和自己的平均值，理由是热量总是从温度高的区域导向温度低的区域，取平均值正好可以模拟这个过程，高温区域，温度会降低；同时低温区域，温度会上升。
2. 取平均过后，我们进行再处理，高温区域保温性好，例如城市人口众多、交通繁华、空气浮尘保温、城市供暖和建筑物密集导致的散热缓慢等，都是温度上升的因素，因此，温度会在短时间内保持上升趋势。但是在这里，我们也要考虑散热

第五届数学中国数学建模网络挑战赛

队号: #2168

因素, 屋顶颜色就是其中之一。依据假设, 我们知道这个追加热量和屋顶反射能量是成反比的, 即:

$$E_0 \propto \frac{1}{B} = \frac{255}{\max(R, G, B)}$$

同理, 低温区域散热快, 例如郊区空气流动性好、人口稀少、交通不繁华、空气杂质少、无大面积供暖和建筑稀疏导致的散热加快等, 都是温度下降的因素。因此, 温度会在短时间内保持下降趋势。

5.3 模型应用

我们使用元胞自动机进行屋顶颜色对于热岛效应影响的研究。我们将研究分成两部分。

5.3.1 针对来自模型一的最优颜色的运行结果

根据模型一, 我们知道屋顶的颜色是 (192,192,192) 时, 对于温度的降低相对最优, 所以为了使得元胞自动机运行不至于过快, 我们代入 $E_1=10, E_2=6$ 以便于观察过程, 分析结论。我们得到如图 14 所示的结论:

第五届数学中国数学建模网络挑战赛

队号: #2168

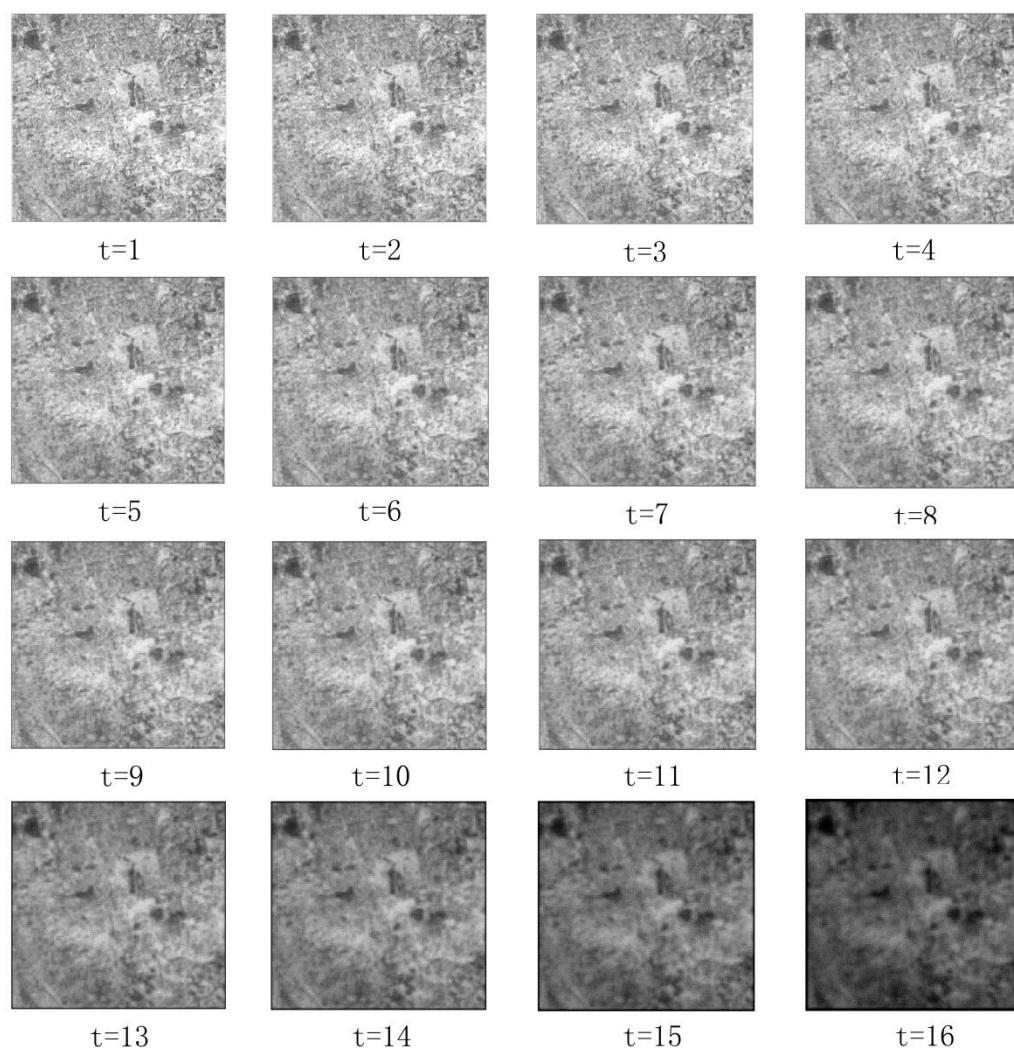


图 14-对于灰色 (192,192,192) 的模拟图

这是短时间内自动机的运行情况。总体来讲，城区是在不断变热，因为初始图片是在早上的情况。但是在每个图，我们会发现郊区的温度始终远远小于左上角的繁华市区。这充分模拟了城市热岛效应的过程，从过程中可以看到我们元胞自动机的拟合和实际情况大致相符。这验证了我们模型的仿真性相对较好。因此在此基础上，我们进行不同颜色之间的比较。

5.3.2 不用颜色产生的不用元胞自动机结果比较

我们选取三个颜色，分别是白色、灰色 (192,192,192)、和模型一产生的蓝色 (0,0,128)。它们产生三个不同的元胞自动机，我们对于它们的运行结果大致展示如下图 15:

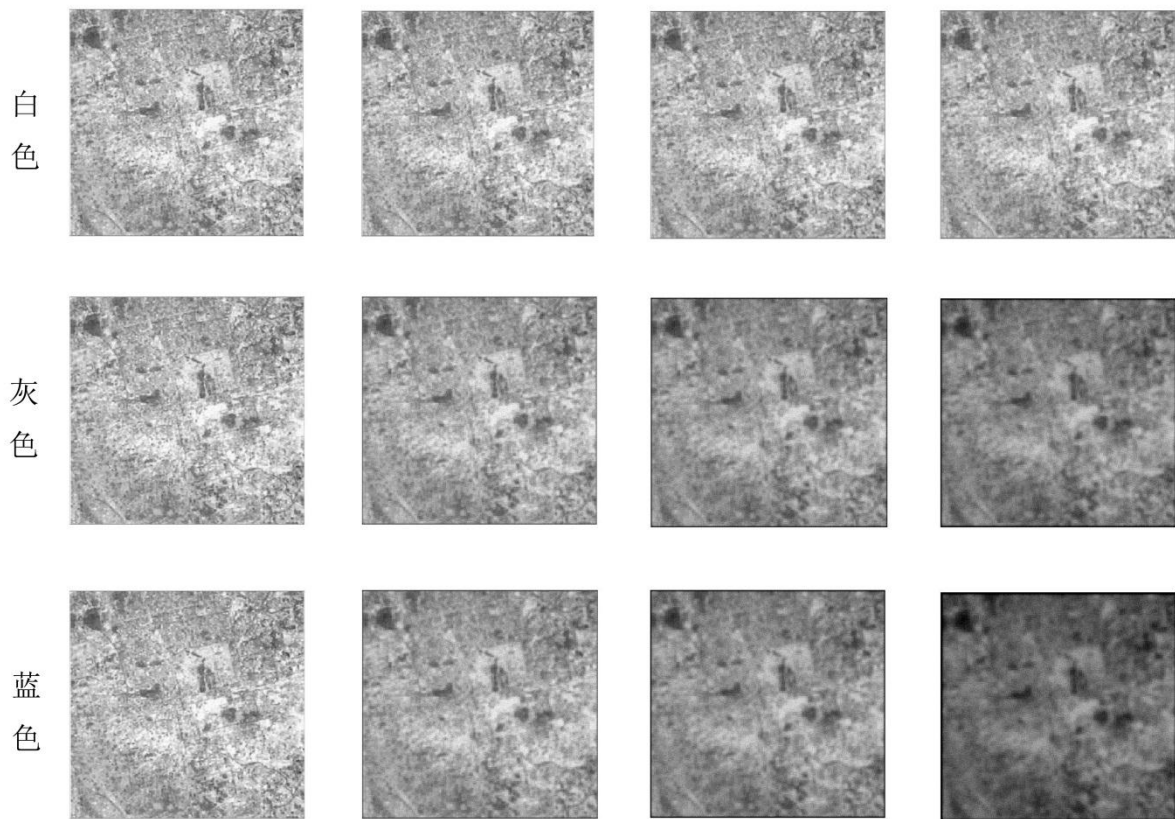


图 15-白色、灰色和蓝色的模拟图

从上图可以看出，白色屋顶对于降低热岛效应具有很显著的影响，浅灰色也具有相似程度的抑制作用，蓝色的效果就相对差些。

5.4 模型评估

元胞自动机侧重于给出无法人工预测的过程。像温度分布这样的变化过程，很难找到精确的理论来完全刻画它的变化。于是元胞自动机简洁、较为精准、运算快速的特点就显得非常突出。然而事物总是具有两面性，它的优点同时也是它的缺点：由于它离散的特点，它获得了快速的运算性能，却也使得它失去了连续性。这也就是说元胞自动机在温度分布上的研究不能像模型一一样完全考虑相关因素。因此我们总结如下：

(1) 优点：

1. 元胞自动机结果相对精确，算法运行速度较快。
2. 我们使用它模拟了灰色屋顶对于热岛效应的影响，有过程展示。
3. 对于三个具有代表性的颜色，我们比较了它们对于抑制热岛效应的贡献，再次印证了模型一的结论，使得这一结论得到双重验证。

(2) 缺点与展望：

1. 元胞自动机只能研究离散的时间下的温度，温度分布也是离散的。我们只能去增多图片的像素点去逼近真实的情况，但是却不能够得到理论上的解析解。

第五届数学中国数学建模网络挑战赛

队号: #2168

2. 我们取的代表性颜色只有三个,按照模型一的结论,我们应该取 729 个颜色才相对合理。然而我们的计算设备和建立模型的时间限制却不允许我们做如此庞大的计算,因此我们还可以在日后优化这个元胞自动机,让它去进行相对更加完善的分析,得到更加全面的结论。
3. 元胞自动机的法则可以更加健全。我们综合模型一考虑并赋予了合适的能量系数 E_1 和 E_2 。但是我们如果可以通过神经网络或者遗传算法这样寻找最优权值或者系数的算法来得到这两个能量值,结果可能会更加精确。

六. 比较与联系

模型一和模型二并不是相互独立的。它们互有逻辑关系:

1. 模型一为模型二提供了可行的假设,模型一证明了屋顶颜色对于热岛效应是具有影响力的,因此模型二才具有可行性。
2. 模型二验证了模型一得到的结论,并从另一角度大致验证了模型一的相对正确性。
3. 模型一考虑的因素远远多于模型二,所以得到的结论参入的因素相对更多,结果相对更加具有参考价值。
4. 模型二为我们提供了过程观察的机会,输出方式是图片或者视频,相对数字来讲更加直观。

第五届数学中国数学建模网络挑战赛

队号: #2168

七. 参考文献

- [1]韩中庚, 数学建模方法及其应用, 北京: 高等教育出版社, 2009.
- [2]萨蒂, 层次分析法: 在资源分配、管理和冲突分析中的应用, 北京: 煤炭工业出版社, 1988.
- [3]Mario Markus, Benno Hess, Isotropic cellular automaton for modelling excitable media, *nature*, 347:56-58, 1990.
- [4]肖帕尔, 德罗兹, 物理系统的元胞自动机模拟, 北京: 清华大学出版社, 2003.
- [5]梅国平, 元胞自动机理论, 北京: 中国商业出版社, 2000.
- [6]吴宗敏, 散乱数据拟合的模型、方法和理论, 北京: 科学出版社, 2007.
- [7]颜庆津, 数值分析, 北京: 北京航空航天大学, 2006.
- [8]马敏洋, 于钦赞, 许舒婷, 基于数理统计分析对影响广州市热岛效应因素的研究, *科技传播*: 19 期, 2010.
- [9]Sarah E. Bretz, Hashem Akbari, Long-term performance of high-albedo roof coatings, *Elsevier*, 25:159-167, 1997.
- [10]A.R. Gentle, J.L.C. Aguilar, G.B. Smith, Optimized cool roofs: Integrating albedo and thermal emittance with R-value, *Elsevier*, 95:3207-3215, 2011.
- [11]Bin Shao, Mingmin Zhang, Qingfeng Mi and Nan Xiang, Prediction and Visualization for Urban Heat Island Simulation, *Lecture Notes in Computer Science*, 6758:1-11, 2011.
- [12]Bingfeng Yu, Zhi Chen, Pingjun Shang, Juan Yang, Study on the influence of albedo on building heat environment in a year-round, *Elsevier*, 40:945-951, 2008.
- [13]J.R. Simpson, E.G. McPherson, The effects of roof albedo modification on cooling loads of scale model residences in Tucson, Arizona, *Elsevier*, 25:127-137, 1997.

第五届数学中国数学建模网络挑战赛

队号: #2168

八. 附录

8.1 颜色排名表

排名	R	G	B	影响率	排名	R	G	B	影响率
1	192	192	192	0.5021281688	366	224	192	64	0.4410521373
2	160	160	160	0.5013077033	367	0	192	192	0.4409317693
3	255	255	255	0.5000933597	368	192	0	192	0.4408782797
4	224	224	224	0.5000514728	369	0	32	96	0.4408109807
5	128	160	160	0.4941667558	370	32	0	96	0.4408081564
6	160	128	160	0.4941514340	371	0	96	32	0.4407913014
7	160	160	128	0.4940979931	372	96	0	32	0.4407829322
8	160	192	192	0.4933940528	373	32	96	0	0.4407787621
9	192	160	192	0.4933755744	374	96	32	0	0.4407732170
10	192	192	160	0.4933111233	375	192	192	0	0.4406949110
11	128	128	128	0.4897260720	376	0	0	96	0.4405974162
12	192	224	224	0.4897250018	377	32	64	192	0.4405929874
13	224	192	224	0.4897034182	378	0	96	0	0.4405855380
14	224	224	192	0.4896281365	379	64	32	192	0.4405840776
15	224	255	255	0.4885954776	380	96	0	0	0.4405821794
16	255	224	255	0.4885716700	381	32	192	64	0.4404694921
17	255	255	224	0.4884886221	382	64	192	32	0.4404303597
18	128	128	160	0.4878071792	383	192	32	64	0.4404260284
19	128	160	128	0.4877572975	384	192	64	32	0.4403958024
20	160	128	128	0.4877430949	385	96	255	255	0.4403692317
21	96	160	160	0.4870155692	386	255	96	255	0.4402707494
22	160	96	160	0.4869872800	387	255	255	96	0.4399319297
23	160	160	96	0.4868889510	388	0	160	192	0.4387010291
24	160	160	192	0.4854380178	389	0	192	160	0.4386723208
25	160	192	160	0.4853770371	390	160	0	192	0.4386600646
26	192	160	160	0.4853596743	391	192	0	160	0.4386234656
27	128	192	192	0.4846513592	392	160	192	0	0.4384914184
28	192	128	192	0.4846166474	393	192	160	0	0.4384835228
29	192	192	128	0.4844959941	394	96	128	224	0.4376856618
30	96	128	128	0.4841799687	395	128	96	224	0.4376705989
31	128	96	128	0.4841678578	396	96	224	128	0.4375286527
32	128	128	96	0.4841256159	397	224	96	128	0.4374695043
33	96	128	160	0.4814889798	398	128	224	96	0.4374621363
34	128	96	160	0.4814758305	399	224	128	96	0.4374180473
35	96	160	128	0.4814430456	400	160	160	255	0.4368163212
36	160	96	128	0.4814169085	401	32	32	192	0.4366436409

第五届数学中国数学建模网络挑战赛

队号: #2168

37	128	160	96	0.4813843502	402	160	255	160	0.4366156794
38	160	128	96	0.4813713619	403	0	128	192	0.4366137676
39	192	192	224	0.4801734612	404	128	0	192	0.4365840780
40	192	224	192	0.4801015623	405	0	192	128	0.4365619306
41	224	192	192	0.4800810908	406	255	160	160	0.4365589398
42	64	160	160	0.4797363042	407	192	0	128	0.4365179420
43	160	64	160	0.4796979297	408	32	192	32	0.4365142946
44	160	160	64	0.4795650069	409	192	32	32	0.4364779748
45	96	96	128	0.4794187743	410	128	192	0	0.4364311751
46	160	224	224	0.4793909047	411	192	128	0	0.4364168691
47	96	128	96	0.4793801819	412	128	192	255	0.4358839500
48	128	96	96	0.4793691937	413	192	128	255	0.4358452619
49	224	160	224	0.4793498961	414	128	255	192	0.4357511575
50	224	224	160	0.4792073555	415	255	128	192	0.4356753106
51	64	128	128	0.4786200372	416	192	255	128	0.4355798214
52	128	64	128	0.4785983268	417	255	192	128	0.4355426567
53	128	128	64	0.4785228651	418	64	160	224	0.4355023199
54	224	224	255	0.4778207648	419	160	64	224	0.4354582825
55	224	255	224	0.4777408118	420	64	224	160	0.4353998816
56	255	224	224	0.4777180446	421	32	224	224	0.4353611928
57	128	160	192	0.4775203356	422	224	64	160	0.4353273846
58	160	128	192	0.4775039614	423	224	32	224	0.4352736499
59	128	192	160	0.4774631362	424	160	224	64	0.4352054131
60	192	128	160	0.4774305889	425	224	160	64	0.4351769450
61	160	192	128	0.4773900455	426	224	224	32	0.4349735395
62	192	160	128	0.4773738718	427	0	96	192	0.4346771489
63	192	255	255	0.4767206688	428	96	0	192	0.4346573917
64	255	192	255	0.4766743357	429	0	192	96	0.4346083965
65	255	255	192	0.4765132700	430	192	0	96	0.4345696063
66	96	96	160	0.4760252101	431	96	192	0	0.4345216198
67	96	160	96	0.4759413086	432	192	96	0	0.4345025799
68	160	96	96	0.4759175025	433	96	224	255	0.4329515441
69	96	192	192	0.4758178869	434	0	64	192	0.4328997622
70	192	96	192	0.4757695624	435	64	0	192	0.4328884647
71	192	192	96	0.4756021734	436	96	255	224	0.4328872120
72	64	128	160	0.4751037270	437	224	96	255	0.4328756856
73	128	64	160	0.4750800457	438	0	192	64	0.4328214070
74	64	160	128	0.4750623325	439	255	96	224	0.4327935420
75	160	64	128	0.4750270287	440	192	0	64	0.4327883405
76	128	160	64	0.4749569087	441	64	192	0	0.4327719215
77	160	128	64	0.4749452849	442	192	64	0	0.4327501471

第五届数学中国数学建模网络挑战赛

队号: #2168

78	64	96	128	0.4747061153	443	224	255	96	0.4325512537
79	96	64	128	0.4746962625	444	255	224	96	0.4325334349
80	64	128	96	0.4746716969	445	0	32	192	0.4312892514
81	128	64	96	0.4746521124	446	32	0	192	0.4312847280
82	96	128	64	0.4746277165	447	0	192	32	0.4312110909
83	128	96	64	0.4746179845	448	32	192	0	0.4311913310
84	32	128	128	0.4728388886	449	192	0	32	0.4311847747
85	128	32	128	0.4728109866	450	192	32	0	0.4311695356
86	128	128	32	0.4727143388	451	96	96	224	0.4308532521
87	32	160	160	0.4719983876	452	96	224	96	0.4306609036
88	160	32	160	0.4719539644	453	224	96	96	0.4306067043
89	160	160	32	0.4718006208	454	32	192	224	0.4304988712
90	64	64	128	0.4708780457	455	32	224	192	0.4304506632
91	64	128	64	0.4708173788	456	192	32	224	0.4304300821
92	128	64	64	0.4708001652	457	224	32	192	0.4303686234
93	160	192	224	0.4706592890	458	192	224	32	0.4301468823
94	192	160	224	0.4706397500	459	224	192	32	0.4301336234
95	160	224	192	0.4705910337	460	0	0	192	0.4296977211
96	64	96	160	0.4705667502	461	64	128	224	0.4296917510
97	96	64	160	0.4705559561	462	128	64	224	0.4296644269
98	224	160	192	0.4705521954	463	0	192	0	0.4296503712
99	192	224	160	0.4705038153	464	192	0	0	0.4296371219
100	64	160	96	0.4704915399	465	64	224	128	0.4295492346
101	224	192	160	0.4704845153	466	224	64	128	0.4294821756
102	160	64	96	0.4704595544	467	128	224	64	0.4294288987
103	96	160	64	0.4704436170	468	224	128	64	0.4293891557
104	128	128	192	0.4704386533	469	64	255	255	0.42744448724
105	160	96	64	0.4704224243	470	128	160	255	0.4274129162
106	128	192	128	0.4703320673	471	160	128	255	0.4273946065
107	192	128	128	0.4703018245	472	255	64	255	0.4273360416
108	32	96	128	0.4698788204	473	128	255	160	0.4272240350
109	96	32	128	0.4698620821	474	255	128	160	0.4271526843
110	32	128	96	0.4698495622	475	160	255	128	0.4271431665
111	128	32	96	0.4698246090	476	255	160	128	0.4270901213
112	96	128	32	0.4697750474	477	255	255	64	0.4269629089
113	128	96	32	0.4697668315	478	32	160	224	0.4257590911
114	96	160	192	0.4695543550	479	160	32	224	0.4257076087
115	160	96	192	0.4695240394	480	32	224	160	0.4256692047
116	96	192	160	0.4695013639	481	224	32	160	0.4255929270
117	192	96	160	0.4694561697	482	160	224	32	0.4254424692
118	160	192	96	0.4693664050	483	224	160	32	0.4254176619

第五届数学中国数学建模网络挑战赛

队号: #2168

119	192	160	96	0.4693515246	484	96	192	255	0.4253822514
120	128	224	224	0.4689861101	485	192	96	255	0.4253281674
121	224	128	224	0.4689281278	486	96	255	192	0.4252583984
122	224	224	128	0.4687272842	487	255	96	192	0.4251699012
123	32	128	160	0.4683860894	488	192	255	96	0.4250195224
124	128	32	160	0.4683554432	489	255	192	96	0.4249850988
125	32	160	128	0.4683503492	490	64	96	224	0.4239321922
126	160	32	128	0.4683097388	491	96	64	224	0.4239196538
127	128	160	32	0.4682142859	492	64	224	96	0.4237584007
128	160	128	32	0.4682043192	493	96	224	64	0.4237033304
129	32	64	128	0.4670480695	494	224	64	96	0.4236972350
130	64	32	128	0.4670407530	495	224	96	64	0.4236546982
131	32	128	64	0.4669970905	496	32	128	224	0.4211332755
132	128	32	64	0.4669754103	497	128	32	224	0.4210975359
133	64	128	32	0.4669646077	498	64	224	255	0.4210117140
134	128	64	32	0.4669502430	499	32	224	128	0.4210089069
135	192	224	255	0.4667359870	500	64	255	224	0.4209526181
136	64	192	192	0.4667226688	501	224	32	128	0.4209387373
137	224	192	255	0.4667133705	502	224	64	255	0.4209246758
138	192	64	192	0.4666639944	503	128	224	32	0.4208519320
139	192	255	224	0.4666594439	504	255	64	224	0.4208493344
140	255	192	224	0.4666151824	505	224	128	32	0.4208174894
141	224	255	192	0.4665584713	506	224	255	64	0.4205681789
142	255	224	192	0.4665368254	507	255	224	64	0.4205519235
143	192	192	64	0.4664614562	508	128	128	255	0.4189453621
144	64	64	160	0.4660813010	509	128	255	128	0.4187091893
145	64	160	64	0.4659812999	510	255	128	128	0.4186426336
146	160	64	64	0.4659530240	511	64	64	224	0.4181470381
147	32	96	160	0.4648997989	512	64	224	64	0.4179527599
148	96	32	160	0.4648813203	513	224	64	64	0.4178982070
149	32	160	96	0.4648353725	514	96	160	255	0.4178827531
150	160	32	96	0.4647988684	515	160	96	255	0.4178487038
151	160	255	255	0.4647893714	516	96	255	160	0.4177069943
152	96	160	32	0.4647535534	517	255	96	160	0.4176239358
153	160	96	32	0.4647355249	518	160	255	96	0.4175570138
154	255	160	255	0.4647228330	519	255	160	96	0.4175079947
155	255	255	160	0.4644923264	520	32	96	224	0.4166029492
156	32	32	128	0.4643068082	521	96	32	224	0.4165812306
157	0	128	128	0.4642827400	522	32	224	96	0.4164523157
158	128	0	128	0.4642588198	523	224	32	96	0.4163887466
159	32	128	32	0.4642439445	524	96	224	32	0.4163571816

第五届数学中国数学建模网络挑战赛

队号: #2168

160	128	32	32	0.4642261695	525	224	96	32	0.4163153210
161	128	128	0	0.4641762510	526	0	224	224	0.4152194266
162	96	128	192	0.4633664478	527	224	0	224	0.4151468452
163	128	96	192	0.4633523195	528	224	224	0	0.4148988830
164	96	192	128	0.4632680050	529	64	192	255	0.4144752571
165	192	96	128	0.4632261390	530	192	64	255	0.4144092366
166	128	192	96	0.4632052785	531	64	255	192	0.4143617790
167	192	128	96	0.4631775392	532	255	64	192	0.4142644515
168	0	96	128	0.4630009716	533	192	255	64	0.4140709638
169	96	0	128	0.4629852821	534	255	192	64	0.4140396416
170	0	128	96	0.4629826742	535	32	255	255	0.4131596984
171	128	0	96	0.4629618835	536	255	32	255	0.4130465850
172	96	128	0	0.4629130162	537	255	255	32	0.4126601056
173	128	96	0	0.4629079137	538	0	192	224	0.4125157411
174	160	160	224	0.4619681517	539	0	224	192	0.4124818715
175	0	64	128	0.4618836901	540	192	0	224	0.4124577906
176	64	0	128	0.4618748955	541	224	0	192	0.4124146780
177	0	128	64	0.4618530275	542	192	224	0	0.4122266394
178	160	224	160	0.4618393243	543	224	192	0	0.4122173885
179	128	0	64	0.4618356540	544	32	64	224	0.4121240753
180	64	128	0	0.4618140872	545	64	32	224	0.4121144171
181	128	64	0	0.4618055070	546	32	224	64	0.4119571877
182	224	160	160	0.4618027706	547	64	224	32	0.4119149962
183	32	64	160	0.4615200631	548	224	32	64	0.4119009973
184	64	32	160	0.4615119306	549	224	64	32	0.4118684584
185	32	160	64	0.4614352946	550	96	128	255	0.4104202846
186	160	32	64	0.4614033610	551	128	96	255	0.4104043496
187	64	160	32	0.4613993831	552	96	255	128	0.4102011194
188	64	160	192	0.4613969300	553	128	255	96	0.4101311181
189	160	64	32	0.4613755801	554	255	96	128	0.4101238541
190	160	64	192	0.4613556589	555	255	128	96	0.4100697817
191	64	192	160	0.4613487989	556	0	160	224	0.4099506362
192	192	64	160	0.4612941088	557	160	0	224	0.4099060995
193	160	192	64	0.4611655617	558	0	224	160	0.4098883807
194	192	160	64	0.4611521394	559	224	0	160	0.4098267933
195	128	192	224	0.4611068946	560	160	224	0	0.4096927606
196	192	128	224	0.4610701232	561	224	160	0	0.4096756977
197	128	224	192	0.4610426188	562	64	160	255	0.4080317042
198	224	128	192	0.4609878003	563	160	64	255	0.4079850842
199	0	32	128	0.4609594025	564	32	224	255	0.4078780246
200	32	0	128	0.4609559917	565	64	255	160	0.4078711491

第五届数学中国数学建模网络挑战赛

队号: #2168

201	0	128	32	0.4609238502	566	32	255	224	0.4078255453
202	128	0	32	0.4609104572	567	224	32	255	0.4077853443
203	32	128	0	0.4609087889	568	255	64	160	0.4077800756
204	128	32	0	0.4608988059	569	255	32	224	0.4077185415
205	192	224	128	0.4608789193	570	160	255	64	0.4076663482
206	224	192	128	0.4608608700	571	255	160	64	0.4076218787
207	0	0	128	0.4603417671	572	32	32	224	0.4075613271
208	0	128	0	0.4603206745	573	0	128	224	0.4075287100
209	128	0	0	0.4603147312	574	128	0	224	0.4074962935
210	0	160	160	0.4599074234	575	0	224	128	0.4074440413
211	160	0	160	0.4598701631	576	224	255	32	0.4074172793
212	160	160	0	0.4597419896	577	255	224	32	0.4074029435
213	96	224	224	0.4583986316	578	32	224	32	0.4073923100
214	224	96	224	0.4583265673	579	224	0	128	0.4073883521
215	32	32	160	0.4581774562	580	224	32	32	0.4073450155
216	0	128	160	0.4581504217	581	128	224	0	0.4073020442
217	0	160	128	0.4581269028	582	224	128	0	0.4072787581
218	128	0	160	0.4581235534	583	0	96	224	0.4052547754
219	160	0	128	0.4580935240	584	96	0	224	0.4052330866
220	32	160	32	0.4580835603	585	0	224	96	0.4051544138
221	224	224	96	0.4580778068	586	224	0	96	0.4051050393
222	160	32	32	0.4580571030	587	96	224	0	0.4050596657
223	128	160	0	0.4580079327	588	224	96	0	0.4050319682
224	160	128	0	0.4580014195	589	0	64	224	0.4031324054
225	96	96	192	0.4572139458	590	64	0	224	0.4031199118
226	96	192	96	0.4570786486	591	0	224	64	0.4030243821
227	192	96	96	0.4570403924	592	224	0	64	0.4029819821
228	32	192	192	0.4568954526	593	64	224	0	0.4029699515
229	192	32	192	0.4568311213	594	224	64	0	0.4029400366
230	192	192	32	0.4566098225	595	96	96	255	0.4029346455
231	0	96	160	0.4565444981	596	96	255	96	0.4026819369
232	96	0	160	0.4565267335	597	255	96	96	0.4026109686
233	0	160	96	0.4565031750	598	32	192	255	0.4025457468
234	160	0	96	0.4564739304	599	192	32	255	0.4024727923
235	192	192	255	0.4564631258	600	32	255	192	0.4024453525
236	96	160	0	0.4564247287	601	255	32	192	0.4023448981
237	160	96	0	0.4564132451	602	192	255	32	0.4021248541
238	192	255	192	0.4563150150	603	255	192	32	0.4020973347
239	255	192	192	0.4562729851	604	64	128	255	0.4016582418
240	64	128	192	0.4561718140	605	128	64	255	0.4016292537
241	128	64	192	0.4561462706	606	64	255	128	0.4014587424

第五届数学中国数学建模网络挑战赛

队号: #2168

242	64	192	128	0.4560827553	607	255	64	128	0.4013743206
243	192	64	128	0.4560322942	608	128	255	64	0.4013317426
244	128	192	64	0.4559696533	609	255	128	64	0.4012762955
245	192	128	64	0.4559447316	610	0	32	224	0.4011551281
246	160	224	255	0.4556200661	611	32	0	224	0.4011500676
247	224	160	255	0.4555770406	612	0	224	32	0.4010504787
248	96	96	96	0.4555477152	613	32	224	0	0.4010284912
249	160	255	224	0.4555472024	614	224	0	32	0.4010163416
250	255	160	224	0.4554837160	615	224	32	0	0.4009994106
251	224	255	160	0.4553556275	616	0	0	224	0.3990081453
252	255	224	160	0.4553351642	617	0	224	0	0.3989437703
253	0	64	160	0.4551023141	618	224	0	0	0.3989258195
254	64	0	160	0.4550922458	619	32	160	255	0.3973287848
255	0	160	64	0.4550498004	620	160	32	255	0.3972740729
256	160	0	64	0.4550250911	621	32	255	160	0.3971873592
257	64	160	0	0.4550054603	622	255	32	160	0.3970937687
258	160	64	0	0.4549908164	623	160	255	32	0.3969476558
259	0	32	160	0.4538432948	624	255	160	32	0.3969087552
260	32	0	160	0.4538393200	625	64	96	255	0.3953117740
261	0	160	32	0.4537882013	626	96	64	255	0.3952984369
262	32	160	0	0.4537707438	627	64	255	96	0.3950827391
263	160	0	32	0.4537688115	628	96	255	64	0.3950244663
264	160	32	0	0.4537553273	629	255	64	96	0.3950055339
265	128	160	224	0.4532900890	630	255	96	64	0.3949605905
266	160	128	224	0.4532727126	631	32	128	255	0.3922148282
267	128	224	160	0.4531690144	632	128	32	255	0.3921767538
268	224	128	160	0.4531175234	633	32	255	128	0.3920400065
269	160	224	128	0.4530918669	634	255	32	128	0.3919536999
270	224	160	128	0.4530577501	635	128	255	32	0.3918736477
271	0	0	160	0.4527634733	636	255	128	32	0.3918253949
272	0	160	0	0.4527305539	637	64	64	255	0.3888989537
273	160	0	0	0.4527213104	638	0	255	255	0.3887025249
274	128	255	255	0.4527200469	639	64	255	64	0.3886520544
275	32	160	192	0.4526508949	640	255	0	255	0.3886087442
276	255	128	255	0.4526359568	641	255	64	64	0.3885829586
277	32	192	160	0.4526088524	642	255	255	0	0.3882894234
278	160	32	192	0.4526028649	643	32	96	255	0.3871789209
279	192	32	160	0.4525491839	644	96	32	255	0.3871557132
280	160	192	32	0.4523961787	645	32	255	96	0.3869794968
281	192	160	32	0.4523845354	646	255	32	96	0.3869010714
282	255	255	128	0.4523456510	647	96	255	32	0.3868783698

第五届数学中国数学建模网络挑战赛

队号: #2168

283	64	96	96	0.4516003554	648	255	96	32	0.3868231364
284	96	64	96	0.4515915156	649	0	224	255	0.3856378845
285	96	96	64	0.4515606832	650	0	255	224	0.3856001739
286	96	192	224	0.4514197671	651	224	0	255	0.3855602463
287	192	96	224	0.4513684608	652	255	0	224	0.3855123172
288	96	224	192	0.4513599328	653	224	255	0	0.3852590829
289	224	96	192	0.4512919443	654	255	224	0	0.3852488526
290	192	224	96	0.4511321393	655	0	192	255	0.3826074586
291	224	192	96	0.4511154532	656	192	0	255	0.3825453157
292	64	96	192	0.4510209176	657	0	255	192	0.3825361403
293	96	64	192	0.4510092325	658	255	0	192	0.3824546022
294	64	192	96	0.4508991180	659	192	255	0	0.3822638692
295	192	64	96	0.4508532340	660	255	192	0	0.3822444550
296	96	192	64	0.4508475184	661	32	64	255	0.3821639989
297	192	96	64	0.4508133167	662	64	32	255	0.3821536371
298	32	128	192	0.4485302752	663	32	255	64	0.3819508194
299	128	32	192	0.4484970286	664	64	255	32	0.3819057902
300	32	192	128	0.4484529383	665	255	32	64	0.3818812189
301	64	64	96	0.4484420448	666	255	64	32	0.3818465432
302	64	96	64	0.4484149534	667	64	64	64	0.3813064248
303	96	64	64	0.4484072398	668	0	160	255	0.3797154097
304	192	32	128	0.4483982062	669	160	0	255	0.3796675107
305	128	192	32	0.4483061234	670	0	255	160	0.3796162814
306	192	128	32	0.4482846314	671	255	0	160	0.3795413265
307	32	96	96	0.4476275239	672	160	255	0	0.3794069886
308	96	32	96	0.4476126504	673	255	160	0	0.3793799106
309	96	96	32	0.4475609529	674	32	64	64	0.3789698208
310	64	224	224	0.4473985669	675	64	32	64	0.3789643344
311	224	64	224	0.4473160745	676	64	64	32	0.3789451981
312	224	224	64	0.4470322996	677	32	32	64	0.3774288965
313	160	192	255	0.4462073943	678	32	64	32	0.3774135948
314	192	160	255	0.4461868691	679	64	32	32	0.3774092380
315	160	255	192	0.4460666013	680	32	32	255	0.3770000525
316	255	160	192	0.4460064008	681	0	128	255	0.3769648479
317	192	255	160	0.4459754573	682	128	0	255	0.3769298599
318	255	192	160	0.4459357796	683	0	255	128	0.3768442676
319	64	64	192	0.4458842639	684	32	255	32	0.3767887236
320	64	192	64	0.4457396207	685	255	0	128	0.3767762496
321	192	64	64	0.4456988638	686	255	32	32	0.3767297882
322	128	128	224	0.4454998299	687	128	255	0	0.3766918046
323	32	64	96	0.4453498559	688	255	128	0	0.3766587531

第五届数学中国数学建模网络挑战赛

队号: #2168

324	64	32	96	0.4453434107	689	0	64	64	0.3762609172
325	128	224	128	0.4453302673	690	64	0	64	0.3762549001
326	32	96	64	0.4453273411	691	64	64	0	0.3762339860
327	96	32	64	0.4453145299	692	0	0	64	0.3760645901
328	64	96	32	0.4452985714	693	0	64	0	0.3760593048
329	96	64	32	0.4452922052	694	64	0	0	0.3760578052
330	224	128	128	0.4452823222	695	0	32	64	0.3759466999
331	96	160	224	0.4445244275	696	32	0	64	0.3759444979
332	32	96	192	0.4445214154	697	0	64	32	0.3759390077
333	96	32	192	0.4445012841	698	64	0	32	0.3759346307
334	160	96	224	0.4444921796	699	32	64	0	0.3759291784
335	32	192	96	0.4444164154	700	64	32	0	0.3759270034
336	96	224	160	0.4444119933	701	0	96	255	0.3743578848
337	128	224	255	0.4444009937	702	96	0	255	0.3743343700
338	192	32	96	0.4443670095	703	0	255	96	0.3742230730
339	224	96	160	0.4443482872	704	255	0	96	0.3741624962
340	224	128	255	0.4443400690	705	96	255	0	0.3741208836
341	128	255	224	0.4443321567	706	255	96	0	0.3740838035
342	96	192	32	0.4443277577	707	0	64	255	0.3718924358
343	192	96	32	0.4442984771	708	64	0	255	0.3718788077
344	160	224	96	0.4442692042	709	0	255	64	0.3717521398
345	255	128	224	0.4442520376	710	255	0	64	0.3716998026
346	224	160	96	0.4442377409	711	64	255	0	0.3716930763
347	224	255	128	0.4440616115	712	255	64	0	0.3716543547
348	255	224	128	0.4440424124	713	0	32	255	0.3695463725
349	32	32	96	0.4432071513	714	32	0	255	0.3695407999
350	32	96	32	0.4431706269	715	0	255	32	0.3694128754
351	96	32	32	0.4431602635	716	32	255	0	0.3693887892
352	0	96	96	0.4422225194	717	255	0	32	0.3693703364
353	96	0	96	0.4422090228	718	255	32	0	0.3693518169
354	96	96	0	0.4421622731	719	0	0	255	0.3668235525
355	0	64	96	0.4414193262	720	0	255	0	0.3667402184
356	64	0	96	0.4414118694	721	255	0	0	0.3667170592
357	0	96	64	0.4414062919	722	32	32	32	0.2416129474
358	64	192	224	0.4413986092	723	0	0	32	0.2413544170
359	96	0	64	0.4413951754	724	0	32	0	0.2413530941
360	64	96	0	0.4413730962	725	32	0	0	0.2413527175
361	96	64	0	0.4413694362	726	0	32	32	0.2410090477
362	64	224	192	0.4413439222	727	32	0	32	0.2410075387
363	192	64	224	0.4413361338	728	32	32	0	0.2410022759
364	224	64	192	0.4412663075	729	0	0	0	0.0023140041

第五届数学中国数学建模网络挑战赛

队号: #2168

365	192	224	64	0.4410672827					
-----	-----	-----	----	--------------	--	--	--	--	--

8.2 部分代码

8.2.1 层次分析函数 (Matlab 函数)

```
function [IX] = cengci(t,W)
%UNTITLED Summary of this function goes here
% Detailed explanation goes here
Q=zeros(5);
for i=1:1:5
    for j=1:1:5
        Q(i,j)=t(i)/t(j);
    end
end
V=zeros(5);
D=zeros(5);
[V,D]=eig(Q);
m=0;
lo=1;
for i=1:1:5
    D(i,i)=real(D(i,i));
    if (D(i,i)>m)
        m=D(i,i);
        lo=i;
    end
end
L=[1:5];
for i=1:1:5
    L(i)=V(i,lo);
end
b=[1:729];
for i=1:1:729
    b(i)=0;
    for j=1:1:5
        b(i)=b(i)+W(i,j)*L(j);
    end
end
IX=[1:729];
[B3,IX]=sort(b,'descend');
for i=1:1:729
```


第五届数学中国数学建模网络挑战赛

队号: #2168

```
    return b(i);  
end  
  
end
```

8.2.2 二维图像插值 (Matlab 函数)

```
function chazhi(x,y,z)  
xtemp=linspace(min(x),max(x),100);  
ytemp=linspace(min(y),max(y),100);  
[X,Y]=meshgrid(xtemp,ytemp);  
Z=griddata(x,y,z,X,Y,'v4');  
surf(X,Y,Z);  
%%shading interp;  
hold;  
%%plot3(x,y,z,'*');  
  
end
```

8.2.3 RGB 和波长的关系 (Matlab 函数)

```
function [IX,B] = CO(t,W)  
Q=zeros(5);  
for i=1:1:5  
    for j=1:1:5  
        Q(i,j)=t(i)/t(j);  
    end  
end  
[V,D]=eig(Q);  
L=[1:5];  
m=-10000;  
p=1;  
for i=1:1:5  
    if (real(D(i,i))>m)  
        m=real(D(i,i));  
        p=i;  
    end  
end  
end
```

第五届数学中国数学建模网络挑战赛

队号: #2168

```
for i=1:1:5
    L(i)=V(i,p);
end
B=[1:729];
for i=1:1:729
    B(i)=0;
    for j=1:1:5
        B(i)=B(i)+W(i,j)*L(j);
    end
end
[B3,IX]=sort(B,'descend');
end
```

8.2.4 不同颜色对于抑制热岛效应的贡献与排名 (Matlab 函数)

```
function [R,G,B] = CWTRGB(w)
gamma=0.8;
IM=255;
if ((w>=380)&&(w<=439))
    red=-(w-440)/90;
    green=0;
    blue=1;
elseif ((w>=440)&&(w<=489))
    red=0;
    green=(w-440)/50;
    blue=1;
elseif ((w>=490)&&(w<=509))
    red=0;
    green=1;
    blue=-(w-510)/20;
elseif ((w>=510)&&(w<=579))
    red=(w-510)/70;
    green=1;
    blue=0;
elseif ((w>=580)&&(w<=644))
    red=1;
    green=-(w-645)/65;
    blue=0;
elseif ((w>=645)&&(w<=780))
```

第五届数学中国数学建模网络挑战赛

队号: #2168

```
red=1;
green=0;
blue=0;
else
    red=0;
    green=0;
    blue=0;
end
if ((w>=380)&&(w<=419))
    factor=0.3+0.7*(w-380)/40;
elseif ((w>=420)&&(w<=700))
    factor=1;
elseif ((w>=701)&&(w<=780))
    factor=0.3+0.7*(780-w)/80;
else
    factor=0;
end
R=round(IM*(red*factor)^gamma);
G=round(IM*(green*factor)^gamma);
B=round(IM*(blue*factor)^gamma);
End
```

8.2.5 元胞自动机迭代函数 (Matlab 函数)

```
function A = redao( A )
B=randn(638,660);
for i=1:1:638
    for j=1:1:660
        if ((i==1)||i==638)||j==1||j==660)
            B(i,j)=A(i,j);
        else
            B(i,j)=(A(i-1,j-1)+A(i-1,j)+A(i-1,j+1)+A(i,j-1)+A(i,j)+A(i,j+1)+A(i+1,j-1)+A(i+1,j)+
            A(i+1,j+1))/9;
        end
        if (B(i,j)<=A(i,j))
            B(i,j)=B(i,j)-10;
        else
            B(i,j)=B(i,j)+6;
        end
    end
end
```

第五届数学中国数学建模网络挑战赛

队号: #2168

```
end
Imshow(B,[0,255]);
for i=1:1:638
    for j=1:1:660
        A(i,j)=B(i,j);
    end
end
end
end
```

8.2.6 RGB 和 HSB 的转化 (Matlab 函数)

```
function B = RGBHSB(A)
for i=2:1:729
    if ((A(i,1)-A(i,2))^2+(A(i,1)-A(i,3))*(A(i,2)-A(i,3)))==0)
        B(i,1)=acos((2*A(i,1)-A(i,2)-A(i,3))/2);
        B(i,2)=1-(min(A(i,1),min(A(i,2),A(i,3))))/(max(A(i,1),max(A(i,2),A(i,3))));
        B(i,3)=max(A(i,1),max(A(i,2),A(i,3)))/255;
    else
        B(i,1)=acos((2*A(i,1)-A(i,2)-A(i,3))/(2*((A(i,1)-A(i,2))^2+(A(i,1)-A(i,3))*(A(i,2)-A(i,3))))^0.5));
        B(i,2)=1-(min(A(i,1),min(A(i,2),A(i,3))))/(max(A(i,1),max(A(i,2),A(i,3))));
        B(i,3)=max(A(i,1),max(A(i,2),A(i,3)))/255;
    end
end
end
end
```