# 马赛克瓷砖选色问题

# 摘要

本文研究马赛克瓷砖选色问题,要求能够根据原始图片的颜色,自动找出颜色最接近的瓷砖来拼出这幅图片,以减少客户人工选色的工作量。我们首先通过构建欧几里得空间距离模型,加上 Python 和 matlab 的辅助计算,得出最符合要求的瓷砖颜色集合。然后通过求解区域"最优"点和聚类分析的方法模型得出所需增加新颜色的最优颜色集合,最后结合实际情况,针对成本和颜色表现效果得到了最优新颜色增加方案。

针对问题一,我们查阅到 RGB 色彩模式是通过对红(R)、绿(G)、蓝(B)三个颜色通道的变化以及它们相互之间的叠加来得到各式各样的颜色的,为了判断两种颜色是否接近,我们可将其化为其 RGB 信息是否接近,因此,我们可将 RGB 信息代入三维坐标空间当中,通过构建欧几里得空间距离模型求出不同 RGB 对应坐标之间的距离,把距离大小作为它们所对应颜色是否接近的判断依据。并且通过编程来实现这些距离的计算,使得结果的得出非常的简便、迅捷、实用性大。

针对问题二,题目要求我们在只能增加少数颜色的情况下,能够使图像的表现力更好,对于如何判断所增颜色使图像表现力更好,我们给出了求解区域最优点的计算方案,通过对已有瓷砖颜色使用次数较多的几个颜色周围空间内进行颜色细分,取得最优的颜色,能够最大化增加图像的表现力。并且我们具体到了针对图片1和图片2两种不同的增加颜色方案,为生产商提供了更加细分的方案选择。采用的求解区域"最优"点和聚类分析的方法模型也使得计算出的结果更加贴近现实情况。

针对问题三,颜色增加越多表现效果就越好,但随着颜色数逐渐增加,成本也会越来越高。因此需要一个可以综合衡量表现效果和成本的模型。我们采用"图像加权的欧式距离总和"(也即是加权色差)来定量衡量拼接图像的表现效果,同时类比成本利润模型,创新设计了单位成本内'色差'改变量模型用来综合考虑表现效果与成本的关系,并用程序求出结果。

关键词: 色差 解区域最优点 加权欧式距离 表现效果 成本控制

# 目 录

| <b>★</b> 1 | 问题重述                             | 1  |
|------------|----------------------------------|----|
|            | 1.1 问题背景                         | 1  |
|            | 1.2 相关数据及要求                      | 1  |
|            | 1.3 问题概括                         | 1  |
| <b>★</b> 2 | 问题分析                             | 2  |
| <b>★</b> 3 | 模型假设                             | 2  |
| <b>★</b> 4 | 名词解释和符号说明                        | 3  |
|            | 4.1 名词解释                         | 3  |
|            | 4.2 符号说明                         |    |
| <b>★</b> 5 | 模型建立与求解                          | 4  |
|            | 数据预处理                            | 4  |
|            | 5.1 问题一的分析与求解                    |    |
|            | 5.1.1 问题分析                       | 5  |
|            | 5.1.2 模型I欧几里得空间距离模型              |    |
|            | 5.1.3 模型求解                       |    |
|            | 5.2 问题二的分析与求解                    |    |
|            | 5.2.2 模型 II 求解区域"最优"点和聚类分析的方法模型  |    |
|            | 5.2.3 模型求解                       |    |
|            | 5.3 问题三的分析与求解                    |    |
|            | 5.3.1 问题分析                       |    |
|            | 5.3.2 模型III 基于加权的欧式距离与利润分析法的优化模型 | 11 |
|            | 5.3.3 模型求解                       | 12 |
| <b>★</b> 6 | 模型优缺点                            | 14 |
|            | 6.1 模型优点                         | 14 |
|            | 6.2 模型缺点                         | 14 |
|            | 6.3 模型优化                         | 14 |
| 参考         | 5文献                              | 16 |
| 附录         | <u> </u>                         | 17 |
|            | 附录 1: 图像 1 和图像 2 选色结果            | 17 |
|            | 附录 2: 问题一程序代码                    |    |
|            | 附录 3: 问题一所得到的数据                  |    |
|            | 附录 4: 问题二程序代码                    |    |
|            | 附录 5: 问题三程序代码                    | 18 |

# ★1 问题重述

### 1.1 问题背景

1.马赛克瓷砖是一种尺寸较小(常见规格为边长不超过 5cm)的正方形瓷砖,便于在非平整的表面铺设,并且容易拼接组合出各种文字或图案。但是受工艺和成本的限制,瓷砖的颜色只能是有限的几种。用户在拼接图案时,首先要根据原图中的颜色,选出颜色相近的瓷砖,才能进行拼接。

2.某马赛克瓷砖生产厂只能生产 22 种颜色(见附件 1)的马赛克瓷砖。该厂要开发一个软件,能够根据原始图片的颜色,自动找出颜色最接近的瓷砖,以减少客户人工选色的工作量。该厂希望你们团队提供确定原始颜色与瓷砖颜色对应关系的算法。假设原始图像为 24 位真彩色格式,即 R、G、B 三个颜色分量均为 8 位,共有 28×28×28=16777216 种颜色,对于任何一种指定的颜色,算法输出颜色最相近的瓷砖的颜色编号。

### 1.2 相关数据及要求

- (1) 题给附件 1: 现有瓷砖颜色。
- (2) 题给附件 2: 图像 1 颜色列表, 附件 3: 图像 2 颜色列表。
- (3) 题给附件 4: 选色结果文件格式。
- (4) 题给附件 4: 附件 2 的选色结果保存在 result1.txt 中。附件 3 的选色结果保存在 result2.txt 中。只写瓷砖颜色编号(附件 1 中"编号"列),不要写 RGB 值。

#### 1.3 问题概括

- 1.根据图像 1、2 所给颜色列表在 22 种现有颜色中找出最能与之匹配对应的颜色。
- 2.若不考虑研发难度,只考虑到拼接图像的表现力,当同时增加 1 种颜色、同时增加 2 种 颜色、……、同时增加 10 种颜色时,应该优先增加哪些颜色的瓷砖?分别给出对应颜色的 RGB 编码值。
- 3.如果每一种新颜色瓷砖研发成本都相同,那么,综合考虑成本和表现效果,你们建议新增哪几种颜色,说明理由并给出对应的 RGB 编码值。

# ★2 问题分析

某厂商希望能够得到一种算法,使得从他们所能生产的有限种颜色瓷砖当中,得到最好的拼接方法,满足用户对视觉效果的需求,并想要研发一些最具性价比的颜色来提高视觉效果。

对于问题一,题目要求找出与每幅图像中 200 多种颜色的每一个颜色最为接近的瓷砖颜色。我们假设颜色是关于 RGB 连续渐变的,且认为两个颜色 RGB 的三维位置接近即可认定颜色接近。我们的实际解决方案是用与目标点(1)和目标点(2)最近的基本点,来代替每个目标点中的元素。通过计算并比较 200 多个目标点的每一个点与 22 个基本点在三维空间中欧几里得几何距离(即色差)的大小来找出最适合代替目标点的基本点。

对于问题二,题目要求我们找出当同时增加 1 种颜色、同时增加 2 种颜色、……、同时增加 10 种颜色时,应该优先增加哪些颜色最大化地增强图像表现力,因此要考虑增加颜色对图像整体表现力的影响,我们可以通过增加问题一中所用次数较多的基本点附近的层次感来增强图片整体的表现效果。

对于问题三,题目要求取得图像表现力和成本都考虑进去的最优方案,因此我们要综合考虑每次增加颜色时,它对表现力的影响到底有多大,还要结合成本问题。最终,在增加了一些颜色后表现力较为丰富,且成本控制较好,方可作为方案的选择。

# ★3 模型假设

- 1. 所有数据均为原始数据,来源真实可靠。
- 2. 采用 RGB 三个分量张成的三维空间,取 RGB 分别对应三维空间坐标 XYZ
- 3. 瓷砖生产厂生产的22种的马赛克瓷砖同颜色质量均相同,没有色差。
- 5. 颜色是关于 RGB 连续渐变的
- 6. 人眼对于不同颜色的感知效果都相同

# ★4 名词解释和符号说明

# 4.1 名词解释

基本点: 马赛克瓷砖生产厂生产的 22 种瓷砖颜色对应 RGB, 在三维空间中的位置点。(代码注释中的样本点即为基本点)

目标点(1): 图像 1 中的 216 种颜色对应 RGB, 在三维空间中的位置点(216个点)。

目标点(2): 图像 2 中的 200 种颜色对应 RGB, 在三维空间中的位置点(200个点)。

目标点:目标点(1)和目标点(2)当中的元素。

# 4.2 符号说明

| 符号                   | 意义                                       |
|----------------------|--|
| $P_i(R_i, G_i, B_i)$ | 图像中每个颜色 RGB 对应的目标点                       |
| $Q_i(R_i,G_i,B_i)$   | 现有的每个瓷砖颜色 RGB 对应的基本点                     |
| diff                 | RGB 三维空间中目标点 Pi 与基本点 Qi 的欧几里得距离,<br>也即色差 |

表 4.2 符号说明

# **Equation Chapter (Next) Section 1**

# ★5 模型建立与求解

# 数据预处理

在建立模型之前,题目所给数据过于庞大,我们首先对题目提供的数据进行如下预处理:

### 1. 数据图像化处理

由于基本点,目标点(1),目标点(2),包含数据较多,无法观察他们各自的分部效果,于是我们通过 matlab 将这些无序的点所形成的的三维平面立体效果图,打印了出来,更好的观察他们的分布规律。

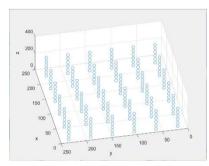


图 5.0.1 目标点(1))对应三维坐标图

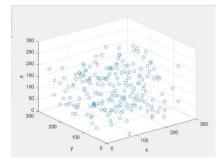


图 5.0.2 目标点(2)对应三维坐标图

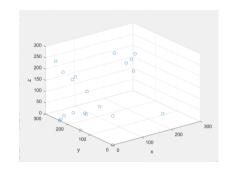


图 5.0.3 基本点对应三维坐标图

#### 2. RGB 颜色空间

我们首先进行对 RGB 颜色空间一些深入了解。

RGB 色彩就是常说的三原色, R 代表 Red (红色), G 代表 Green (绿色), B 代表 Blue (蓝色)。自然界中肉眼所能看到的任何色彩都可以由这三种色彩混合叠加而成, 因此也称为加色模式。

RGB 模式又称 RGB 色空间。它是一种色光表色模式,它广泛用于我们的生活中,如电视机、计算机显示屏、幻灯片等都是利用光来呈色。

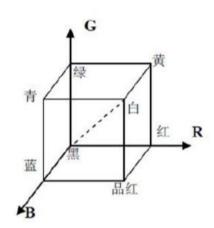
印刷出版中常需扫描图像,扫描仪在扫描时首先提取的就是原稿图像上的 RGB 色光信息。RGB 模式是一种加色法模式,通过 R、G、B 的辐射量,可描述出任一颜色。计算机定义颜色时 R、G、B 三种成分的取值范围是 0-255, 0 表示没有刺激量,255 表示刺激量达最大值。

R、G、B 均为 255 时就合成了白光, R、G、B 均为 0 时就形成了黑色, 当两色分别叠加时将得到不同的"C、M、Y"颜色。。在显示屏上显示颜色定义时, 往往采用这种模式。图像如用于电视、幻灯片、网络、多媒体, 一般使用 RGB 模式。

#### 一些典型颜色的 RGB 信息:

Black (0, 0,0)
Red (255,0,0)
Green (0,255,0)
Yellow (255,255,0)
Blue (0, 0,255)
Magenta (255, 0,255)
Cyan (0,255,255)

White (255,255,255)



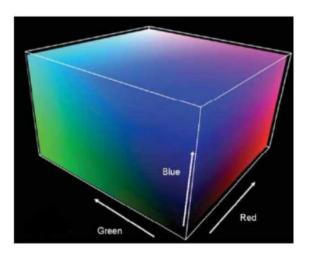


图 5.0.4 RGB 颜色空间

#### 5.1 问题一的分析与求解

#### 5.1.1 问题分析

题目要求找出与每幅图像中 200 多种颜色的每一个颜色最为接近的瓷砖颜色。我们假设颜色是关于 RGB 连续渐变的,且认为两个颜色 RGB 的空间位置接近即可认定颜色接近。我们的实际解决方案是用与目标点最接近的基本点,来代替每个目标点。通过计算并比较目标点(1)和目标点(2)中每一个目标点与 22 个基本点在三维空间中欧几里得几何距离(可以看做为色差)的大小来找出最适合代替目标点的基本点。

### 5.1.2 模型 I 欧几里得空间距离模型

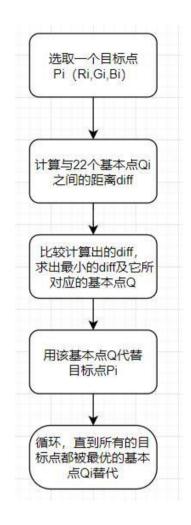
#### 1. 模型分析

由问题分析可知,选用欧几里得空间距离模型可以直观地得出目标点与基本点之间的距离 diff,通过取 Min (diff)所对应的基本点可替代目标点。这样做的好处是直接在

RGB 张成的三维空间上进行色差计算不需要进行 RGB 到 HSV 的颜色空间的转变,节省计算机的逻辑资源,提高了计算速度。

### 2. 模型建立

具体步骤:



# 5.1.3 模型求解

为了求出最接近 RGB 值,我们将基本点、目标点(1)和目标点(2)代入上述模型,并使用 Python 进行了编程计算,得出了题给要求的最接近 RGB 值,并按照附件 4 的要求,得到输出结果,(选色结果文件位于附录 1 中)为了便于表达,我们将这些输出结果使用 Excel 文档用图表展现如下:

| 序号 | 瓷砖颜色编号, | 序号 | 瓷砖颜色编号 | 序号 | 瓷砖颜色编号 | 序号  | 瓷砖颜色编号 | 序号  | 瓷砖颜色编号 | 序号  | 瓷砖颜色编号 | 序号  | 瓷砖颜色编号 | 序号  | 瓷砖颜色编号 | 序号  | 瓷砖颜色编号 |
|----|---------|----|--------|----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|
| 1  | 1       | 26 | 5      | 51 | 7      | 76  | 11     | 101 | 16     | 126 | 22     | 151 | 10     | 176 | 14     | 201 | 10     |
| 2  | 1       | 27 | 5      | 52 | 6      | 77  | 11     | 102 | 16     | 127 | 5      | 152 | 10     | 177 | 18     | 202 | 22     |
| 3  | 11      | 28 | 12     | 53 | 6      | 78  | 11     | 103 | 15     | 128 | 10     | 153 | 10     | 178 | 18     | 203 | 22     |
| 4  | 6       | 29 | 16     | 54 | 6      | 79  | 7      | 104 | 5      | 129 | 10     | 154 | 11     | 179 | 20     | 204 | 8      |
| 5  | 6       | 30 | 16     | 55 | 5      | 80  | 11     | 105 | 5      | 130 | 22     | 155 | 22     | 180 | 20     | 205 | 14     |
| 6  | 6       | 31 | 5      | 56 | 7      | 81  | 11     | 106 | 12     | 131 | 22     | 156 | 22     | 181 | 3      | 206 | 14     |
| 7  | 1       | 32 | 5      | 57 | 7      | 82  | 11     | 107 | 12     | 132 | 22     | 157 | 10     | 182 | 13     | 207 | 18     |
| 8  | 7       | 33 | 12     | 58 | 6      | 83  | 11     | 108 | 12     | 133 | 15     | 158 | 10     | 183 | 13     | 208 | 18     |
| 9  | 6       | 34 | 12     | 59 | 16     | 84  | 6      | 109 | 11     | 134 | 5      | 159 | 10     | 184 | 13     | 209 | 18     |
| 10 | 6       | 35 | 12     | 60 | 16     | 85  | 7      | 110 | 11     | 135 | 5      | 160 | 22     | 185 | 13     | 210 | 20     |
| 11 | 6       | 36 | 12     | 61 | 5      | 86  | 7      | 111 | 11     | 136 | 22     | 161 | 22     | 186 | 13     | 211 | 14     |
| 12 | 6       | 37 | 1      | 62 | 5      | 87  | 11     | 112 | 11     | 137 | 20     | 162 | 22     | 187 | 17     | 212 | 14     |
| 13 | 7       | 38 | 11     | 63 | 5      | 88  | 11     | 113 | 11     | 138 | 20     | 163 | 10     | 188 | 10     | 213 | 19     |
| 14 | 7       | 39 | 11     | 64 | 16     | 89  | 6      | 114 | 11     | 139 | 15     | 164 | 10     | 189 | 13     | 214 | 19     |
| 15 | 6       | 40 | 11     | 65 | 16     | 90  | 6      | 115 | 10     | 140 | 15     | 165 | 10     | 190 | 13     | 215 | 21     |
| 16 | 6       | 41 | 11     | 66 | 16     | 91  | 5      | 116 | 11     | 141 | 5      | 166 | 22     | 191 | 22     | 216 | 20     |
| 17 | 6       | 42 | 6      | 67 | 5      | 92  | 5      | 117 | 11     | 142 | 18     | 167 | 22     | 192 | 22     |     |        |
| 18 | 16      | 43 | 7      | 68 | 5      | 93  | 7      | 118 | 11     | 143 | 20     | 168 | 22     | 193 | 17     |     |        |
| 19 | 7       | 44 | 7      | 69 | 5      | 94  | 6      | 119 | 11     | 144 | 20     | 169 | 14     | 194 | 10     |     |        |
| 20 | 7       | 45 | 11     | 70 | 12     | 95  | 6      | 120 | 11     | 145 | 3      | 170 | 10     | 195 | 10     |     |        |
| 21 | 7       | 46 | 11     | 71 | 12     | 96  | 16     | 121 | 10     | 146 | 13     | 171 | 10     | 196 | 22     |     |        |
| 22 | 6       | 47 | 6      | 72 | 12     | 97  | 5      | 122 | 10     | 147 | 13     | 172 | 18     | 197 | 22     |     |        |
| 23 | 16      | 48 | 6      | 73 | 1      | 98  | 5      | 123 | 11     | 148 | 13     | 173 | 18     | 198 | 22     |     |        |
| 24 | 16      | 49 | 7      | 74 | 11     | 99  | 5      | 124 | 11     | 149 | 13     | 174 | 20     | 199 | 9      |     |        |
| 25 | 5       | 50 | 7      | 75 | 11     | 100 | 16     | 125 | 22     | 150 | 13     | 175 | 14     | 200 | 10     |     |        |

图 5.1.1 result1.txt

|    |        |    |        |    | 1-4    |     |        |     |        |     |        |     |        |     |        |
|----|--------|----|--------|----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|
| 亨号 | 瓷砖颜色编号 | 序号 | 瓷砖颜色编号 | 序号 | 瓷砖颜色编号 | 序号  | 瓷砖颜色编号 | 序号  | 瓷砖颜色编号 | 序号  | 瓷砖颜色编号 | 序号  | 瓷砖颜色编号 | 序号  | 瓷砖颜色编号 |
| 1  | 12     | 26 | 5      | 51 | 16     | 76  | 6      | 101 | 11     | 126 | 14     | 151 | 10     | 176 | 19     |
| 2  | 5      | 27 | 11     | 52 | 16     | 77  | 7      | 102 | 22     | 127 | 22     | 152 | 14     | 177 | 19     |
| 3  | 6      | 28 | 16     | 53 | 16     | 78  | 6      | 103 | 15     | 128 | 22     | 153 | 13     | 178 | 19     |
| 4  | 6      | 29 | 7      | 54 | 11     | 79  | 11     | 104 | 5      | 129 | 10     | 154 | 3      | 179 | 13     |
| 5  | 7      | 30 | 5      | 55 | 11     | 80  | 11     | 105 | 11     | 130 | 10     | 155 | 10     | 180 | 22     |
| 6  | 12     | 31 | 12     | 56 | 7      | 81  | 11     | 106 | 22     | 131 | 14     | 156 | 19     | 181 | 21     |
| 7  | 11     | 32 | 5      | 57 | 11     | 82  | 11     | 107 | 10     | 132 | 22     | 157 | 22     | 182 | 13     |
| 8  | 7      | 33 | 11     | 58 | 16     | 83  | 5      | 108 | 10     | 133 | 22     | 158 | 19     | 183 | 10     |
| 9  | 16     | 34 | 7      | 59 | 11     | 84  | 5      | 109 | 10     | 134 | 11     | 159 | 10     | 184 | 19     |
| 10 | 16     | 35 | 7      | 60 | 11     | 85  | 12     | 110 | 15     | 135 | 10     | 160 | 13     | 185 | 8      |
| 11 | 6      | 36 | 5      | 61 | 6      | 86  | 5      | 111 | 5      | 136 | 22     | 161 | 22     | 186 | 9      |
| 12 | 7      | 37 | 16     | 62 | 15     | 87  | 11     | 112 | 22     | 137 | 10     | 162 | 3      | 187 | 8      |
| 13 | 16     | 38 | 12     | 63 | 6      | 88  | 11     | 113 | 10     | 138 | 22     | 163 | 22     | 188 | 13     |
| 14 | 12     | 39 | 6      | 64 | 12     | 89  | 16     | 114 | 20     | 139 | 3      | 164 | 22     | 189 | 14     |
| 15 | 6      | 40 | 7      | 65 | 6      | 90  | 20     | 115 | 10     | 140 | 10     | 165 | 13     | 190 | 4      |
| 16 | 7      | 41 | 7      | 66 | 5      | 91  | 5      | 116 | 11     | 141 | 10     | 166 | 17     | 191 | 8      |
| 17 | 12     | 42 | 5      | 67 | 16     | 92  | 11     | 117 | 10     | 142 | 18     | 167 | 13     | 192 | 8      |
| 18 | 5      | 43 | 7      | 68 | 7      | 93  | 11     | 118 | 22     | 143 | 14     | 168 | 10     | 193 | 17     |
| 19 | 12     | 44 | 11     | 69 | 5      | 94  | 7      | 119 | 11     | 144 | 10     | 169 | 10     | 194 | 17     |
| 20 | 5      | 45 | 7      | 70 | 5      | 95  | 11     | 120 | 18     | 145 | 20     | 170 | 22     | 195 | 14     |
| 21 | 11     | 46 | 7      | 71 | 1      | 96  | 15     | 121 | 15     | 146 | 13     | 171 | 13     | 196 | 8      |
| 22 | 7      | 47 | 7      | 72 | 11     | 97  | 11     | 122 | 18     | 147 | 10     | 172 | 17     | 197 | 8      |
| 23 | 5      | 48 | 6      | 73 | 5      | 98  | 5      | 123 | 13     | 148 | 22     | 173 | 8      | 198 | 13     |
| 24 | 7      | 49 | 11     | 74 | 11     | 99  | 22     | 124 | 22     | 149 | 18     | 174 | 14     | 199 | 13     |
| 25 | 6      | 50 | 6      | 75 | 6      | 100 | 10     | 125 | 20     | 150 | 18     | 175 | 22     | 200 | 9      |

图 5.1.2 result2.txt

### 5.2 问题二的分析与求解

#### 5.2.1 问题分析

题目要求是当同时增加 1 种基本点、同时增加 2 种基本点、……、同时增加 10 种基本点时,能提升拼接图像的表现力,因此需要增加在问题一中使用次数较多的基本点处的层次感。故按照添加基本点的数量,取添加的基本点分别为问题一中的基本点(按照使用次序由大到小排序)附近的特殊点  $A_i$  ( $R_i$ ,  $G_i$ ,  $B_i$ ),该特殊点  $A_i$  为上述基本点附近区域中到上述基本点所对应目标点  $P_i$ 之间距离平方和最小的点。

针对增强图像的表现力,可通过直方图均衡化优化图像认知区域的灰度概率分布形式,将集中分布转换为均匀分布,扩大认知区域灰度值的动态范围,使亮度在图像中能够均匀分布。此举充分保证了认知区域的整体视觉效果。

# 5.2.2 模型 Ⅱ求解区域"最优"点和聚类分析的方法模型

#### 1. 模型分析

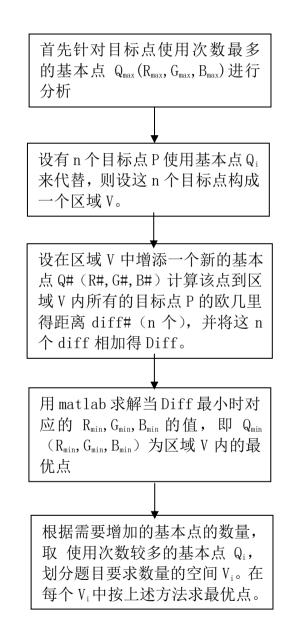
由问题分析可知,我们可以使用求解区域"最优"点和聚类分析的方法模型,进行

在 RGB 三维空间中插点。其中,我们首先按照目标点使用次数最多的基本点  $Q_{max}(R_{max},G_{max},B_{max})$ 划分 RGB 的空间区域  $V_i$  ,然后再在每个空间区域  $V_i$  中利用求三维空间中到若干点的距离之和最小的点的方法,来求解区域  $V_i$  内的"最优点"。该点也即是我们要求插入的基本点。

这是按照优先多数原则,在使用频率较多的瓷砖颜色附近增添新颜色的瓷砖,来增强拼接图像的层次感。这样做的好处是避免了使用较少的基本点的干扰,在大范围的区域内提高了拼接图像的表现力。

### 2. 模型建立

具体步骤:



#### 5.2.3 模型求解

在计算之前,我们首先将数据带入到了 Excel 进行简化,从而得出了使用次数最多

的前 10 个基本点。问题一所得到的数据:图像中每个具体的目标点用的具体基本点近似。的信息用 Excel 软件整理出 matlab 容易都出的形式并采用升序排列统计每个基本点使用的次数。部分数据形式如图 5.2.3.1 所示

|    | В    | С   | D   | E |
|----|------|-----|-----|---|
| 1  | 0    | 20  | 39  | - |
| 2  | 0    | 20  | 82  | 1 |
| 3  | 0    | 63  | 39  | 1 |
| 4  | 43   | 20  | 39  | 1 |
| 5  | 86   | 20  | 39  | 1 |
| 6  | 172  | 20  | 39  | 3 |
| 7  | 215  | 20  | 39  | 3 |
| 8  | 0    | 192 | 39  | 5 |
| 9  | 0    | 192 | 82  | 5 |
| 10 | 0    | 192 | 125 | 5 |
| 11 | 0    | 235 | 39  | 5 |
| 12 | 0    | 235 | 82  | 5 |
| 13 | 43   | 149 | 39  | 5 |
| 14 | 43   | 192 | 39  | 5 |
| 15 | 43   | 192 | 82  | 5 |
| 16 | 43   | 192 | 125 | 5 |
| 17 | 43   | 235 | 39  | 5 |
| 18 | 43   | 235 | 82  | 5 |
| 19 | 43   | 235 | 125 | 5 |
| 20 | 86   | 149 | 39  | 5 |
| 21 | 86   | 149 | 82  | 5 |
| 22 | 86   | 192 | 39  | 5 |
| 23 | 86   | 192 | 82  | 5 |
| 24 | 86   | 192 | 125 | 5 |
| 25 | . 86 | 235 | 82  | 5 |

图 5.2.1 图一数据整合的部分图

为了得到更加方便地得出每个空间  $V_i$  所对应的最优点  $Q_{min}$ ,同时所得数据也必须非常准确,我们使用 matlab 将简化后的数据带入计算。得到针对图像一和针对图像二的两份输出结果,(<mark>题给要求增加的颜色结果文件位于附录 3 中</mark>)为了便于表达,我们将这些输出结果使用 Excel 文档用图表展现如下:

| ,,, |     | - T 1 | -, , , | - V | -,,, | / 5/ |     |     |     |     |     |      |     |     |     |
|-----|-----|-------|--------|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|
| 加1点 | 95  | 47    | 153    | 加6点 | 95   | 47   | 153 | 加8点 | 95  | 47  | 153 | 加10点 | 95  | 47  | 153 |
|     |     |       |        |     | 62   | 199  | 80  |     | 62  | 199 | 80  |      | 62  | 199 | 80  |
| 加2点 | 95  | 47    | 153    |     | 32   | 85   | 204 |     | 32  | 85  | 204 |      | 32  | 85  | 204 |
|     | 62  | 199   | 80     |     | 172  | 118  | 86  |     | 172 | 118 | 86  |      | 172 | 118 | 86  |
|     |     |       |        |     | 174  | 118  | 213 |     | 174 | 118 | 213 |      | 174 | 118 | 213 |
| 加3点 | 95  | 47    | 153    |     | 38   | 111  | 77  |     | 38  | 111 | 77  |      | 38  | 111 | 77  |
|     | 62  | 199   | 80     |     |      |      |     |     | 40  | 171 | 226 |      | 40  | 171 | 226 |
|     | 32  | 85    | 204    | 加7点 | 95   | 47   | 153 |     | 197 | 27  | 164 |      | 197 | 27  | 164 |
|     |     |       |        |     | 62   | 199  | 80  |     |     |     |     |      | 35  | 231 | 199 |
| 加4点 | 95  | 47    | 153    |     | 32   | 85   | 204 | 加9点 | 95  | 47  | 153 |      | 162 | 216 | 240 |
|     | 62  | 199   | 80     |     | 172  | 118  | 86  |     | 62  | 199 | 80  |      |     |     |     |
|     | 32  | 85    | 204    |     | 174  | 118  | 213 |     | 32  | 85  | 204 |      |     |     |     |
|     | 172 | 118   | 86     |     | 38   | 111  | 77  |     | 172 | 118 | 86  |      |     |     |     |
|     |     |       |        |     | 40   | 171  | 226 |     | 174 | 118 | 213 |      |     |     |     |
| 加5点 | 95  | 47    | 153    |     |      |      |     |     | 38  | 111 | 77  |      |     |     |     |
|     | 62  | 199   | 80     |     |      |      |     |     | 40  | 171 | 226 |      |     |     |     |
|     | 32  | 85    | 204    |     |      |      |     |     | 197 | 27  | 164 |      |     |     |     |
|     | 172 | 118   | 86     |     |      |      |     |     | 35  | 231 | 199 |      |     |     |     |
|     | 174 | 118   | 213    |     |      |      |     |     |     |     |     |      |     |     |     |

图 5.2.2 图像 1 所增加颜色

| 加1点 | 85  | 33  | 148 | 加6点 | 85  | 33  | 148 | 加8点 | 85  | 33  | 148 | 加10点 | 85  | 33  | 148 |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|
|     |     |     |     |     | 173 | 128 | 79  |     | 173 | 128 | 79  |      | 173 | 128 | 79  |
| 加2点 | 85  | 33  | 148 |     | 65  | 199 | 95  |     | 65  | 199 | 95  |      | 65  | 199 | 95  |
|     | 173 | 128 | 79  |     | 178 | 125 | 205 |     | 178 | 125 | 205 |      | 178 | 125 | 205 |
|     |     |     |     |     | 40  | 109 | 73  |     | 40  | 109 | 73  |      | 40  | 109 | 73  |
| 加3点 | 85  | 33  | 148 |     | 47  | 101 | 202 |     | 47  | 101 | 202 |      | 47  | 101 | 202 |
|     | 173 | 128 | 79  |     |     |     |     |     | 216 | 33  | 134 |      | 216 | 33  | 134 |
|     | 65  | 199 | 95  | 加7点 | 85  | 33  | 148 |     | 44  | 165 | 215 |      | 44  | 165 | 215 |
|     |     |     |     |     | 173 | 128 | 79  |     |     |     |     |      | 32  | 220 | 171 |
| 加4点 | 85  | 33  | 148 |     | 65  | 199 | 95  | 加9点 | 85  | 33  | 148 |      | 240 | 168 | 217 |
|     | 173 | 128 | 79  |     | 178 | 125 | 205 |     | 173 | 128 | 79  |      |     |     |     |
|     | 65  | 199 | 95  |     | 40  | 109 | 73  |     | 65  | 199 | 95  |      |     |     |     |
|     | 178 | 125 | 205 |     | 47  | 101 | 202 |     | 178 | 125 | 205 |      |     |     |     |
|     |     |     |     |     | 216 | 33  | 134 |     | 40  | 109 | 73  |      |     |     |     |
| 加5点 | 85  | 33  | 148 |     |     |     |     |     | 47  | 101 | 202 |      |     |     |     |
|     | 173 | 128 | 79  |     |     |     |     |     | 216 | 33  | 134 |      |     |     |     |
|     | 65  | 199 | 95  |     |     |     |     |     | 44  | 165 | 215 |      |     |     |     |
|     | 178 | 125 | 205 |     |     |     |     |     | 32  | 220 | 171 |      |     |     |     |
|     | 40  | 109 | 73  |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |     |     |

图 5.2.3 图像 2 所增加颜色

### 5.3 问题三的分析与求解

### 5.3.1 问题分析

题目要求我们综合考虑颜色研发成本和表现效果来确定出增加哪些颜色,可以取得更好的视觉效果,且还能够有效控制成本。对于增强图像表现力的单目标问题来说肯定是颜色越丰富表现力越强。但是研发颜色种类越多,相应地成本也就越高,所以我们要提高对颜色的利用率。

查阅文献可知:

LAB 颜色空间: 是基于人眼对颜色的感知,可以表示人眼所能感受到的所有颜色。 L表示明度,A表示红绿色差,B表示蓝黄色差。

两个颜色之间的色差:

$$\Delta E=(\Delta L^2 + \Delta A^2 + \Delta B^2) \wedge (1/2)$$

ΔE 表示色差。

ΔL/ΔA/Δb分别表示两个颜色之间在不同分量的差值。

现在我们为了简化计算及保证计算效果,查阅文献可知:在 RGB 空间上通过公式计算出加权的欧式距离:

$$\begin{split} \bar{r} &= \frac{C_{1,R} + C_{2,R}}{2} \\ \Delta R &= C_{1,R} - C_{2,R} \\ \Delta G &= C_{1,G} - C_{2,G} \\ \Delta B &= C_{1,B} - C_{2,B} \\ \Delta C &= \sqrt{\left(2 + \frac{\bar{r}}{256}\right) \times \Delta R^2 + 4 \times \Delta G^2 + \left(2 + \frac{255 - \bar{r}}{256}\right) \times \Delta B^2} \end{split}$$

式 5.3.1

我们要找到一个衡量拼接瓷砖表现效果的量,将一个抽象问题转化为一个具象问题。 本文将采用加权的欧式距离来作为此量以衡量表现效果。

#### 5.3.2 模型Ⅲ 基于加权的欧式距离与利润分析法的优化模型

#### 1. 模型分析

由问题分析可知,我们设每研发一块瓷砖的成本为 a。研发 k 种颜色的新瓷砖的成本为 k\*a。

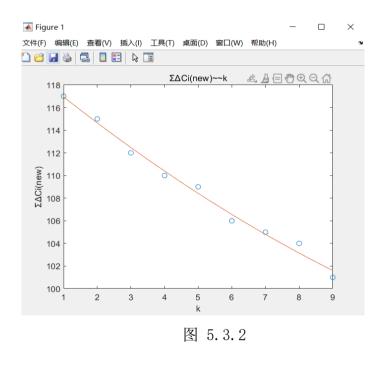
这样,我们便有了衡量"图像表现力"的量以及衡量成本的量。

在不加任何新瓷砖的情况下按照公式(5.3.1),计算出原本的拼接图像每一个目标点的 $\Delta c$ ,再对它们求和记为 $\Sigma \Delta c(old)$ ,

首先,我们按照问题一得出的结果,按照利润分析法的思想,我们可以把它看作未改变投资成本,"原本的总利润"。

今插入 k(0 <= k <= 10)个点,插点以后,图像对应目标点用这(22 + k 个)基本点近似代替。基本点组成的(22 + k)新的基本点组,我们按照(5.3.1)方法,重新计算图像所对应目标点与每一个新基本点组里的点加权的欧式距离 $\Delta c$ ,然后把这 216 个 $\Delta c$ 它们求和得 $\Sigma \Delta c$ 。根据插入点 k 从 1 到 10 的变化,一副图像得出 10 个这样的求和后的加权欧氏距离。它们可以看作我们常说的投资后的新利润。

我们首先要针对每 k 个新插入的基本点,组成的(22+k)个新的基本点组计算出图像所有目标点的近似点。然后按照公式(5.3.1),计算出目标点在新的基本点组拟合后的加权欧式距离 $\Delta C_i$ ,也称为加权色差。再计算所有的目标点的加权色差之和 $\Sigma \Delta C_i$  (new)。我们在此当作增加投资成本后的"新的总利润"看待。显然 $\Sigma \Delta C_i$  (new)会随着 k 的增大而减小,意义为图像的色差越来越小,表现力越来越好。



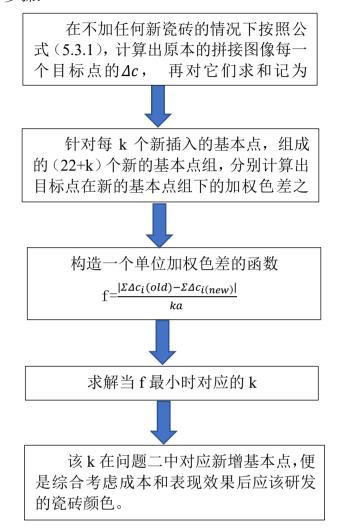
此时,类比"单位利润"的方法,构造一个单位加权色差的函数 f,

$$f = \frac{|\Sigma \Delta c_i(old) - \Sigma \Delta c_{i(new)}|}{ka}$$
  $\vec{\chi}$  (5. 3. 3)

我们当然希望单位成本内色差越小越好。因此,通过对 f 进行函数分析取使它为最小值时的 k 即可。由问题二得知插入这 k 个颜色的 RGB 坐标。此时便可得出结论。

## 2. 模型建立

具体步骤:



# 5.3.3 模型求解

通过 Python 程序的计算,得出综合考虑表现效果和成本研发最佳 k 的取值如下:

```
PS D:\twinkle\桌面\数学建模华中杯\solver> & D:/Python/Python39/python.exe d:/twinkle/桌面/数学建模华中杯/solver/ex3.py
188.55004260512742
186.59159701114122
184.591161282748014
181.872772-58272605
181.480743080556442
98.919827757909726
98.0042163951556
97.0789105405635539
94.146020653666004
93.0817664469279

对于图像1. 考虑成本与表现效果,应该添加的颜色种数为: 10
应该添加的几种颜色的值为 [195, 47, 153], [62, 199, 80], [32, 85, 204], [172, 118, 86], [174, 118, 213], [38, 111, 77], [40, 171, 226], [197, 27, 164], [35, 23
1, 199], [162, 216, 240]]

99.99541481221563
97.33926481331098
96.92774855354196
93.53144226667955
91.67758117633721
96.94543460384995
88.97411564726044
87.88091270267681
86.7390439853385
84.61374347322874

对于图像2. 考虑成本与表现效果,应该添加的颜色种数为: 10
应该添加的几种颜色的值为 [185, 33, 148], [173, 128, 79], [65, 199, 95], [178, 125, 205], [40, 109, 73], [47, 101, 202], [216, 33, 134], [44, 165, 215], [32, 2
20, 171], [240, 168, 217])
PS D:\twinkle\桌面\& 数学建模华中杯\solver>
```

图 5.3.4 最终求解结果

对于图像 1,考虑成本与表现效果. 应该添加的颜色种数为:10



应该添加的几种颜色的 RGB 为

[95,47,153]

[62,199,80]

[32, 85, 204]

[172,118,86]

[174,118,213]

[38, 111,77]

[40, 171, 226]

[197, 27, 164]

[35, 231, 199]

[162, 216, 240]

图 5.3.5

对于图像 2,考虑成本与表现效果, 应该添加的颜色种数为: 10



应该添加的几种颜色的 RGB 为

[85,33,148]

[173,128,79]

[65,199,95]

[178,125, 205]

[40,109,73]

[47,101,202]

[216,33,134]

[44,165,215]

[32,220,171]

[240,168,217]

图 5.3.6

# ★6 模型优缺点

### 6.1 模型优点

- 1. 本文模型都抓住了如何解决问题的本质,如将 RGB 带入三维坐标中计算等等, 使问题得以简化,更加便捷迅速得出适合的瓷砖颜色的方案。
- 2. 欧几里得空间距离模型使得求取 RGB 最接近问题的计算非常简洁明了。
- 3. 针对问题建模的时候,对问题进行了非常全面的分析,如针对问题三,我们全面分析了增加颜色种类对表现效果的影响会逐渐变化,也需要根据成本来进行分类讨论。使得出的数据更加具有说服力。
- 4. 在问题三中对拼接图像的表现效果进行了定量分析,并且我们创新性建立了单位成本的色差增益模型来综合考虑研发成本和表现力的关系,具有十分重要的意义。

### 6.2 模型缺点

- 1. **RGB** 模型获取色彩的方式和人眼对色彩感觉的方式是不同的,并没有直接的联系。
- 2. 用 RGB 比较颜色之间的相似度时,因为往往一个通道的一点改变,会导致最后融合在一起的颜色发生巨大变化,而如果三个通道的同时改变,却只会使最后的明暗发生变化,色调并不会产生巨大变化。
- 3. 问题三中采用的是优先对基本点使用较多的区域进行划分,当基本点使用的 次数相同时暂且没有设计一个算法判断优先对那个区域进行划分。

#### 6.3 模型优化

- 1. 由文献知, HSV 是一种最符合人类视觉的颜色空间,由 H (Hue)色相,S (Saturation)饱和度和 V (Value)纯度,三个分量组成,它也被称作六角锥体模型。因此我们可以考虑讲 RGB 空间变化到 HSV 空间进行讨论。在 HSV 空间上求解色差即不相似度会比在 RGB 空间上求取更具有现实意义。
- 2. 转化公式: 首先将 R, G, B 先归一化处理, 使其取值在 0 到 1 之间, H 分量的取值范围在 0 到 360 度之间, S 和 V 的取值范围都在 0 到 1 之间, 这时 RGB 到 HSV 的变换关系就可以表示如下:

$$V = \max(R, G, B)$$

$$S = \frac{\max(R, G, B) - \min(R, G, B)}{\max(R, G, B)}$$

$$H = \begin{cases} H' \times 60 , H' \ge 0 \\ H' \times 60 + 360, H' < 0 \end{cases}$$

其中:

$$H' = \begin{cases} \frac{G - B}{\max(R, G, B) - \min(R, G, B)}, R = \max(R, G, B) \\ 2 + \frac{B - R}{\max(R, G, B) - \min(R, G, B)}, G = \max(R, G, B) \\ 4 + \frac{R - G}{\max(R, G, B) - \min(R, G, B)}, B = \max(R, G, B) \end{cases}$$

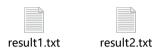
- 3. 查阅文献可知,人眼对亮度的感知是非线性的。从实验来看,这种非线性的曲线与每种颜色的曲线不同。呈现的加权欧几里德距离对于"红色"信号为 128 或更多(比例为 0-255)的颜色子集非常有效。
- 4. 因此我们可以将 22 个基本点中 R 分量所占的比重计算出,当出现问题二中基本 点使用的次数相同的问题时,可以通过比较此量来确定优先对哪个基本点的区域进行划分。
- 5. 为了最终确定准确问题三中应当研发几块不同颜色的瓷砖,需要对研发一块瓷砖成本 a 的大小进行实际的调查。

# 参考文献

- [1] 刘利. 基于图像处理的瓷砖色差在线检测方法研究[D]. 长春理工大学,2019 3.1;
  - [2] 张岩. 瓷砖色差的计算机视觉检测技术研究[D].天津大学,2010.6.1;
  - [3] 百度. RGB 颜色空间;
- [4] 牛凯博. 基于机器学习的图像认知区域增强算法研究[J]. 信息与电脑(理论版), 2021, 33(04): 71-73;
  - [5] 2019–2021, Thiadmer Riemersma, CompuPhase Updated: 2019-05-23;
- [6] Alman, D.H.; "Industrial color difference evaluation"; Color Research and Applic ation; No. 18 (1993); pp. 137-139

# 附录

# 附录1:图像1和图像2选色结果

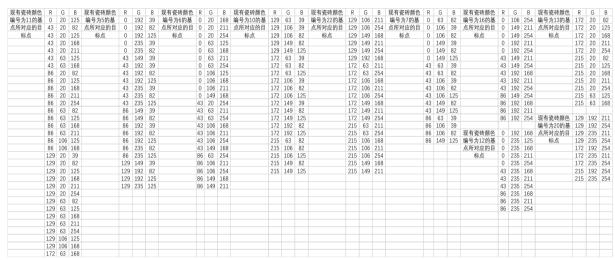


### 附录 2: 问题一程序代码



# 附录 3: 问题一所得到的数据

图像中每个具体的目标点用的具体基本点近似。的信息用 Excel 软件整理出 matlab 容易都出的形式并采用升序排列统计每个基本点使用的次数。全部数据形式如下:



图一对应使用次数最多基本点及对应目标点

| 现有瓷砖颜色  | R   | G  | В   | 现有瓷砖颜色  | R   | G   | В   | 现有瓷砖颜色 | R   | G   | В   | 现有瓷砖颜色  | R   | G   | В   | 现有瓷砖颜色 | R   | G   | В   | 现有瓷砖颜色 |    | G   | В   | 现有瓷砖颜色  | R   | G   | В   | 现有瓷砖颜色  | R   | G   | В   |
|---------|-----|----|-----|---------|-----|-----|-----|--------|-----|-----|-----|---------|-----|-----|-----|--------|-----|-----|-----|--------|----|-----|-----|---------|-----|-----|-----|---------|-----|-----|-----|
| 编号为11的基 | 7   | 19 | 134 | 编号为10的基 | 122 | 148 | 81  | 编号为5的基 | 2   | 232 | 102 | 编号为22的基 | 122 | 134 | 218 | 编号为7的基 | 5   | 155 | 54  | 编号为6的基 | 4  | 82  | 157 | 编号为13的基 | 155 | 1   | 89  | 编号为16的基 | 9   | 128 | 223 |
| 点所对应的目  | 24  | 22 | 166 | 点所对应的目  | 131 | 109 | 85  | 点所对应的目 | 18  | 213 | 89  | 点所对应的目  | 125 | 122 | 241 | 点所对应的目 | 7   | 73  | 50  | 点所对应的目 | 4  | 101 | 180 | 点所对应的目  | 190 | 24  | 57  | 点所对应的目  | 10  | 149 | 225 |
| 标点      | 29  | 13 | 166 | 标点      | 133 | 96  | 96  | 标点     | 20  | 209 | 123 | 标点      | 131 | 89  | 246 | 标点     | 11  | 141 | 85  | 标点     | 11 | 87  | 214 | 标点      | 193 | 45  | 191 | 标点      | 12  | 151 | 204 |
|         | 32  | 31 | 106 |         | 133 | 134 | 49  |        | 24  | 209 | 62  |         | 136 | 180 | 193 |        | 16  | 164 | 82  |        | 15 | 118 | 229 |         | 202 | 10  | 70  |         | 29  | 128 | 245 |
|         | 42  | 33 | 113 |         | 137 | 138 | 25  |        | 28  | 172 | 39  |         | 145 | 174 | 196 |        | 24  | 150 | 116 |        | 27 | 134 | 164 |         | 210 | 53  | 190 |         | 34  | 190 | 155 |
|         | 45  | 30 | 217 |         | 142 | 173 | 126 |        | 30  | 202 | 69  |         | 155 | 132 | 238 |        | 25  | 99  | 62  |        | 37 | 51  | 241 |         | 212 | 54  | 178 |         | 45  | 159 | 247 |
|         | 53  | 48 | 100 |         | 143 | 124 | 25  |        | 31  | 201 | 93  |         | 167 | 172 | 185 |        | 30  | 92  | 114 |        | 44 | 64  | 234 |         | 221 | 34  | 87  |         | 46  | 180 | 203 |
|         | 54  | 33 | 191 |         | 171 | 157 | 67  |        | 33  | 167 | 78  |         | 168 | 125 | 219 |        | 33  | 100 | 102 |        | 45 | 97  | 154 |         | 228 | 64  | 173 |         | 52  | 169 | 199 |
|         | 62  | 32 | 169 |         | 172 | 117 | 49  |        | 38  | 253 | 38  |         | 175 | 139 | 176 |        | 33  | 100 | 116 |        | 67 | 139 | 207 |         | 230 | 57  | 105 |         | 66  | 189 | 233 |
|         | 67  | 13 | 165 |         | 181 | 117 | 74  |        | 75  | 166 | 11  |         | 178 | 45  | 227 |        | 37  | 119 | 93  |        | 69 | 108 | 178 |         | 240 | 0   | 249 |         | 75  | 192 | 198 |
|         | 67  | 65 | 148 |         | 183 | 68  | 128 |        | 77  | 186 | 101 |         | 182 | 151 | 138 |        | 38  | 107 | 107 |        | 75 | 85  | 255 |         | 251 | 39  | 131 |         | 101 | 182 | 230 |
|         | 78  | 14 | 135 |         | 187 | 107 | 143 |        | 77  | 189 | 155 |         | 185 | 124 | 221 |        | 39  | 138 | 47  |        | 84 | 126 | 194 |         | 254 | 18  | 84  |         |     |     |     |
|         | 80  |    |     |         | 187 | 136 | 17  |        |     |     | 143 |         | 190 | 127 | 185 |        |     | 62  |     |        | 85 | 72  | 236 |         |     |     |     |         |     |     |     |
|         | 88  | 27 | 53  |         | 189 | 144 | 70  |        | 93  | 195 | 160 |         | 199 | 68  | 246 |        | 42  | 79  | 94  |        | 87 | 150 | 181 |         |     |     |     |         |     |     |     |
|         | 92  |    |     |         | 190 | 106 | 144 |        |     |     | 107 |         | 204 | 166 | 159 |        | 42  | 100 |     |        |    |     |     | 现有瓷砖颜色  | 1   | 253 | 203 | 现有瓷砖颜色  | 223 | 170 | 24/ |
|         | 92  | 50 | 83  |         | 192 | 130 | 40  |        | 95  | 149 | 110 |         | 207 | 63  | 219 |        | 56  | 127 | 91  |        |    |     |     | 编号为12的基 | 5   | 211 | 161 | 编号为8的基  | 235 | 191 | 250 |
|         | 92  | 93 | 140 |         | 194 | 87  | 71  |        | 109 | 160 | 70  |         | 209 | 94  | 217 |        | 76  | 82  | 33  |        |    |     |     | 点所对应的目  | 13  | 245 | 154 | 点所对应的目  | 239 | 174 | 23: |
|         | 97  | 37 | 103 |         | 200 | 140 | 102 |        | 120 | 236 | 121 |         | 218 | 122 | 238 |        | 86  | 91  | 9   |        |    |     |     | 标点      | 16  | 215 | 221 | 标点      | 243 | 145 | 243 |
|         | 101 | 40 | 196 |         | 212 | 144 | 63  |        | 129 | 207 | 115 |         | 225 | 145 | 175 |        | 114 | 90  | 27  |        |    |     |     |         | 19  | 193 | 147 |         | 244 | 176 | 119 |
|         | 110 | 30 | 166 |         | 214 | 181 | 124 |        | 135 | 250 | 114 |         | 229 | 120 | 153 |        |     |     |     |        |    |     |     |         | 30  | 225 | 169 |         | 248 | 191 | 23/ |
|         | 113 | 2  | 253 |         | 230 | 141 | 90  |        |     |     |     |         |     |     |     |        |     |     |     |        |    |     |     |         | 34  | 192 | 146 |         | 250 | 131 | 201 |
|         | 115 | 25 | 109 |         |     |     |     |        |     |     |     |         |     |     |     |        |     |     |     |        |    |     |     |         | 73  | 207 | 179 |         |     |     |     |
|         | 120 | 4  | 144 |         |     |     |     |        |     |     |     |         |     |     |     |        |     |     |     |        |    |     |     |         | 94  | 242 | 160 |         |     |     |     |
|         | 123 |    |     |         |     |     |     |        |     |     |     |         |     |     |     |        |     |     |     |        |    |     |     |         |     |     |     |         |     |     |     |
|         | 130 | 12 | 155 |         |     |     |     |        |     |     |     |         |     |     |     |        |     |     |     |        |    |     |     |         |     |     |     |         |     |     |     |
|         | 143 |    |     |         |     |     |     |        |     |     |     |         |     |     |     |        |     |     |     |        |    |     |     |         |     |     |     |         |     |     |     |
|         | 146 |    |     |         |     |     |     |        |     |     |     |         |     |     |     |        |     |     |     |        |    |     |     |         |     |     |     |         |     |     |     |
|         | 178 | 68 | 154 |         |     |     |     |        |     |     |     |         |     |     |     |        |     |     |     |        |    |     |     |         |     |     |     |         |     |     |     |

图二对应使用次数最多基本点及对应目标点

# 附录 4: 问题二程序代码

2. 将上述 Excel 整理出来的信息导入到 matlab 中,其中每一个基本点所对应的目标点颜色( $R_i$ , $G_i$ , $B_i$ )分别用  $X_i$ , $Y_i$ , $Z_i$  存放。显然, $X_i$ , $Y_i$ , $Z_i$  都是行数为目标点使用次数,列数为 3 的矩阵。

```
2.function zd2(x,y,z)
```

```
P=[x,y,z];
p0 = mean(P, 1);
p = fminunc(@obj, p0, [], P)
function f = obj(p, P)
p = repmat(p, size(P,1), 1);
f = norm(p-P)
在命令行通过输入
```

>>>zd2(Xi,Yi,Zi)

可以得出该基本点所确定的区域 V 内到所有目标点的距离最短的新增点  $(R_N,G_N,B_N)$  .

```
命令行機□
p =
215. 5000 33. 2500 133. 6667
```

4. 依次重复上述步骤,可以求出 RGB 空间划分 10 个区域后新增点的坐标。

# 附录 5: 问题三程序代码



问题3.docx