

队伍编号	MC2204512
题号	D

## 基于 DBSCAN 聚类的移动通信站址规划

### 摘要

移动通信网络站址规划是电信运营商服务实践的重中之重，就移动通讯而言，基站部署的位置将会影响整体电信运营商的服务品质。对于给定弱覆盖点，业务量及现网站址坐标，本文通过建立 dbscan 聚类模型，使用分治，贪心算法，研究了不同情况下基站选址规划的方法以及对应的区域聚类。

对于问题一，针对不同业务量的弱势点进行了分类，针对不同的类型采取具有针对性的算法参数和基站类型。为避免计算资源的浪费，提高运算效率，实验采取了分治思想对各类型的弱势点进行分类。针对每一类的弱势点采取 DBSCAN 聚类模型寻找各簇质心作为基站坐标。在得到了基站初步位置之后，采取广度优先搜索算法寻找冲突点的替换位置。最终，我们建造了 2980 个基站，其中宏基站 372 个，微基站 2608 个，共花费成本 6328，覆盖了 90.0098% 的业务量。

对于问题二，基站从圆形覆盖变成了扇形覆盖，我们根据题中所给条件建立极坐标系，求得了其覆盖半径与扇区角度的变化关系，并对基站附近的弱覆盖点进行系统聚类。以扇区主方向夹角作为约束条件，角度 $\theta$ 作为决策变量，在问题一的选址基础上进行贪心算法的求解，我们随意选择了一个宏基站站址作为典型分析，寻找到满足覆盖业务量大于 90% 的最佳扇区角度依次为：66.0477°，157.3801°，247.3196°。然后按照这个方法对总体进行求解得到扇区主方向，并对不满足覆盖要求的点进行了调整，其对应的业务量覆盖率可达到 91.926%，但成本也增加了。

对于问题三，我们根据题目中给定的距离范围以及两个即可为一类的条件建立了以 20 为邻域，2 为最小核心点数的 DBSCAN 聚类模型。用 MATLAB 中的 DBSCAN 函数进行聚类，这个函数足够快，经我们测试也适用于几十万条数据，满足题中的较快条件，并完成了对应的可视化。进行聚类操作后，我们将其分为 2673 类（不包含噪音点），其中包含样本点最多的是第 33 类，其中有 12157 个样本点。

最后，给出了模型的优缺点和推广改进办法。

关键词：DBSCAN 聚类 贪心算法 5G 基站选址 分治算法 系统聚类

# 目录

一、 问题重述 .....	1
二、 问题分析 .....	1
2.1 问题 1 的分析 .....	1
2.2 问题 2 的分析 .....	1
2.3 问题 3 的分析 .....	1
三、模型的假设与约定 .....	2
四、定义与符号说明 .....	2
五、模型的建立与求解 .....	2
5.1 问题 1: .....	2
5.1.1 XXXXX .....	2
5.1.2 模型的设计与实现 .....	3
5.1.3 结果展示 .....	3
5.2 问题 2: .....	3
5.2.1 XXXXX .....	3
5.2.2 模型的设计与实现 .....	3
5.2.3 结果展示 .....	3
5.3 问题 3: 弱覆盖点的聚类问题 .....	3
5.3.1 问题分析 .....	3
5.3.2 模型的设计与实现 .....	4
5.3.3 最终结果 .....	4
六、 模型的评价与推广 .....	5
6.1 误差分析 .....	5
6.2 模型的优点 .....	5
6.3 模型的缺点 .....	5
6.4 模型的推广 .....	5
参考文献 .....	6
附录 .....	8

# 一、问题重述

## 1.1 问题背景

随着 5G 的发展以及运营规模的扩大,网络规划变得更加重要,设计难度也越来越大,移动通信基站的规划选址变得越来越复杂。考虑到基站的建设成本,通信技术发展,业务需求等诸多因素,时常可能无法解决所有弱覆盖区域,这时候就需要多考虑业务量的因素,尽量优先解决业务量高的弱覆盖区域。

## 1.2 目标任务

因此请针对 5G 网络基站选址的优化分析问题展开如下的分析建模:

**问题 1:** 给定一定数量的弱势点坐标及业务量,在避免与新基站信号相互干扰的前提下,部署宏基站与微基站在尽量减少成本的情况下保证业务覆盖率达到 90%以上;

**问题 2:** 考虑实际应用中,每个基站三个扇区指向方向中只在主方向上覆盖范围最大,所以需要考虑最优主方向,主方向左右各六十度的一个线性减弱的扇区为可覆盖范围,在第一问选出的站点上,逐一选出每个基站的三个最优主方向。问在最优站址和扇区角度的条件下,新建站能否使得占总业务量百分之九十的弱覆盖点被覆盖;

**问题 3:** 弱覆盖点区域聚类后可以得到弱覆盖区域,通过分开管理不同的弱覆盖区域,可以更加优秀的解决弱覆盖问题,尝试对所有弱覆盖点进行总时间复杂度尽量低的聚类。

# 二、问题分析

## 2.1 问题 1 的分析

问题一要求我们根据题目中所给出的附件 1 和附件 2 的数据进行分析,本实验将弱势点分为三个类型针对各个类型的特点定制方案进行实验。通过观察附录图像可以看出,随着阈值业务量的增加,阈值以上的点的离散性愈发明显。针对高业务量的弱势点分布情况,本实验发现,其分布呈现出“小聚居,广散居”的特点。结合本实验在数据分析部分的推测:这是一个城市部分的遥感图。具有“广散居,小聚居”的特点是合理的。这是因为部分街区会有少量的商务区或商业街,我们称这种区域为“繁荣区”,这就导致了该区域内的业务量远超该街区的其他位置,形成了“小聚居”。而“繁荣区”之间距离太近会产生竞争,导致两败俱伤,故新增的“繁荣区”会在远离老“繁荣区”的街区产生去挖掘新的街区的用户,便形成了“广散居”。针对低业务量的弱势点分布情况,本实验发现,其分布几乎覆盖了各个街区的所有部分。结合到实际情况分析不难看出,这些是各个街区居住或工作的市民日常生活产生业务量。

## 2.2 问题 2 的分析

问题二要求我们在问题一的理想圆盘覆盖的前提下,作进一步探讨,将圆盘覆盖改为三个扇形区域的覆盖,得出满足能够覆盖总业务量超过 90%的站址以及扇区方向。其中有三个扇区主方向,覆盖范围为主方向左右  $60^\circ$  内,我们可以求解对应角度与覆盖半径的关系便于求解。由于是三个分

散的方向，所以我们考虑使用聚类模型将周围的弱覆盖点的角度远近进行分类。要使得扇区能够充分利用我们可以采用贪心算法来求解并且将不满足的点位置进行调整。

## 2.3 问题 3 的分析

问题三要求我们对题目所给的弱覆盖点进行较快的聚类处理，要求以 20 米为界限，点与点之间距离低于 20 米则归为一类，且点与点之间具有传递性，可以由中间点到达边缘点。由此我们需要建立聚类模型，但由于数据范围过大，且疏密不一，不易确定分类个数，所以我们采用了无需提前设置类别数的 KBSCAN 聚类模型，确定其阈值大小以及核心点个数来对问题进行求解，并对结果可视化。

## 三、模型的假设与约定

- 1.假设区域内无高大建筑山峰等阻碍基站点覆盖；
- 2.基站的覆盖范围是如题描述的理想规则图形；
- 3.整个基站覆盖性稳定，不会出现波动；
- 4.不考虑基站损坏及老化问题；
- 5.不考虑天气自然灾害等对新老基站的损坏。

## 四、定义与符号说明

符号定义	符号说明
$\epsilon$	邻域值
$minpts$	类中最少点个数
$R$	基站理想覆盖范围
$r$	基站实际覆盖范围
$\theta$	弱覆盖点与基站水平方向的夹角

## 五、模型的建立与求解

### 5.1 问题一模型的建立与求解

对于本题中所给的数据，我们首先进行数据的预处理。由于原附件 1 文件较大，普通电脑直接对其进行处理会导致内存溢出，我们需要先将原文件分割为个子文件；并且为了避免附件 2 可能存

在的数据重复对模型建立产生干扰，我们还进行了初筛的预处理，将重复的原基站点进行了去重操作。

5.1.1 模型准备

step1 画出概况图 5.1.1

附件 1 中是筛选出该区域中的弱覆盖点的信息，包括每个点的坐标和业务量。文件中共包含了 182806 个弱势点，分布情况如图 1。

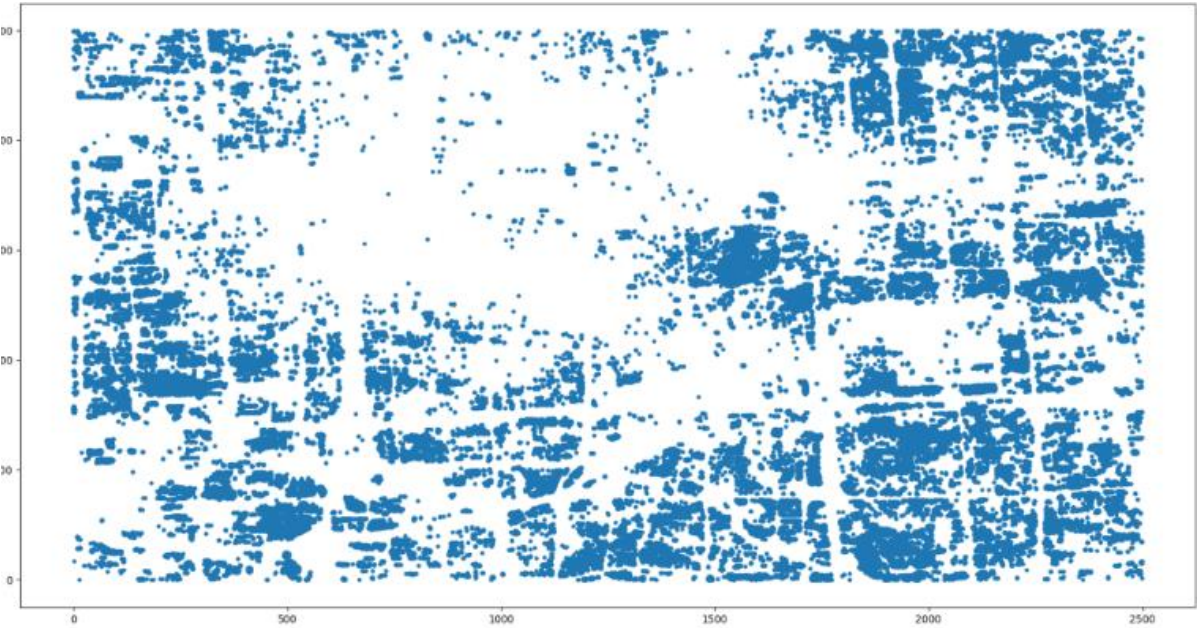


图 1 所有弱势点分布

step2 弱覆盖点数据统计

根据实际生活中运营商在设置 5G 基站时会优先选择业务量多的区域的经验，本实验中对 182806 个弱势点根据业务量进行统计如表格 1，各个业务范围弱势点分布图见附录。

表格 1 各业务量弱势点一览表

业务量范围	弱势点数量占比	业务量
>0	100.00%	100.00%
>10	33.58%	96.05%
>20	23.44%	92.28%
>30	18.22%	88.96%
>50	12.61%	83.31%
>100	6.89%	72.89%
>200	3.30%	59.86%

>500	0.97%	41.68%
>1000	0.36%	31.00%
>2000	0.15%	23.66%
>5000	0.05%	15.40%
>10000	0.01%	8.99%

根据表格 1 内容可知，少量的弱势点占据了大多数的业务量，这是一个典型的金字塔型结构。为了直观看出弱势点业务量分布情况，本实验绘制了业务量热力图如图 2。

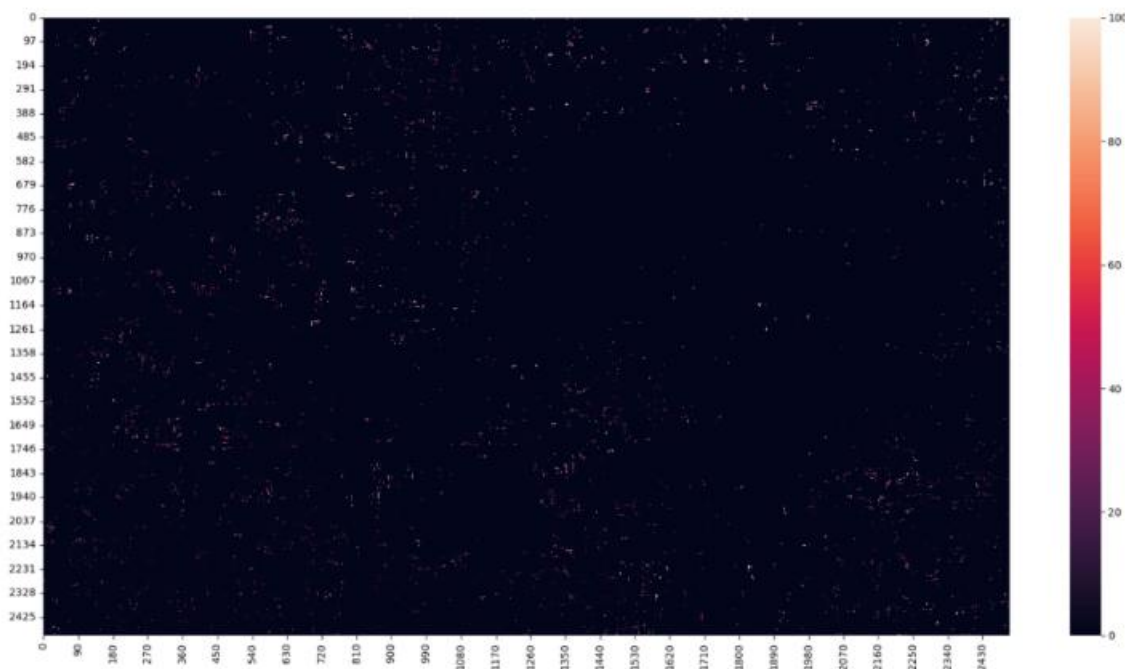


图 2 业务量热力图

根据表格 1 统计信息可知，业务量在 100 以上的弱势点虽然在数量上仅占有所有弱势点数量的 6.89%但其业务量却占总体业务量的 72.89%，属于数据极少量的弱势点占据了大多数的业务量。而业务量在 30 以下的弱势点虽然在数量上占据了绝对优势达到了 81.78%但其业务量仅占总体业务的 11.04%。因此在接下里的实验中，本团队将弱势点分为三类：

- 业务量在 100 以上的弱势点
- 业务量在 30~100 之间的弱势点
- 业务量在 30 以下的弱势点

通过根据不同类别的弱势点采取不同基站部署策略的方式以较小的成本达到最大的业务量覆盖。

## 5.1.2 模型的设计

①图像分块：由于即使进行了弱势点分类针对每一类弱势点单独进行基站部署，但计算量仍过高，为了避免计算资源的浪费，同时结合问题分析部分的内容，本实验采取了分治思想，将每个街区分成一块或多块，这样既可以提高运算效率，也更适合后续 DBSCAN 聚类算法找出簇中心从而确定基站位置。

②DBSCAN 聚类算法：本实验对三个类型的弱势点采取独立计算基站位置的方案。三个类型的弱势点周围的基站部署方案均采用 DBSCAN 聚类算法得出，但针对于不同部分的弱势点，DBSCAN 算法的参数也会做相应的调整。

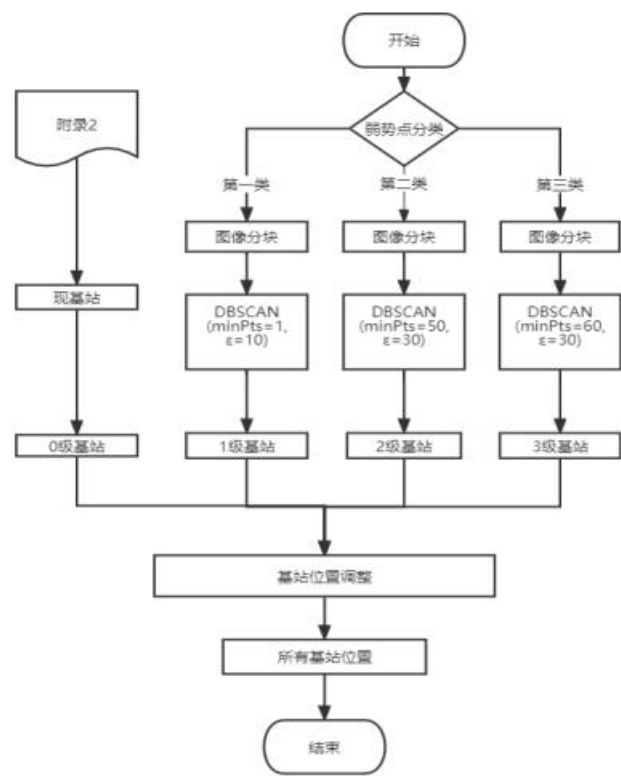


图 3 模型一实现流程图

③基站位置调整：由于本实验对三个类型的弱势点采取独立计算基站位置的方案，在部署基站的过程中并排除基站相互干扰的影响，故需要在得出各个类型基站位置后进行后续调整。

5.1.3 模型的实现

5.1.3.1 图象分块

(1) 分块方式

将各个部分的弱势点用 python 语言第三方库 matplotlib 可视化，再通过库中 ginput 函数获取鼠标点击图像的具体位置，然后将该位置左上角部分的弱势点划分为一个块，同时将该块内的点在原有图像上抹除，重复该过程直至图像上再无弱势点，即完成了所有弱势点已被分块完毕。

(2) 分块依据

过观察各个类型的弱势点分布，将同一街区分为一块。

(3) 分块结果

表格 2 各类型弱势点分类情况

弱势点类型	业务量范围	块数
第一类	业务量>100	120
第二类	30<业务量≤100	60
第三类	业务量≤30	60

5.1.3.2 DBSCAN 聚类算法

(1) 算法思想

DBSCAN 是一种密度聚类算法，既可以适用于凸样本集，也可以同样适用于非凸样本集。DBSCAN 算法最显著优点是运算速度快且能够有效处理噪声点和发现不限形状的空间聚类。

该算法利用基于密度的聚类的思路，即要求聚类空间中的有限区域内所包含对象（点或其他空间对象）的数量不小于某一给定阈值。过滤低密度区域，发现稠密度样本点。同一类别的样本，他们之间的紧密链接，也就是说，在该类别任意样本附近一定有同类别的样本存在。

(2) 参数设置

表格 3 各类型弱势点采取 DBSCAN 算法参数

弱势点类型	MinPts	eps
第一类	1	10
第二类	50	30
第三类	60	30

(3) 执行结果

表格 4 各级别基站情况

基站级别	基站情况
1	2613 个微基站
2	137 个宏基站
3	239 个宏基站

5.1.3.3 基站位置调整

(1) 调整方式

本实验将现有基站定义为 0 级基站。覆盖第一部分弱势点（业务量在 100 以上的弱势点）的基



站定义为 1 级基站。覆盖第二部分弱势点（业务量在 30~100 的弱势点）的基站定义为 2 级基站。覆盖第三部分弱势点（业务量在 30 以下的弱势点）的基站定义为 3 级基站。采取先部署数字级别低的基站，再部署数字级别高的基站的方案。若数字级别高的基站与数字级别低的基站发生冲突或同数字级别的基站发生冲突则采用广度优先搜索算法在原位置附近就近找到新的位置部署，若在原有范围 10 格内仍无法找到可部署的位置，则放弃。如图 5

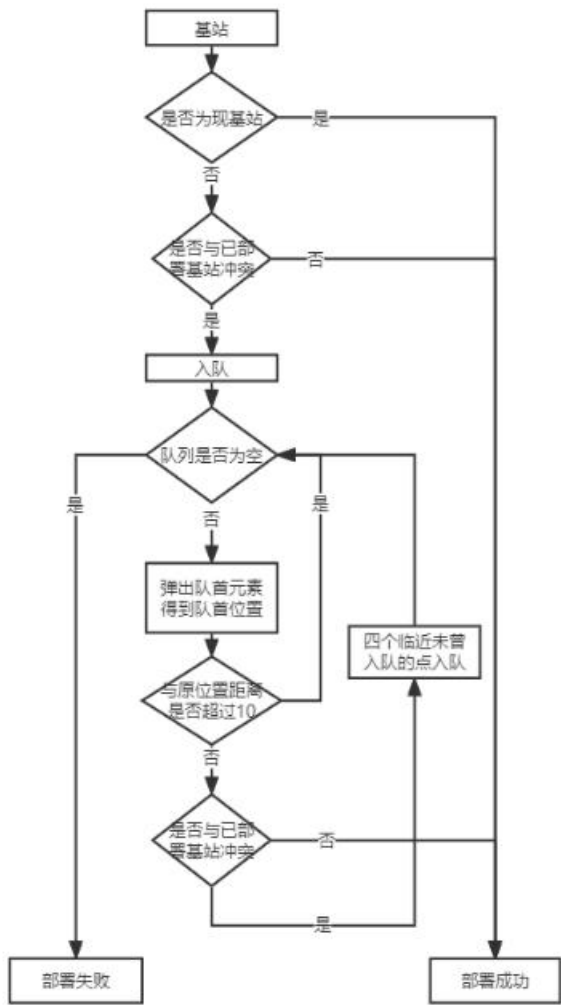


图 4 基站位置调整流程图

(2) 调整结果

表格 5 调整步骤数据统计

基站调整类型	数量	占比
无需调整	4059	90.95%
可调整并已修改	395	8.85%
无法调整已删除	9	0.20%

5.1.4 结果展示

共产生了 2980 个基站，其中宏基站 372 个，微基站 2608 个，共花费成本 6328，覆盖了 90.0098%的业务量，如表格 6。（篇幅原因我们只列举前三十种）

序号	x	y	序号	x	y	序号	x	y
1	0	948	11	5	1817	21	22	2467
2	0	1232	12	6	1877	22	24	1958
3	0	2381	13	6	2496	23	28	921
4	1	992	14	7	1579	24	28	1278
5	2	86	15	7	1701	25	29	2483
6	2	1072	16	7	1751	26	30	989
7	2	1268	17	7	2452	27	32	886
8	4	1279	18	9	1675	28	33	2277
9	5	1208	19	14	141	29	33	2453
10	5	1352	20	17	2217	30	34	744

表格 6 微基站坐标

序号	x	y	序号	x	y	序号	x	y
1	8	1737	11	79	132	21	100	133
2	17	988	12	81	1898	22	103	2272
3	27	600	13	82	1358	23	105	97
4	52	567	14	87	1367	24	127	1790
5	59	2378	15	88	900	25	131	204
6	61	1600	16	89	134	26	140	1668
7	63	567	17	90	1516	27	143	586
8	69	1890	18	91	802	28	151	432
9	74	1286	19	95	970	29	154	2332
10	77	1265	20	97	589	30	159	1701

表格 7 宏基站坐标

表格 8 各种基站数量及花费统计

基站类型	基站数量	花费	覆盖业务量
微基站	2608	2608	18.72%
宏基站	372	3720	71.28%
总计	2980	6328	90.00%

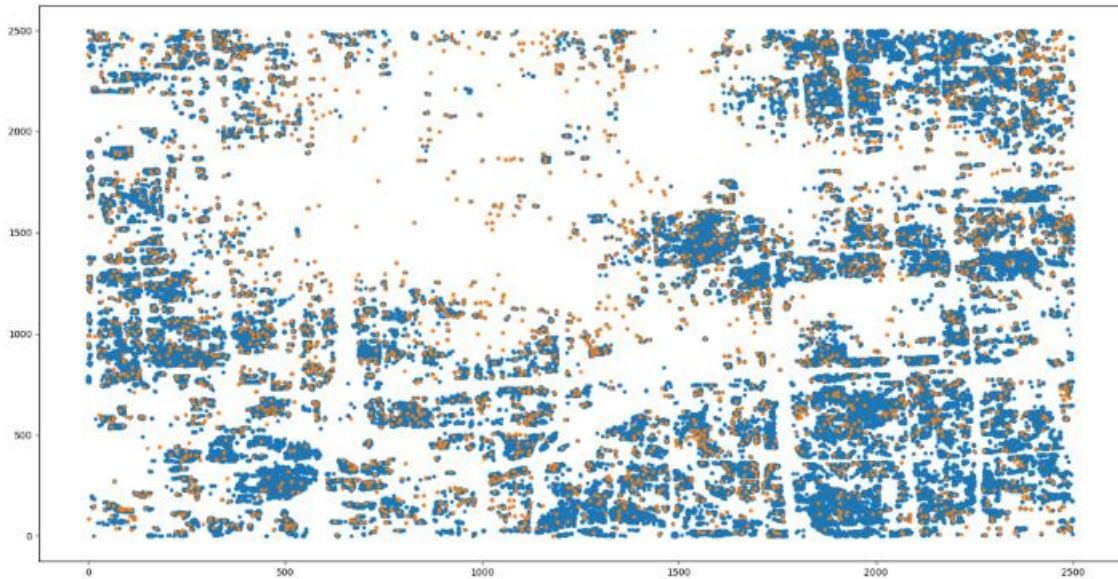


图 5 所有基站分布

## 5.2 问题二模型的建立与求解

问题二基于问题一的设定有了更加深入的研究，要求我们将原先的全圆覆盖变为三个扇形覆盖来处理，在角度设置上找到可以达到超过 90% 的覆盖率。

### 5.2.1 模型准备

问题二中提到了在主方向左右 60° 范围可以覆盖但覆盖范围按线性逐渐缩小，而超过 60° 则无法覆盖。我们根据题意建立对应的  $\rho$ - $\theta$  极坐标系：

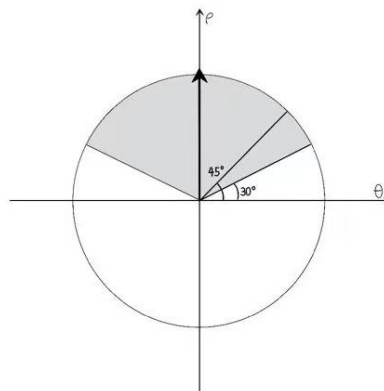


图 6 扇区覆盖区域模拟图

实际覆盖半径为  $r$ ，基站理想半径为  $R$ ， $\theta$  为覆盖半径与水平轴的夹角，可得实际覆盖半径公式为：

$$r = k\theta + b$$

根据题中在 60° 时覆盖范围为主方向覆盖范围的一半即  $R/2$ ，所以有：

$$R/2 = \Pi/6 * k + b$$

$$R = \Pi/2 * k + b$$

解得：

$$k = 3R/2\Pi, \quad b = R/4$$

$$r = 3R/2\Pi * \theta + R/4$$

可得覆盖范围  $cover(\theta) = \int_{\theta}^{\theta+\frac{\pi}{3}} \pi r^2$  (记得改成公式)

## 5.2.2 模型的设计与实现

我们首先以题目一中得到的坐标为（17，988）的宏基站为例进行试验，求解其在覆盖范围上的约束条件与弱覆盖点之间角度的变化，得下图：

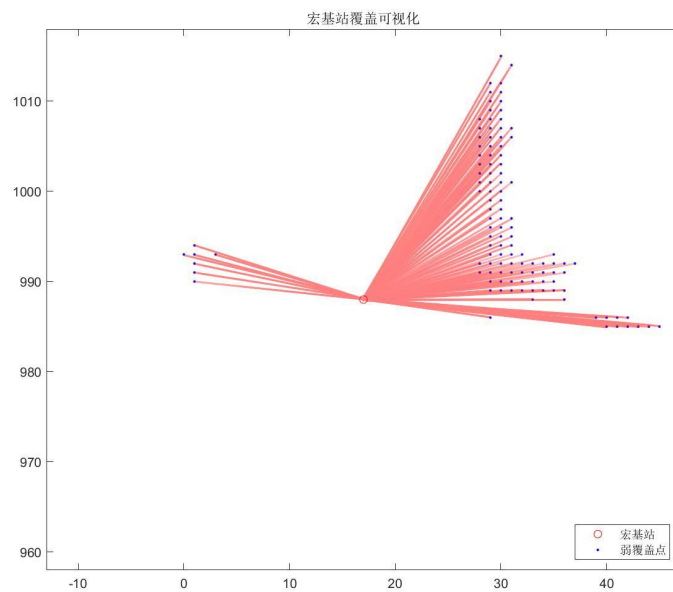


图 7 单个宏基站覆盖可视化

由图可看出不同方向弱覆盖点的聚集情况，我们可以使用系统聚类法来得到三个主方向的度数，将其聚为三类，代表三个主方向，系统聚类法流程图如下：

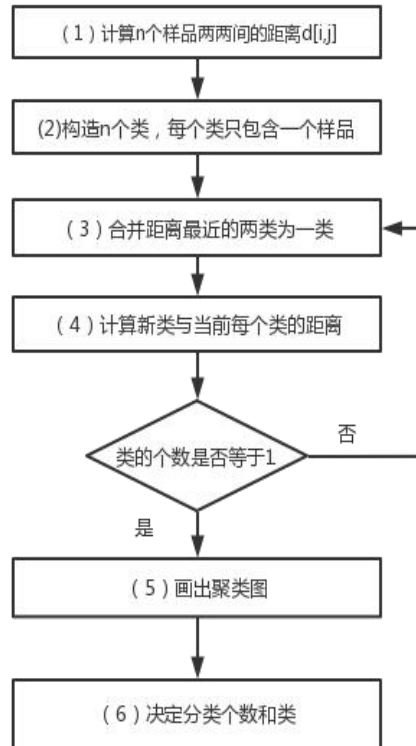


图 8 系统聚类法流程图

我们使用 spss 对其进行系统聚类得对应谱系图, 并且将其划分得到我们所需的三个类再在类中进行角度的求解。

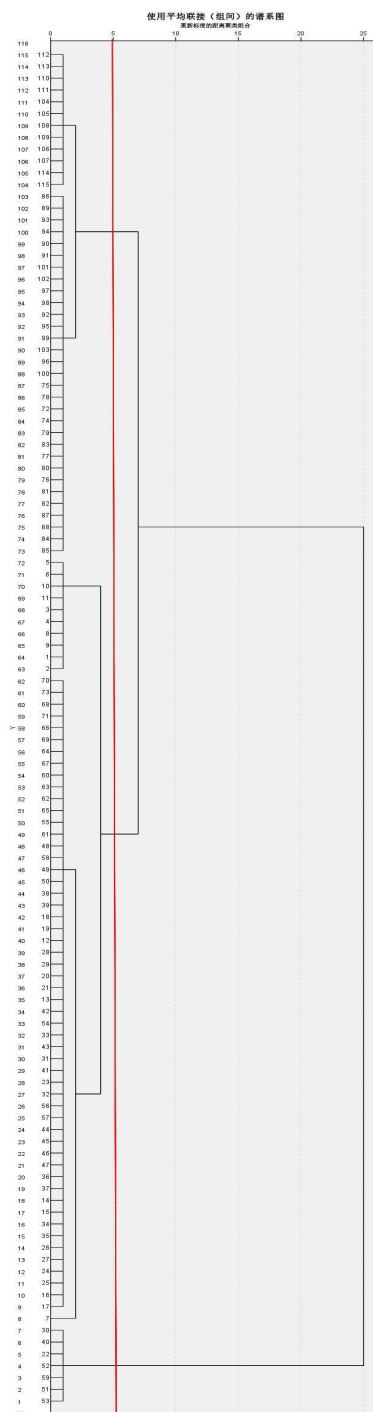


图 9 弱覆盖点系统聚类系谱图

最后，我们用贪心算法搜索求解出这个基站三个扇区覆盖的能够满足覆盖要求的角度分别为  $66.0477^\circ$ ， $157.3801^\circ$ ， $247.3196^\circ$ 。

### 5.2.3 结果展示

由此我们可以使用这个方法依次对各基站的三个扇区角度进行求解，并且每求解完一个基站后将已经被覆盖到的弱覆盖点进行去除，以便于计算下一个角度的求解，如果不能满足需求，我们则将其在较小范围内搜索再次确定坐标。最后得到下表，覆盖率可达到 91.926%，不过成本变大了。

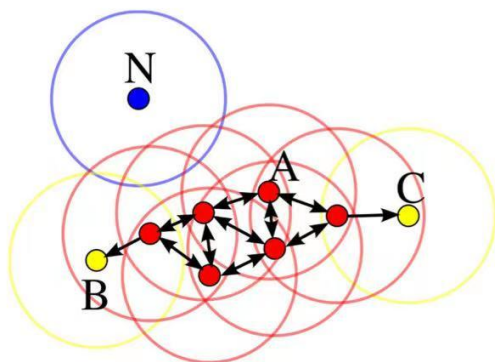
X	Y	类别	角度 1	角度 2	角度 3
2227	2442	微基站	52.84472065	131.3967327	231.951603
1872	2441	微基站	73.8633363	139.7093871	263.1159466
2166	2440	微基站	49.74416268	106.0203039	249.4435705
1848	2439	微基站	57.29268511	131.3705458	266.2684675
1926	2439	微基站	70.01989253	122.3039901	246.6699072
1824	2436	微基站	51.12689015	131.1914301	232.9736838
1885	2436	微基站	48.36652057	100.735495	261.3591583
2069	2436	微基站	54.37498065	107.0347351	260.8845384
657	2435	微基站	44.33361715	134.6920111	259.374286

表格 9 微基站角度选择

## 5.3 问题三模型建立与求解

### 5.3.1 DBSCAN 模型

从题目观察来看这是一个典型的聚类问题,要求将距离不大于 20 的弱覆盖点聚集起来,并且带有传递性。而聚类问题常使用 Kmeans 算法,通过查阅资料发现 K-means 算法具有简单易行、高效性等优点。但是,该算法具有对初值选择的依赖性和敏感性、易受孤立点影响、易陷入局部最优等缺点。[10]由于题中要求我们可以更好得知领域值以及最小核心点数,所以我们最终决定使用 DBSCAN 模型来对问题三进行求解。



在这幅图里,  $\text{MinPts} = 4$ , 点 A 和其他红色点是核心点, 因为它们的  $\epsilon$ -邻域 (图中红色圆圈) 里包含最少 4 个点 (包括自己), 由于它们之间相互可达, 它们形成了一个聚类。点 B 和点 C 不是核心点, 但它们可由 A 经其他核心点可达, 所以也和 A 属于同一个聚类。点 N 是局外点, 它既不是核心点, 又不由其他点可达。

图 10 DBSCAN 聚类算法原理图

### 5.3.2 模型的设计与实现

我们调用 MATLAB 中自带的 DBSCAN 函数进行求解, 并通过以下步骤完成实现:

**step1.**根据题目要求的距离以及两个弱覆盖点便可归为一类, 我们可以将邻域值  $\text{Eps}$  设置为 20, 核心点最小个数  $\text{Minpts}$  设置为 2, 即单一独立的点为噪音点不参与归类。

**step2.**基于这个模型对各簇中的样本点进行了统计, 将其排序得到最大的簇编号和其中的样本点个数。

**step3.**对分类所得进行可视化, 并完善可视化效果。



5.3.3 最终结果

我们根据 DBSCAN 聚类模型得出可将给定的弱覆盖点分为 2673 种（去掉噪音点），最终能得出最大种类为第 33 类，其中有 12157 个样本点，分类如下表：

序号	样点数	类别	序号	样点数	类别
1	12751	33	11	3588	696
2	10532	55	12	2855	56
3	10268	31	13	2779	26
4	6469	34	14	2671	100
5	6088	50	15	2639	30
6	5648	4	16	2525	906
7	5627	53	17	2408	85
8	5075	25	18	2292	13
9	4897	124	19	2258	8
10	3614	404	20	2172	164

表格 10 分类情况（部分）  
（篇幅原因我们只列举前二十种）

分类图可视化：

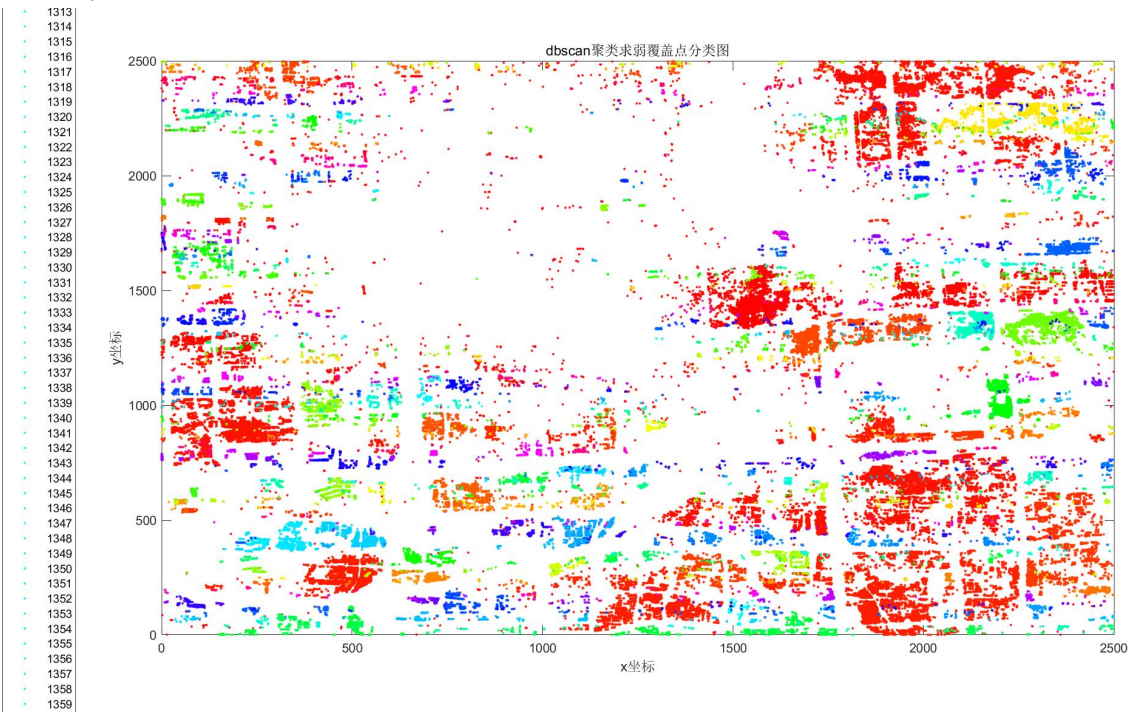


图 11 分类图可视化

由于类别多色彩种类少，所以上图会有重复的颜色出现来表示不同的簇，所以我们选择随机展示几个种类的簇，下面是示例，其中一种彩色是一个簇，随机显示 9 种，其余显示为黑色，但由于面积大而簇较小，所以显示并不是很明显。



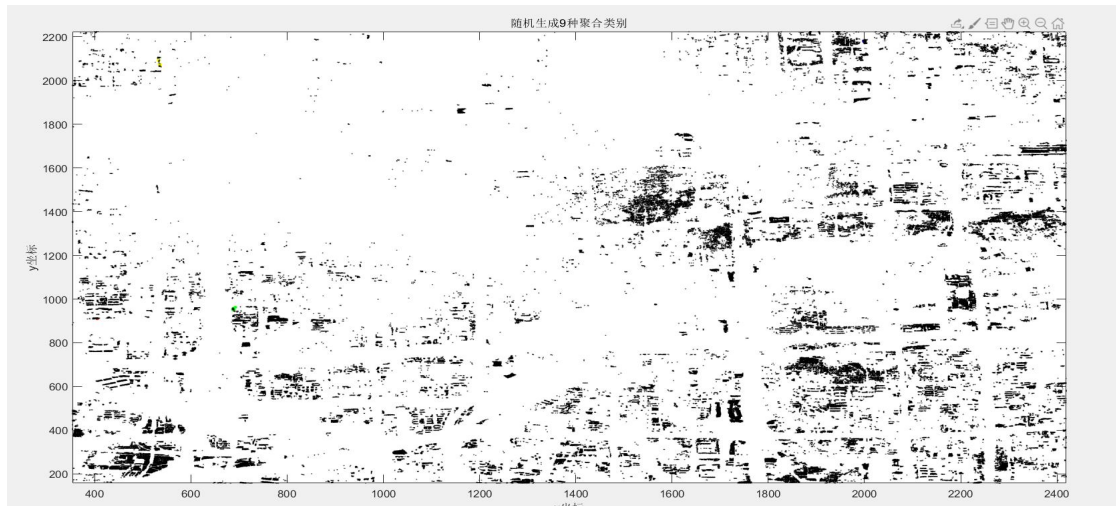


图 12 随机显示 9 种类别效果图

## 六、模型评价与改进

### 6.1 模型的优点

1. 模型在一定程度上精确巧妙的描述了基站选址问题，且对其进行了相当的简化，易于理解和操作，大大减少了人力选址计算计算的工作量。
2. 在该问题提供的数据规模量中，程序运行的时间较短，占用空间较少。
3. 使用 DBSCAN 聚类算法不用最初就考虑分类的个数，且题目中给到的范围正好可以规避掉其对领域值敏感的缺点，可以较准确地解决题中聚类问题
4. 使用贪心算法可以尽可能以最小的成本得到最大覆盖值。

### 6.2 模型的缺点

1. 由于机器学习具有不确定性，模型始终具有一定误差；
2. 模型难以直接检验。
3. 未对聚类效果进行检验，无法判断聚类效果是否好
4. 易陷入局部最优解

### 6.3 模型的改进建议

我们可以设计计算聚类模型对应的戴维森堡丁指数来评判我们的聚类效果是否好

## 参考文献

- [1] 金伟正, 宋超, 罗义军. 基于人工鱼群算法的电力无线专网基站选址规划[J]. 武汉大学学报(工学版), 2021, 54(06): 551-556. DOI:10.14188/j.1671-8844.2021-06-010.
- [2] 曾海燕, 郑鑫. 基于 5G 移动通信基站选址方法的探究[J]. 智能计算机与应用, 2020, 10(05): 231-232+237.
- [3] 覃和仁, 关琳, 谢胜利. 求解无线网络基站选址问题的一种改进遗传算法[J]. 计算机工程与应用, 2004(15): 72-73+191.
- [4] 朱思峰, 陈国强, 张新刚, 李强. 多目标优化量子免疫算法求解基站选址问题[J]. 华中科技大学学报(自然科学版), 2012, 40(01): 49-53. DOI:10.13245/j.hust.2012.01.001.
- [5] 孙璐, 梁永全. 融合网格划分和 DBSCAN 的改进聚类算法[J/OL]. 计算机工程与应用: 1-9[2022-04-17]. <https://kns-cnki-net.webvpn.ncut.edu.cn/kcms/detail/11.2127.TP.20220228.0904.006.html>
- [6] 张巧, 杨红雨, 刘洪, 刘宇, 闫震. 基于自适应 DBSCAN 的雷达目标跟踪算法[J]. 四川大学学报(自然科学版), 2021, 58(01): 43-49. DOI:10.19907/j.0490-6756.2021.012001.
- [7] 李玉, 王利, 周志平, 赵卫东. 基于 DBSCAN 聚类改进随机森林算法的专利价值评估方法[J]. 科学技术与工程, 2020, 20(14): 5673-5679.
- [8] 郭艳婕, 杨明, 侯宇超, 孟铭. 基于相似性度量的改进 DBSCAN 算法[J]. 数学的实践与认识, 2020, 50(06): 164-170.
- [9] 曲金博, 王岩, 赵琪. DBSCAN 聚类和改进的双边滤波算法在点云去噪中的应用[J]. 测绘通报, 2019(11): 89-92. DOI:10.13474/j.cnki.11-2246.2019.0358.
- [10] 史秀岭. K-means 聚类优化算法的研究[D]. 长沙理工大学, 2011.
- [11] 刘娅汐. 移动通信网络覆盖计算与优化方法研究[D]. 北京科技大学, 2021. DOI:10.26945/d.cnki.gbjku.2021.000123.



# 附录

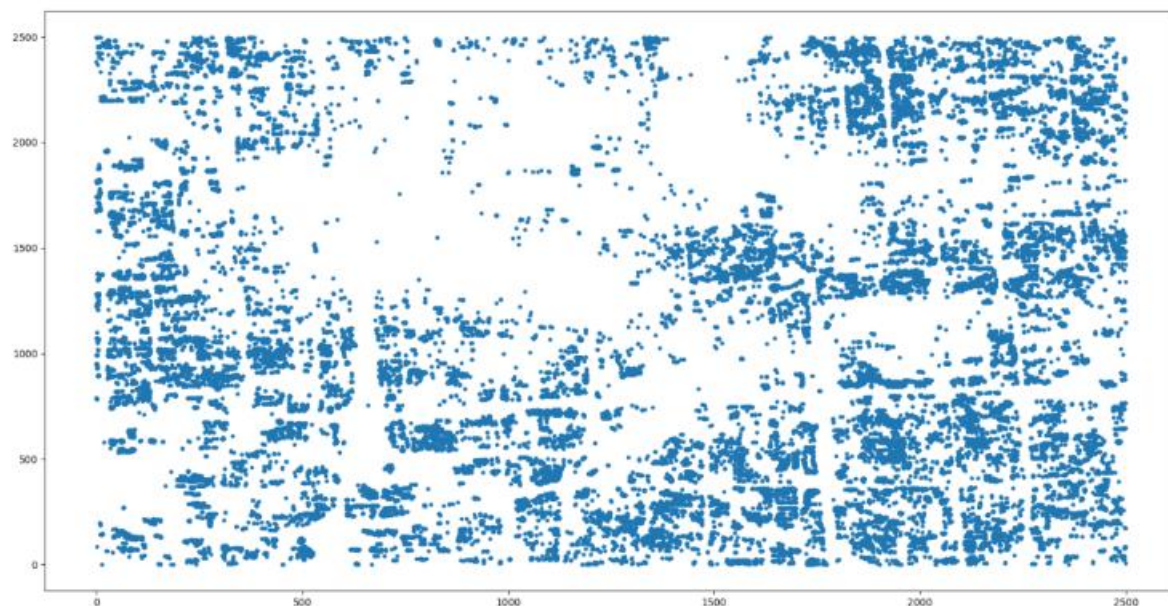


图 7 业务范围大于 10 的弱势点分布

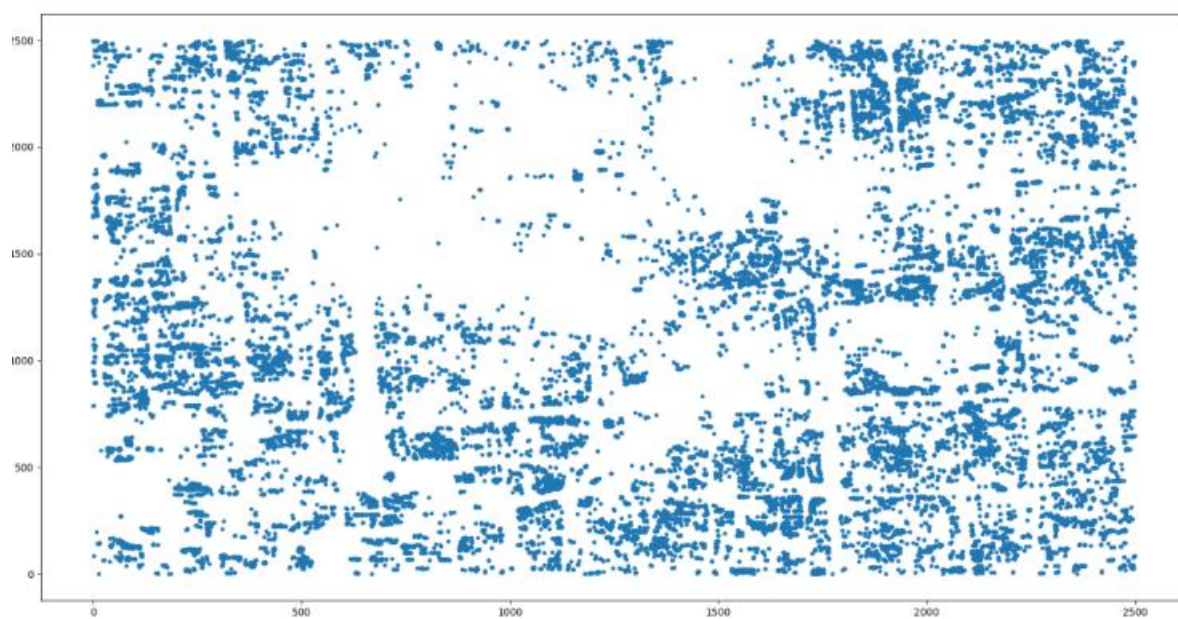


图 8 业务范围大于 20 的弱势点分布



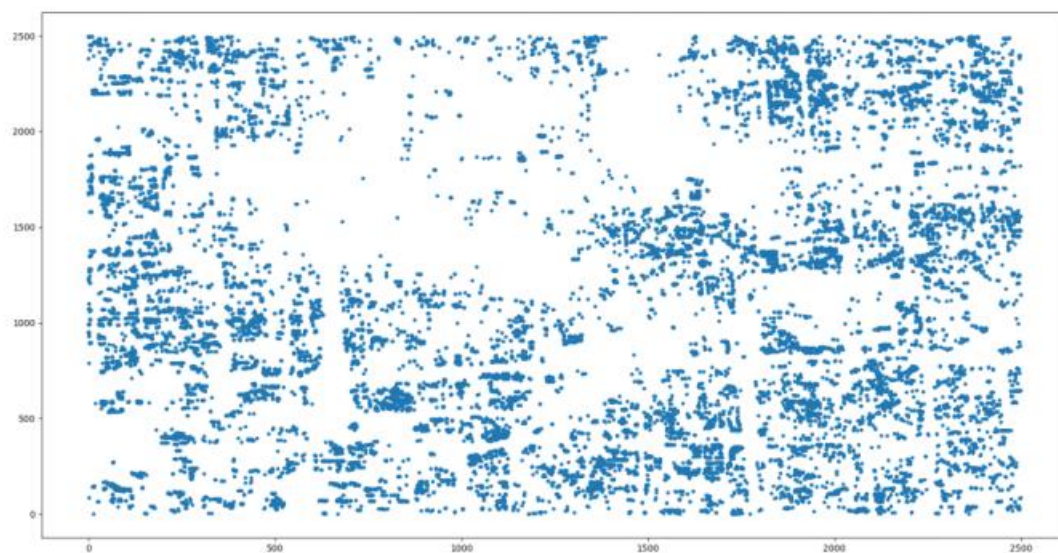


图 9 业务量大于 30 的弱势点分布

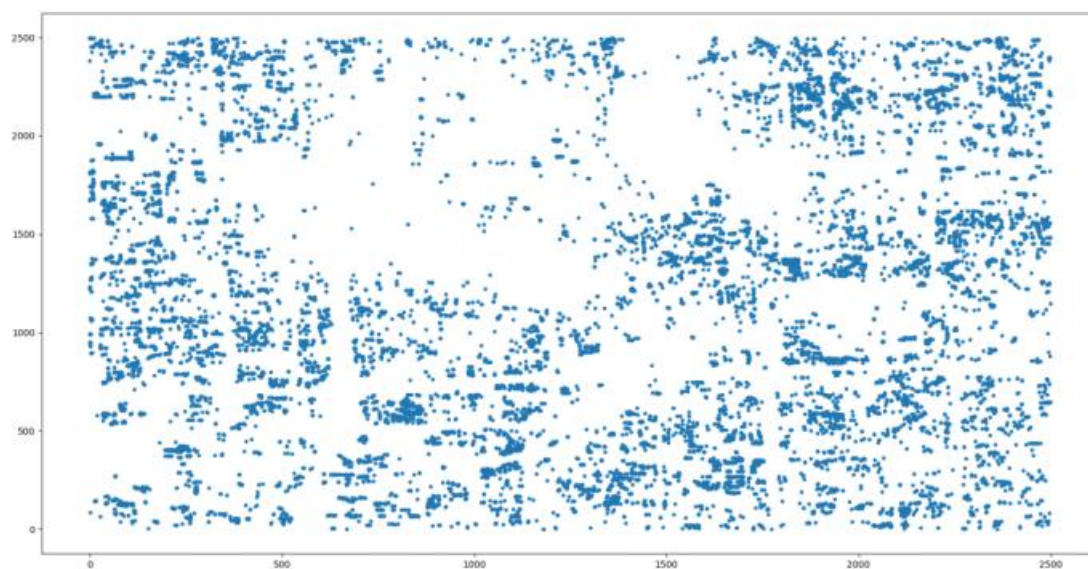


图 10 业务量大于 50 的弱势点分布

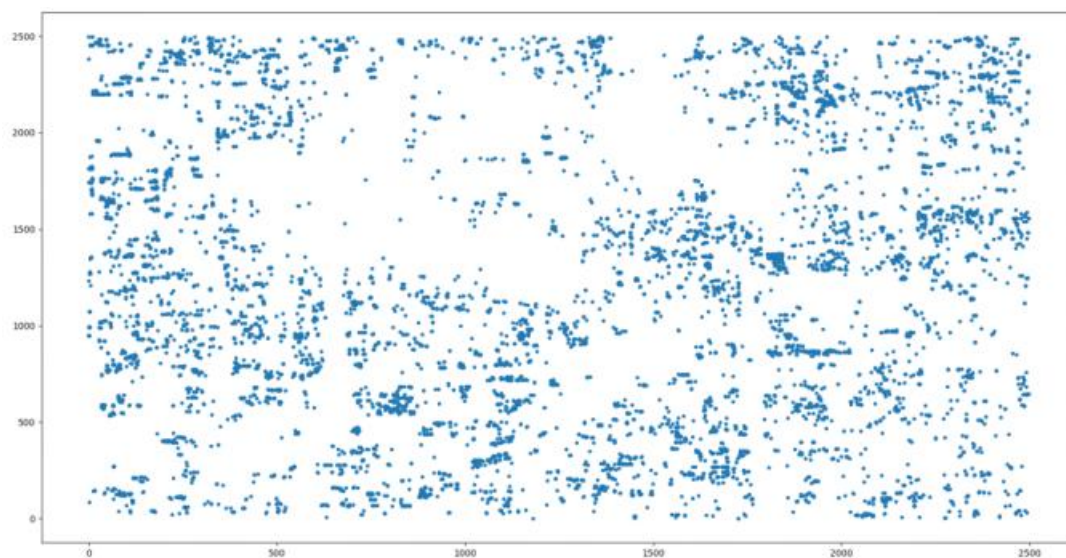


图 11 业务量大于 100 的弱势点分布

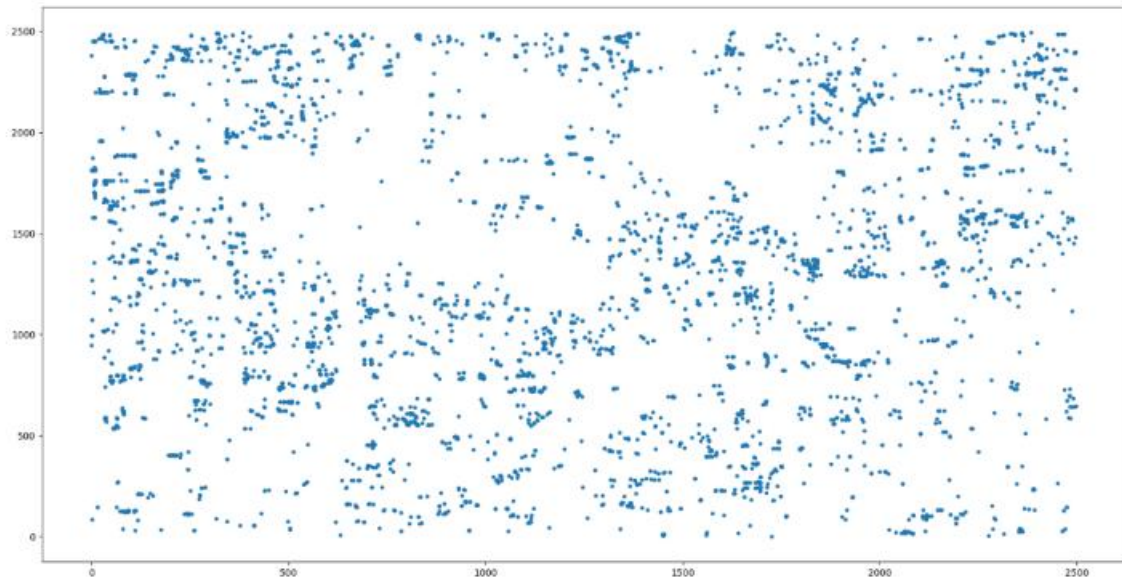


图 12 业务量大于 200 的弱势点分布

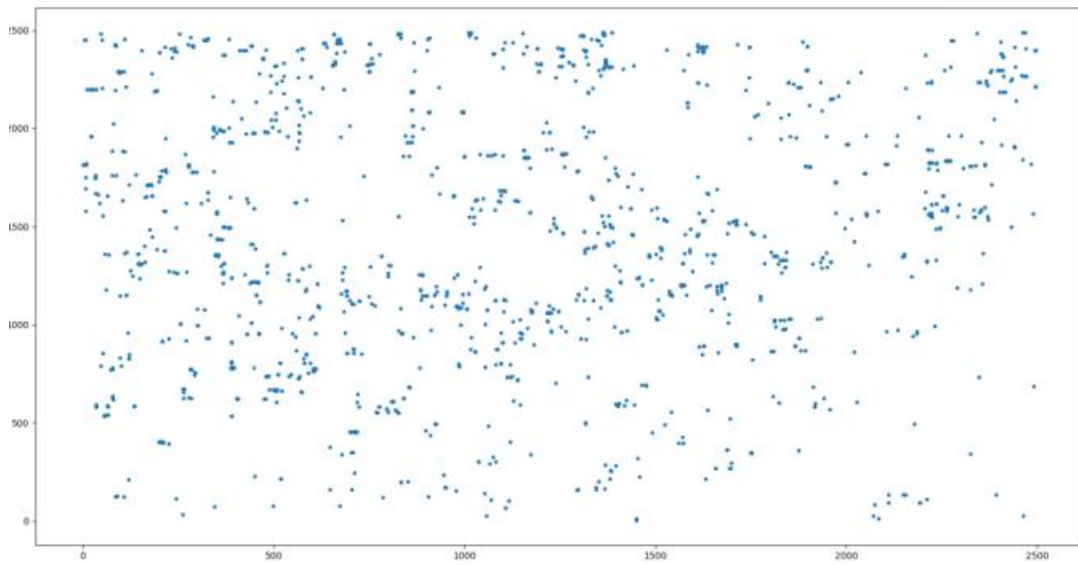


图 13 业务量大于 500 的弱势点分布

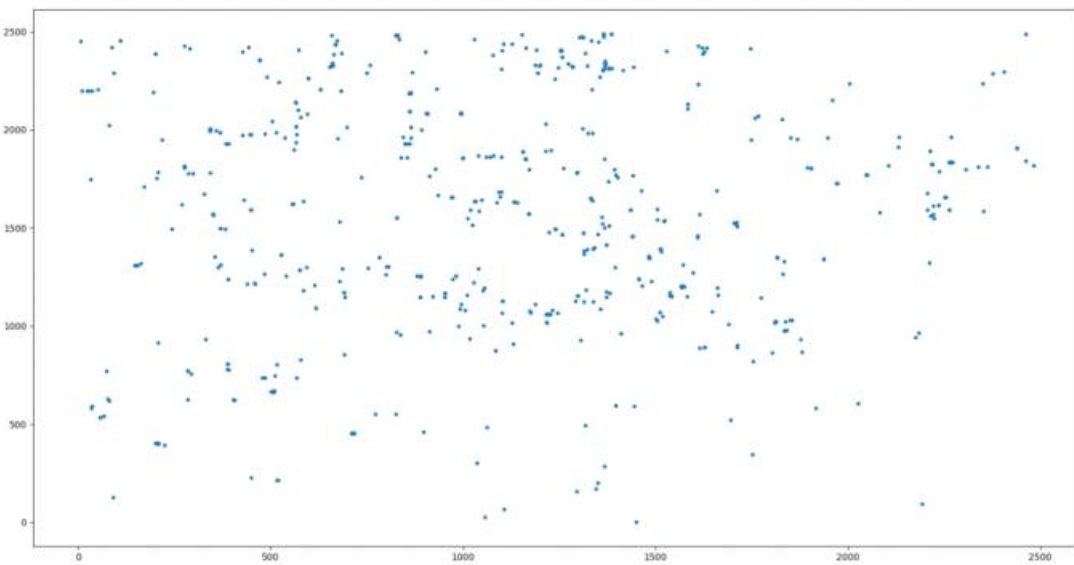


图 14 业务量大于 1000 的弱势点分布

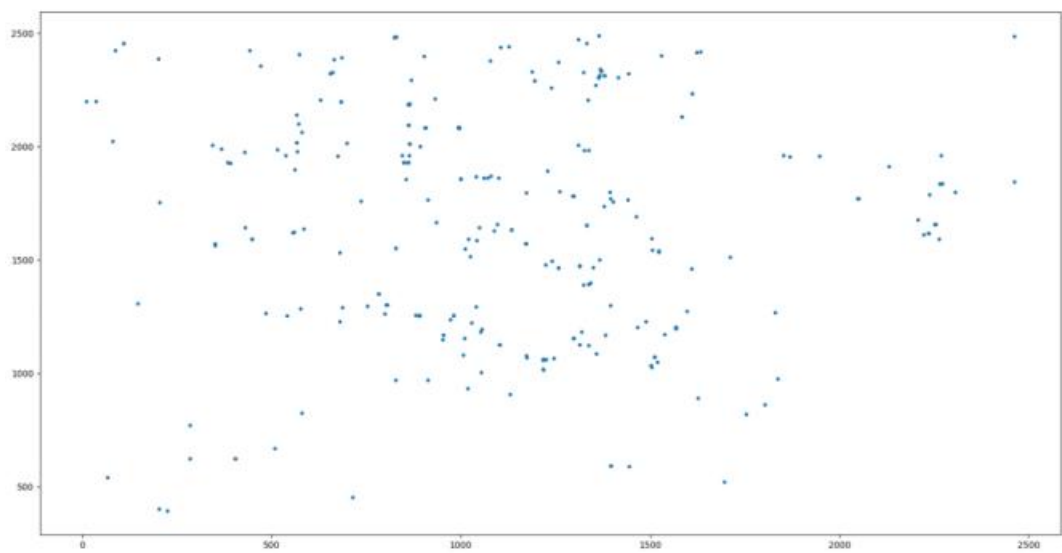


图 15 业务量大于 2000 的弱势点分布

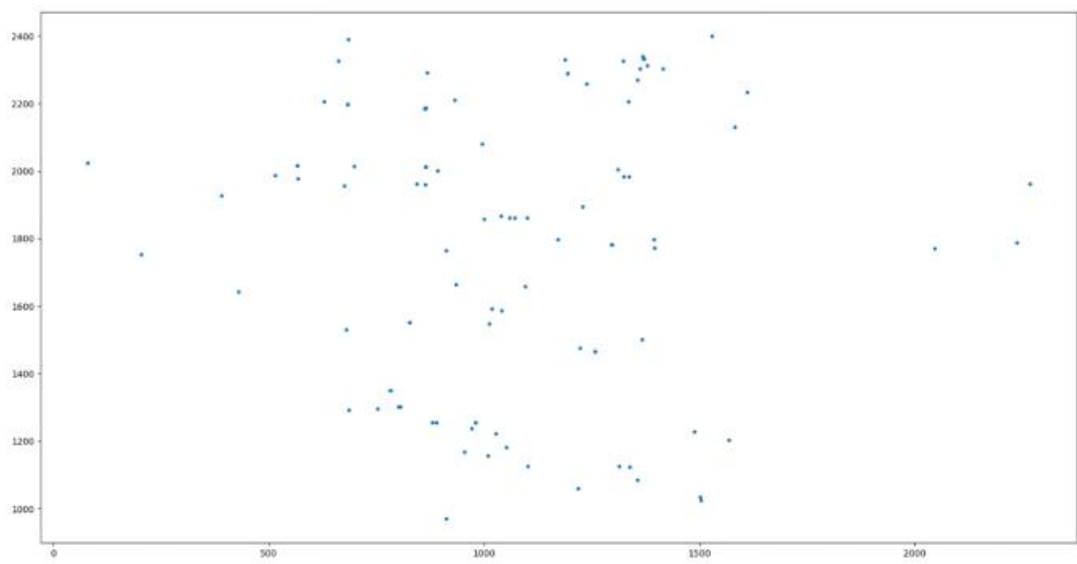


图 16 业务量大于 5000 的弱势点分布

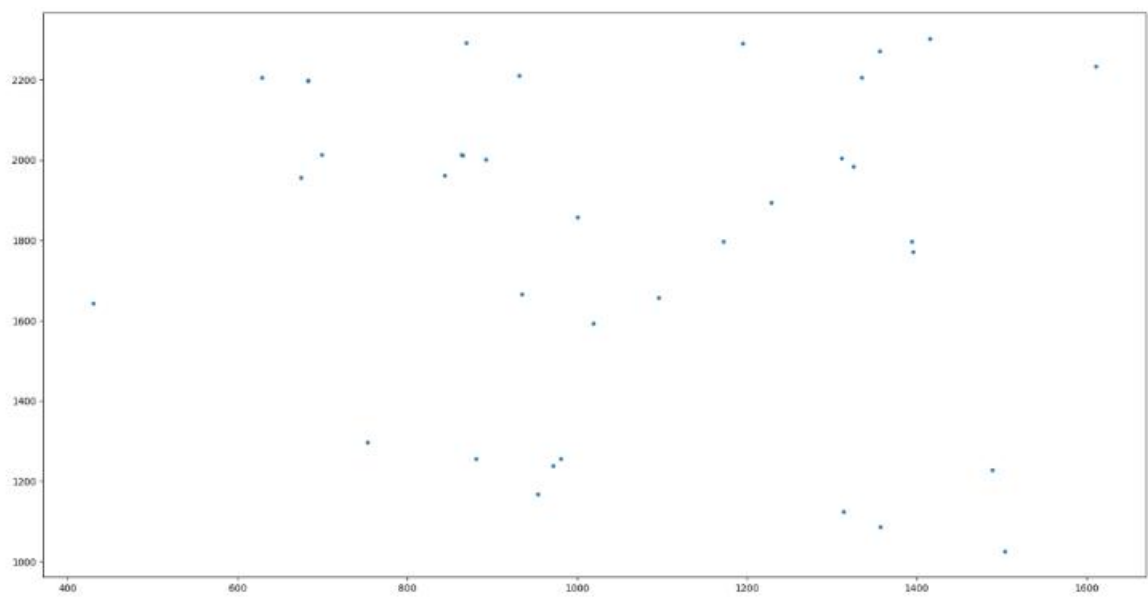


图 17 业务量大于 10000 的弱势点分布

## 问题一代码

各类簇中心生成代码

```
import read
import 聚类 import
import numpy as np
import os
import sys
import log
import time

sys.stdout = log.Logger('D:\数学建模\MathorCup D\MathorCup D\解决问题\各块选基站日志
/log{}.txt'.format(
    time.strftime('%Y-%m-%d-%H-%M-%S', time.localtime(time.time()))),
    mode = 'w', encoding = 'utf-8')
out_path = r'D:\数学建模\MathorCup D\MathorCup D\解决问题\各级基站\3\基站点
{}.txt'.format(
    time.strftime('%Y-%m-%d-%H-%M-%S', time.localtime(time.time()))

def point_c(x):
    res = []
    for i in x:
        xx = []
        for j in x[i]:
            xx.append(j)
        X = 0
        Y = 0
        l = len(xx)
        for k in xx:
            X += k[0]
            Y += k[1]
        res.append([int(X / l), int(Y / l)])
    return res

def get_points(data, cluster):
    dic = {}
    for i in range(len(cluster)):
        if dic.get(cluster[i]) == None:
            dic[cluster[i]] = []
        dic[cluster[i]].append([data[i][0], data[i][1]])
    return dic

def write(data, out_val_path):
    with open(out_val_path, 'w') as f:
```



```

        for i in data:
            s = str(int(i[0])) + ',' + str(int(i[1])) + '\n'
            f.write(s)

def traverse_dir_files(root_dir, ext = None):
    names_list = []
    paths_list = []
    for parent, _, fileNames in os.walk(root_dir):
        for name in fileNames:
            if name.startswith('.'): # 去除隐藏文件
                continue
            if ext: # 根据后缀名搜索
                if name.endswith(tuple(ext)):
                    names_list.append(name)
                    paths_list.append(os.path.join(parent, name))
            else:
                names_list.append(name)
                paths_list.append(os.path.join(parent, name))
    if not names_list: # 文件夹为空
        return paths_list, names_list
    return paths_list, names_list

pos_list = []

def main():
    # 针对第 1 号区域的参数
    # 10, 1
    # 针对第 2 号区域的参数
    # 30, 50
    # 针对第 3 号区域的参数
    # 30, 60
    eps, min_Pts = 30, 60
    path = r'D:\数学建模\MathorCup D\MathorCup D\解决问题\3'
    paths_list, names_list = traverse_dir_files(path)
    print('  当前 时 间 为  {}'.format(time.strftime('%Y-%m-%d    %H:%M:%S',
time.localtime(time.time()))))
    print('eps: {}, min_Pts: {}'.format(eps, min_Pts))
    print('文件 {}'.format(path))
    for path in paths_list:
        print('文件 {}'.format(path))
        data = read.read_csv_3(path)
        X = []

```

```

        for i in data:
            X.append([i[0], i[1]])
X = np.array(X)
print('-->包含{}个点'.format(X.shape[0]))
cluster = 聚类 import.DBSCAN(X, eps, min_Pts)
points = get_points(data, cluster)
point_cc = point_c(points)
cnt = len(point_cc)
print('-->可分为{}类'.format(cnt))
print('-----')
for i in point_cc:
    pos_list.append(i)
write(pos_list, out_path)

if __name__ == '__main__':
    main()

```

## 问题二代码

角度聚类代码

```

clear; clc
load X.mat

P = [17 988];
a = P(1); b = P(2);
[n, m] = size(X);
plot(P(1), P(2), 'r0')
hold on
c = 1;
for i = 1:n
    T = X(i, 1:2);
    if sum((T - P).*(T - P)) <= 900
%         Y(c, :) = T;
        c = c + 1;
    end
end

Y = zeros(c - 1, 3); j = 1;
for i = 1:n
    T = X(i, 1:2);
    if sum((T - P).*(T - P)) <= 900
        x = T(1) - a; y = T(2) - b;
        Y(j, :) = [T, 360/(pi/(atan(x/y)))];
        j = j + 1;
    end
end
end

```

```

plot(Y(:,1),Y(:,2),'b.')
axis([a-30,a+30,b-30,b+30])
legend('宏基站','弱覆盖点','Location','SouthEast')
hold off
title('宏基站覆盖可视化')

```

坐标求解代码:

```

conaequence=zeros(126880,8); %初始化结果
angle = zeros(126880,8); %初始化角度
for i=1:126880%遍历清洗后的数据
    for j=1:2980%我们所建的基站的个数，从头到位判断一边
        C(j)=sqrt((data(i,1)-C1(j,1))^2+(data(i,2)-C1(j,2))^2);%C1 里面是我们之前求得的
坐标，我们来求解其欧式距离，便于后面的计算
    end
    for j=1:2980
        if xita2(j)==2980 %这里到了最后一个点
            center=find(xita2==2980); %聚类中心的寻找
            angle(i,1)=C1(j,1);%簇中心的横坐标
            angle(i,2)=C1(j,2);%簇中心的纵坐标
            angle(i,3)=2131;%两点的距离
            angle(i,4)=center;%簇中心 id
            angle(i,7)=(data(i,1)-C1(j,1));%基站和弱覆盖点横坐标的距离大小
            angle(i,8)=(data(i,2)-C1(j,2));%基站和弱覆盖点横坐标的距离大小

            if (data(i,1)-C1(j,1))>=0&&data(i,2)-C1(j,2)>=0 %如果弱覆盖点和我们建的基站点横
纵坐标相减都为正值，说明其在 0 到 90° 之间
                angle(i,5)=atand(data(i,2)-C1(j,2)/data(i,1)-C1(j,1));%基站和弱覆盖点夹角范围
在 0 到 90°
            end
            if (data(i,1)-C1(j,1))<0&&data(i,2)-C1(j,2)>0%如果弱覆盖点和我们建的基站点横坐标
相减为负，纵坐标相减为正，说明其在 90 到 180° 之间
                angle(i,5)=270+atand(data(i,2)-C1(j,2)/data(i,1)-C1(j,1));%基站和弱覆盖点夹角
范围在 90 到 180°
            end
            if (data(i,1)-C1(j,1))<=0&&data(i,2)-C1(j,2)<=0%如果弱覆盖点和我们建的基站点横纵
坐标相减都为负值，说明其在 180 到 270° 之间
                angle(i,5)=180+atand(data(i,2)-C1(j,2)/data(i,1)-C1(j,1));%基站和弱覆盖点夹角
范围在 90 到 180°
            end
            if (data(i,1)-C1(j,1))>0&&data(i,2)-C1(j,2)<0%如果弱覆盖点和我们建的基站点横纵坐
标相减都为负值，说明其在 270° 到 360° 之间
                angle(i,5)=180-atand(data(i,2)-C1(j,2)/data(i,1)-C1(j,1));%基站和弱覆盖点夹角
范围在 270° 到 360°
            end
        end
    end
end

```

```

        angle(i,6)=data(i,3);%这个点的业务量大小
    end
end
end

for i=1:126880 %又从头开始遍历
    if angle(i,5)>300||angle(i,5)<=60 %这里以水平轴作为基站扇区，左右 60° 的范围为 0
到 60 和 300 到 360
        if angle(i,8)<30&&angle(i,7)<(7.5*sqrt(3)) %这里是宏基站判断是否在 30 覆盖半径
内，并且求出对应横坐标对应的范围
            T(i,1)= T(i,1)+1;
            T(i,4)=angle(i,6);
        end
    end
    if angle(i,5)>60&&angle(i,5)<=180 %这里以 120° 角作为基站扇区主方向，左右 60° 的范
围为 60 到 120 和 120 到 180，这里是宏基站判断是否在 30 覆盖半径内，并且求出对应横坐标对应
的范围
        if angle(i,8)<30&&angle(i,7)<(7.5*sqrt(3)) %这里是宏基站判断是否在 30 覆盖半径
内，并且求出对应横坐标对应的范围
            T(i,1)= T(i,1)+1;
            T(i,4)=angle(i,6);
        end
    end
    if angle(i,5)>180&&angle(i,5)<=300 %这里是宏基站判断是否在 30 覆盖半径内，并且求出
对应横坐标对应的范围，这里以 240° 角作为基站扇区主方向，左右 60° 的范围为 180 到 240 和 240
到 300
        if angle(i,8)<30&&angle(i,7)<(7.5*sqrt(3)) %这里是宏基站判断是否在 30 覆盖半径
内，并且求出对应横坐标对应的范围
            T(i,1)= T(i,1)+1;
            T(i,4)=angle(i,6);
        end
    end
end

ssum=zeros(1,6); %初始化计算覆盖业务总量的变量
for i=1:126880
    if dertx3(i,3)>30 %如果在
        ssum(1)=ssum(1)+dertx3(i,5);%总弱覆盖点业务量计算
    end
end
end

```

### 问题三 matlab 代码

```
clear;clc
```

```
load weak_point.mat %读入弱覆盖点坐标
```

```

%% DBSCAN 画图
eps = 20; %邻域为 20，题中说明了不超过 20 都算一类
minpts = 2; %最少包含 2 个点，这里考虑的是题目中提到两个点就可以作为一个类
idx = dbscan(A, 20, 2); %代入 dbscan 求解
cate = length(unique(idx)); %得出聚类的种数
figure('Name','dbscan 聚类求弱覆盖点分类图','Numbertitle','off');
gscatter(A(:, 1),A(:, 2), idx) %使用 gscatter 进行分类图的可视化
title('dbscan 聚类求弱覆盖点分类图') %设置图标题
axis([0, 2501, 0, 2501]) %设置了 x 轴和 y 轴的范围，确定图形没那么大
xlabel('x 坐标');ylabel('y 坐标')

%% 求类别
[sample, groups] = groupcounts(idx); %统计各类别的点数
G = sortrows([sample, groups],'descend') %G 为按降序排序后的分类数据

%% 随机观察类别
k = 9; %这里我们随机显示 9 种类别
x = A(:,1); y = A(:, 2);
p = randperm(cate, k); %生成随机数
[id1, sp] = ismember(idx, p);
id2 = ~id1;
x1 = x(id1) ; y1 = y(id1);
x2 = x(id2) ; y2 = y(id2);
figure('Name','随机显示了" + k +"个类别的分类图形");
gscatter(x1,y1, sp(sp~=0), [], '.', 8, 'doleg', 'off')
hold on %继续画图
scatter(x2, y2, 1, '.k') %不属于随机部分的点都显示为黑点
hold off %停止画图
xlabel('x 坐标'); ylabel('y 坐标')
title('随机生成 9 种聚合类别')
% [r,c] = find(idx == max(idx),1);
% idx(r,c)

```

第一问 坐标

宏基站坐标

x	y
8	1737
17	988
27	600
52	567
59	2378
61	1600
63	567
69	1890

74	1286
77	1265
79	132
81	1898
82	1358
87	1367
88	900
89	134
90	1516
91	802
95	970
97	589
100	133
103	2272
105	97
127	1790
131	204
140	1668
143	586
151	432
154	2332
159	1701
160	1795
167	1132
169	1007
173	1403
183	1317
192	1237
206	967
225	777
227	2330
234	108
235	13
236	925
239	99
242	283
242	1036
243	2399
244	386
247	396
247	2141
249	2197
252	2460
256	461

261	2475
263	1226
265	212
270	258
285	2065
286	2360
287	1804
288	754
290	1566
291	1006
292	57
296	569
310	660
314	899
318	41
323	2480
334	2451
345	412
353	52
353	285
368	2430
374	1990
394	2236
398	2389
399	1369
418	389
418	1160
419	997
421	112
426	713
429	2189
433	983
438	467
440	402
440	764
444	2147
452	1129
454	552
457	291
457	624
464	669
467	635
473	2261
482	746

484	243
486	2322
492	260
507	44
507	318
512	53
512	2044
516	267
522	422
538	1024
549	1024
553	810
561	747
565	945
569	838
578	947
579	594
583	658
583	757
612	1034
653	275
664	74
667	579
674	329
679	67
689	279
691	1036
709	792
711	259
718	1114
733	217
746	150
750	1100
755	119
775	903
776	893
791	610
803	814
822	595
837	1182
843	760
871	900
891	133
891	444



904	454
904	1128
939	222
944	676
948	164
964	175
964	808
1001	655
1007	479
1017	642
1042	2229
1048	288
1052	920
1064	303
1080	177
1085	227
1086	504
1099	416
1099	809
1105	715
1108	55
1109	812
1115	456
1119	709
1121	586
1127	596
1158	966
1160	1863
1176	885
1181	324
1185	341
1187	109
1191	68
1213	2198
1234	225
1243	704
1245	714
1251	812
1263	649
1275	347
1283	18
1288	914
1293	1572
1295	196

1296	907
1301	1335
1327	766
1355	172
1361	140
1370	319
1372	309
1383	547
1385	95
1386	493
1394	268
1429	420
1451	1553
1458	233
1507	275
1516	1378
1520	1325
1541	1435
1548	522
1557	508
1560	176
1576	1443
1577	420
1589	1509
1595	48
1598	1385
1602	1464
1603	682
1628	1743
1645	665
1651	228
1655	87
1659	634
1680	266
1682	126
1688	325
1689	1279
1697	471
1708	877
1714	1113
1716	495
1725	1416
1725	2184
1731	643

1734	2260
1755	9
1757	1457
1766	1135
1807	606
1808	1364
1836	1285
1846	2144
1850	2064
1853	163
1855	2328
1857	412
1861	2214
1871	2300
1872	2445
1873	1044
1876	1728
1880	1335
1895	703
1901	892
1908	161
1910	115
1924	554
1940	640
1945	215
1954	961
1957	201
1965	2431
1966	1340
1966	2173
1968	2364
1969	2163
1971	646
1985	2156
1986	2235
1991	1906
1996	1948
1998	489
2009	2404
2013	1356
2052	755
2066	2488
2067	9
2069	1497

2082	942
2084	2101
2088	1427
2109	1696
2120	968
2123	872
2126	98
2127	2238
2129	21
2132	616
2140	1908
2140	2015
2150	709
2151	2091
2152	576
2156	519
2158	1354
2161	951
2161	2366
2168	209
2169	1618
2177	143
2183	1075
2190	2465
2195	1087
2197	747
2200	2228
2206	986
2211	2415
2216	552
2216	2146
2229	43
2229	885
2232	1828
2243	2121
2246	1344
2254	1469
2260	1213
2260	2460
2264	1576
2266	1020
2276	904
2284	1521
2284	2267

2295	1790
2307	1957
2310	2286
2319	2023
2322	2033
2325	1567
2326	2483
2331	2454
2332	1354
2336	1136
2340	546
2349	2120
2350	271
2352	1421
2353	981
2365	939
2366	1181
2369	583
2369	2475
2372	192
2374	1682
2377	2301
2381	970
2382	2384
2383	2486
2384	2287
2386	2076
2388	184
2395	2416
2399	2165
2407	1468
2408	2061
2409	2209
2410	1899
2413	1808
2427	592
2428	2361
2429	2207
2442	1842
2444	1289
2451	2005
2452	1101
2453	2322
2454	1527

2456	866
2456	2412
2462	2120
2467	1542
2468	2286
2469	2487
2479	742
2481	575
2486	64
2492	1672
2493	1816
2495	2226

微基站

x	y
0	948
0	1232
0	2381
1	992
2	86
2	1072
2	1268
4	1279
5	1208
5	1352
5	1817
6	1877
6	2496
7	1579
7	1701
7	1751
7	2452
9	1675
14	141
17	2217
22	2467
24	1958
28	921
28	1278
29	2483
30	989
32	886
33	2277
33	2453

34	744
34	1160
34	2199
35	1019
35	2295
36	582
36	1757
37	1660
41	918
42	131
42	1375
46	2482
47	1122
47	1620
47	2246
48	792
48	1585
49	2453
51	157
51	765
51	858
51	1559
54	1386
56	1456
56	1644
57	1013
58	994
58	1179
58	1360
59	101
59	539
59	1062
59	1281
61	2423
63	823
64	150
64	585
65	798
66	269
66	1309
66	1486
66	1685
66	1735
70	36

70	1746
71	1051
71	1795
72	1355
73	1518
74	2254
75	1165
75	1762
77	775
77	1370
79	1390
79	1608
79	1679
79	1886
80	2024
81	143
81	798
81	1048
81	1312
81	1620
82	619
82	2464
83	1182
85	2195
86	2426
87	124
87	1267
88	548
88	1761
89	874
92	859
93	638
98	1022
98	1143
98	2286
100	67
101	789
101	994
102	1919
103	1423
104	1909
104	2262
105	1634
106	1191



106	1363
107	587
107	1886
108	1444
109	32
109	128
109	1236
109	2455
110	1049
110	1735
110	2210
111	2196
112	804
112	1417
113	837
114	1151
115	94
115	711
116	82
117	1110
119	997
121	210
122	1274
122	1760
124	782
124	961
124	1447
127	802
127	1710
129	946
129	1051
130	1015
131	819
131	1248
132	1237
133	585
134	2276
136	2339
137	929
138	2356
139	1763
140	194
141	736
145	138

145	213
145	1360
146	2013
147	1239
149	1311
150	2398
152	979
155	1460
155	2200
155	2389
156	202
156	1417
156	1649
158	877
158	1004
158	1805
159	929
161	2427
162	1365
163	1401
165	1122
166	1228
166	1484
167	1990
168	1017
169	2004
170	919
171	38
171	1298
171	1355
171	1747
173	1247
174	2280
176	1713
177	1804
178	1392
178	1600
179	1447
179	1465
180	887
180	1659
181	1364
182	440
183	973

184	1155
186	2324
190	1309
191	807
191	2190
192	1121
197	2323
198	1384
200	894
200	2394
201	1707
201	1731
201	2365
202	1753
202	1926
203	1059
205	1252
206	859
206	1765
206	2471
207	929
207	2321
208	914
208	2188
209	401
209	1574
210	1271
211	1116
211	1790
215	1376
215	1953
216	107
216	2419
217	949
217	1396
217	1813
217	2392
220	1057
220	1167
221	19
221	2267
223	585
223	1866
224	443

224	1269
225	209
225	788
225	1182
226	928
226	1067
226	1627
227	410
227	1719
232	1017
233	2361
234	1924
236	1881
236	2409
237	364
237	847
240	28
241	743
241	1249
241	1265
242	331
242	2389
244	110
244	891
244	1493
244	2427
245	1062
247	420
247	599
247	787
247	978
251	1291
251	2414
251	2478
252	1031
253	223
253	2262
254	1004
254	2356
254	2494
257	57
257	240
257	898
257	1239

257	2140
257	2189
259	292
259	401
259	1556
260	32
260	976
260	1055
261	871
261	1268
262	273
264	654
265	555
265	672
266	579
268	919
268	2483
269	2388
270	1061
270	1620
270	1927
272	590
272	1269
275	180
275	204
275	399
275	978
276	628
276	2356
276	2428
277	1566
278	1810
278	1866
279	218
279	239
280	1207
281	933
282	656
283	376
283	2419
284	847
284	1122
284	1483
285	765

285	2465
286	863
288	674
288	1056
288	1081
289	554
290	1777
291	2105
293	743
293	834
293	2417
295	2067
296	1430
299	902
299	2238
300	659
300	996
300	1081
300	1564
301	2358
305	595
308	75
309	89
309	740
309	1617
310	1078
312	1382
320	849
320	2490
321	890
321	2434
322	1188
323	2330
324	2456
325	77
326	377
327	537
327	1673
328	932
328	1631
330	608
330	895
331	2260
332	994

335	1100
335	1456
335	2419
340	181
340	2325
341	2476
342	1952
342	2256
343	1781
343	2019
343	2162
344	73
344	383
344	1920
344	2136
344	2395
346	2433
348	886
349	478
350	1353
350	1500
351	1572
351	2449
352	1992
352	2407
355	1435
356	174
357	1407
358	2483
361	1353
361	1490
361	2347
362	1297
363	1568
365	54
367	1262
367	1313
368	515
368	1213
368	1226
368	1498
369	2313
370	2373
372	2406

373	1072
375	1520
378	55
378	1495
378	2076
381	1188
382	752
382	2368
383	33
383	1140
384	1453
384	2007
384	2446
384	2497
385	1596
386	935
386	1011
386	1647
386	1929
387	532
387	1024
388	2390
389	511
389	910
389	1236
389	1408
390	808
391	762
391	780
391	832
391	1205
391	1293
393	2139
393	2253
395	2071
395	2369
395	2399
398	1025
400	2424
401	536
402	1189
402	2476
404	1069
406	624



406	904
406	2020
407	1050
408	1398
409	1205
410	956
411	53
411	823
411	2136
412	1011
413	2399
414	792
415	2051
415	2257
417	100
417	2111
419	977
419	1187
421	1642
423	1257
428	598
428	1102
428	1974
429	632
429	951
430	2088
431	997
432	106
432	1575
432	2109
433	1623
433	2040
437	191
437	1344
438	820
438	1386
438	1411
439	227
439	640
439	2077
440	914
440	1998
441	679
441	2421

443	1009
444	1976
447	623
448	1593
448	2050
449	790
449	1044
450	229
451	940
451	1215
452	1386
453	603
453	1034
453	1268
453	2317
454	997
455	2139
456	977
456	1152
457	1118
457	2357
460	954
462	1041
463	2053
463	2260
463	2278
463	2423
464	1424
465	2127
469	608
469	761
469	1021
471	31
471	2251
471	2325
473	1219
475	598
476	626
476	935
477	74
479	736
479	2132
480	1983
481	1300

483	2105
484	759
484	1264
486	2399
488	2432
489	223
491	2186
491	2269
492	623
494	2000
494	2237
498	103
498	666
498	1050
498	2044
502	35
502	55
502	759
502	2318
504	79
504	727
505	2480
506	2079
507	2232
508	602
510	747
511	919
512	421
512	946
515	1062
515	1987
516	802
519	38
519	215
519	1011
520	2241
521	982
522	56
522	663
524	2337
526	2180
526	2265
527	1364
529	2042

531	1487
534	217
534	2086
536	2132
537	1961
539	891
539	1221
540	262
540	1254
544	746
550	842
552	443
553	1061
556	939
557	956
557	1621
558	917
558	1014
558	2167
559	1897
560	868
562	1222
563	991
563	1243
563	1934
563	2395
564	810
564	1143
564	2141
566	732
566	1034
566	2017
566	2474
567	823
567	848
567	1977
568	2259
570	1102
570	1181
572	2101
573	657
574	1356
574	2353
574	2406

575	1284
576	642
577	888
577	937
578	604
578	825
579	579
579	2064
580	803
580	957
585	1636
586	747
586	848
586	2358
587	1299
587	2178
591	1171
592	827
595	802
596	2081
597	1100
597	2261
597	2488
599	576
600	1078
601	1033
603	986
603	1264
606	770
608	238
608	281
609	805
609	954
610	1114
614	1242
615	1208
615	2094
616	790
618	1090
619	862
619	2450
620	830
626	70
628	1042

629	2206
632	6
633	278
633	2434
637	2476
639	2415
646	235
648	375
656	2323
657	2477
658	2339
660	2368
661	155
662	360
663	278
664	333
665	2383
668	2433
669	255
670	234
672	2452
673	350
674	76
675	1957
677	1157
678	277
679	338
679	1973
680	1226
680	1531
681	1267
683	158
683	1067
683	2197
684	97
685	2391
686	1292
688	954
689	2486
691	68
692	855
692	1148
693	876
693	1171

695	1087
696	1064
699	2014
700	337
703	71
703	266
703	2493
705	160
706	1085
708	346
708	1118
709	874
710	856
711	243
711	454
711	2470
712	468
713	645
716	583
716	609
716	1218
719	794
721	264
721	370
724	671
725	20
726	356
727	304
729	876
730	919
731	41
731	852
733	997
734	821
736	681
736	965
736	1758
738	243
740	274
740	359
742	537
742	648
743	612
746	127

746	2288
748	1145
748	2326
748	2357
749	1250
752	2423
753	97
753	596
753	1297
754	578
754	1223
755	958
757	68
757	877
758	333
758	362
760	1101
761	898
765	379
767	323
769	129
770	594
770	912
771	552
776	583
777	2388
778	2378
781	639
782	1351
784	184
786	26
787	563
787	880
789	118
793	576
794	171
796	909
797	281
798	1244
798	1262
804	1302
805	358
807	65
809	992



810	98
810	1089
811	607
813	903
814	1076
815	644
817	559
818	1104
824	670
827	969
827	1551
828	2476
829	81
829	98
831	583
831	684
832	196
832	757
833	1085
833	1194
835	1215
837	1859
838	634
839	644
840	562
840	624
840	955
841	1054
842	67
843	1962
844	599
847	1857
848	681
851	201
851	904
851	1159
852	153
852	610
854	1929
856	551
857	286
861	2094
862	875
862	2186

864	2012
865	935
865	2438
869	2292
870	914
870	1960
871	1155
872	583
872	1166
873	800
875	1015
879	2475
880	440
882	382
882	780
882	900
884	1176
887	217
887	956
887	1128
887	2454
888	1254
889	663
890	123
890	468
892	2001
893	161
894	457
894	1147
895	603
898	893
900	437
902	2399
903	1118
906	2082
907	1108
907	2466
908	151
908	464
910	1050
911	971
913	1017
913	1091
913	1765

917	317
918	238
920	2076
922	1155
922	2481
925	669
925	1088
925	2454
926	114
926	1194
928	491
928	1169
928	1804
931	237
931	596
931	808
932	2210
935	1665
938	204
938	1085
939	152
939	782
940	2439
944	231
944	811
948	1098
951	1151
953	173
953	1168
955	696
957	30
958	224
958	869
960	496
961	477
964	445
967	2415
969	433
970	667
971	1655
972	1238
975	489
977	155
978	178

981	1094
981	1256
984	1149
988	792
989	999
991	631
991	675
991	2480
994	1084
994	2083
995	1109
995	1155
996	2489
998	640
999	610
999	1858
1001	2388
1004	671
1006	381
1006	469
1006	1080
1007	683
1010	1156
1012	1548
1012	2481
1013	876
1018	934
1018	1144
1019	1593
1020	264
1021	470
1022	405
1023	137
1025	176
1025	784
1025	1515
1025	2462
1026	1550
1027	279
1028	505
1028	1223
1030	1634
1031	856
1032	220

1032	267
1032	297
1040	279
1040	1293
1040	1586
1040	1868
1041	147
1042	2492
1045	100
1045	1626
1049	1642
1050	1157
1052	1182
1053	279
1053	787
1053	1004
1054	138
1055	1195
1056	38
1060	82
1060	1861
1061	483
1063	1078
1066	103
1066	291
1066	500
1068	138
1069	175
1069	724
1071	1862
1075	2379
1077	666
1079	145
1079	320
1079	487
1079	2483
1080	296
1080	1587
1080	1869
1081	1125
1082	99
1085	246
1085	873
1086	391

1087	642
1088	592
1089	413
1090	462
1090	1628
1091	441
1091	826
1092	304
1093	559
1094	43
1094	2435
1095	651
1095	727
1096	502
1096	959
1096	1658
1097	799
1099	910
1099	1681
1100	28
1100	1864
1100	2309
1101	2403
1102	102
1102	1066
1104	1125
1105	2438
1107	335
1108	68
1108	561
1108	580
1109	948
1110	496
1111	609
1111	904
1113	88
1113	313
1115	549
1117	219
1117	719
1118	35
1118	102
1118	402
1118	734

1119	140
1119	420
1123	167
1123	289
1126	1015
1127	2439
1128	572
1129	454
1130	984
1131	907
1135	822
1135	1631
1137	599
1137	1015
1139	718
1140	37
1142	612
1144	801
1146	1117
1147	929
1148	489
1148	735
1148	1005
1149	957
1150	2439
1152	2382
1153	149
1153	2485
1155	1888
1156	1024
1158	719
1158	908
1160	1852
1162	45
1162	614
1162	1107
1163	475
1163	2418
1164	852
1165	1007
1165	2466
1168	964
1169	949
1170	982

1171	603
1171	815
1171	1571
1171	2389
1172	1802
1173	338
1175	1067
1177	640
1179	352
1181	0
1183	2427
1183	2498
1184	706
1185	898
1187	1106
1187	2309
1188	2290
1188	2330
1190	352
1190	867
1190	2406
1193	2469
1200	2328
1204	437
1204	2315
1205	2488
1210	577
1213	1977
1215	810
1217	72
1217	201
1217	1017
1218	240
1219	1894
1220	1060
1221	1095
1224	936
1224	2028
1225	1477
1226	966
1228	241
1232	1080
1232	1542
1233	700



1233	1509
1234	722
1234	2445
1236	2488
1239	2258
1240	207
1240	1494
1242	472
1244	144
1245	1068
1246	244
1248	2455
1251	987
1251	2315
1252	2406
1253	647
1255	2369
1256	103
1258	1465
1259	1010
1260	89
1260	1870
1261	1803
1264	969
1268	986
1269	328
1269	359
1269	951
1269	2013
1274	929
1275	174
1276	2334
1278	911
1280	889
1281	962
1284	2321
1286	202
1287	902
1290	930
1290	1013
1291	2242
1293	994
1295	1126
1296	158

1296	1782
1296	2417
1298	1021
1298	1154
1299	394
1301	173
1302	436
1310	198
1310	2471
1311	925
1311	2005
1312	1335
1314	113
1314	906
1314	1125
1314	2397
1315	1045
1315	1367
1317	282
1317	496
1317	1984
1317	2362
1318	424
1319	1183
1319	1386
1319	1955
1321	248
1321	293
1322	1474
1322	2184
1323	936
1323	1028
1326	277
1326	732
1329	2495
1331	350
1332	1652
1332	2326
1335	2206
1336	1638
1337	1984
1337	2392
1338	418
1338	1124

1339	515
1339	1394
1339	2137
1340	2474
1341	393
1342	36
1342	2412
1345	82
1346	165
1346	1467
1347	102
1347	2450
1348	123
1349	2353
1349	2371
1351	200
1351	2295
1352	1535
1353	2410
1356	2220
1356	2236
1356	2271
1357	1086
1358	484
1358	2430
1360	150
1360	1555
1360	2492
1363	2302
1364	1523
1364	2474
1365	284
1367	165
1367	1501
1368	1026
1368	1850
1369	2335
1370	296
1373	1146
1373	1176
1376	1409
1377	1556
1377	2312
1378	278

1378	1737
1380	230
1380	1513
1381	1167
1381	1439
1382	1127
1383	256
1383	414
1384	2323
1385	429
1385	479
1385	1496
1385	2489
1390	209
1390	1421
1393	990
1393	1161
1393	1482
1394	1798
1395	1299
1396	141
1396	1772
1397	282
1397	399
1397	512
1400	982
1401	588
1401	1469
1402	1757
1403	181
1405	257
1406	961
1407	1596
1409	1218
1409	1274
1409	1369
1410	306
1410	336
1410	1412
1411	131
1414	1571
1416	1483
1416	2303
1417	323

1420	584
1422	1423
1423	283
1423	970
1427	616
1427	1705
1429	494
1432	545
1434	317
1435	1592
1436	436
1439	1482
1440	1418
1440	1451
1441	1375
1441	1766
1443	143
1443	2320
1444	122
1444	590
1444	1514
1446	1527
1447	514
1448	214
1450	8
1450	224
1451	316
1454	560
1455	1240
1457	732
1457	1569
1460	1704
1461	141
1463	694
1463	1690
1464	126
1465	1203
1467	554
1469	329
1469	468
1470	1447
1472	287
1475	691
1475	1165

1478	1376
1483	1348
1484	58
1484	1490
1489	1228
1489	1587
1490	1537
1492	449
1493	474
1494	124
1494	252
1495	139
1495	462
1495	1029
1497	1515
1499	180
1499	1581
1501	1595
1502	1360
1502	1503
1505	439
1505	1540
1506	235
1506	1125
1509	616
1509	1070
1509	1260
1510	1392
1514	1338
1517	476
1519	1049
1521	1488
1523	1252
1523	1352
1524	492
1526	1530
1528	1388
1529	2401
1530	524
1531	285
1533	271
1533	1306
1535	1476
1536	575

1536	1546
1537	491
1537	1174
1540	510
1540	1151
1540	1274
1541	555
1542	699
1543	1499
1545	181
1546	474
1547	202
1547	722
1547	1605
1548	1555
1549	450
1550	20
1550	1382
1551	491
1554	705
1555	1368
1559	362
1559	1388
1560	17
1560	1581
1561	454
1563	497
1564	440
1564	474
1564	1677
1564	2293
1565	395
1566	522
1566	1441
1567	976
1568	425
1569	1201
1571	1312
1571	1606
1574	2299
1575	115
1575	241
1576	1692
1579	474

1579	1654
1580	531
1581	746
1582	1151
1582	1454
1583	16
1583	2132
1584	409
1584	2108
1585	76
1587	1244
1587	1370
1587	1607
1587	2377
1593	1541
1593	2315
1594	1319
1595	229
1595	709
1596	1492
1597	391
1597	1270
1598	2381
1601	672
1603	1349
1604	422
1604	1610
1605	105
1607	1449
1608	266
1608	501
1608	1319
1608	1397
1611	712
1611	2233
1612	2428
1613	1464
1614	357
1614	889
1614	1751
1615	1681
1616	1488
1616	1653
1617	2415



1618	346
1618	1247
1619	1568
1619	2458
1621	120
1621	2394
1622	842
1623	1599
1624	211
1624	328
1624	2491
1625	1236
1625	1528
1626	303
1626	413
1627	890
1628	1047
1630	1667
1631	1652
1632	1687
1633	233
1633	2419
1634	1260
1635	522
1635	561
1635	1427
1635	2223
1636	581
1637	534
1637	1471
1638	300
1639	1205
1639	1526
1640	1152
1641	16
1641	503
1641	1563
1643	1314
1643	2195
1643	2324
1644	1177
1644	1358
1644	1506
1645	606

1647	1074
1647	2391
1648	923
1648	1581
1650	625
1651	212
1651	585
1651	2067
1652	860
1652	910
1653	2057
1657	193
1657	2396
1658	236
1658	1206
1659	15
1659	458
1659	1459
1659	1692
1661	1173
1662	1156
1664	266
1664	295
1664	1240
1665	570
1665	860
1666	91
1667	339
1670	215
1670	1191
1671	1437
1672	51
1672	184
1673	477
1673	1171
1673	1936
1674	1504
1675	2418
1677	499
1680	1132
1680	1458
1681	391
1684	1084
1684	1192

1685	1210
1686	185
1686	216
1686	357
1686	744
1688	1221
1688	2191
1690	267
1690	1010
1691	1052
1693	492
1693	633
1694	236
1694	348
1694	461
1695	316
1695	522
1696	1131
1697	293
1697	902
1698	1284
1699	1155
1700	1230
1702	1119
1705	738
1706	2024
1707	1488
1707	1526
1708	1566
1708	2225
1710	1509
1711	847
1711	862
1711	894
1711	1196
1712	214
1712	607
1712	654
1713	242
1713	1426
1713	2180
1713	2210
1714	259
1714	1416

1714	1465
1715	667
1716	2460
1717	1451
1718	472
1720	1154
1721	290
1721	1056
1721	2429
1722	637
1723	208
1723	1256
1724	310
1724	1083
1725	0
1726	1170
1726	1205
1726	1220
1728	1393
1730	180
1730	1119
1731	327
1731	341
1734	351
1734	1194
1736	893
1736	1500
1737	2197
1739	251
1739	439
1740	1439
1740	2453
1741	23
1741	236
1742	2211
1743	471
1745	12
1746	2243
1746	2478
1747	1951
1748	116
1748	199
1748	1477
1748	2414

1749	343
1751	244
1751	2037
1751	2253
1752	1466
1756	821
1757	2196
1758	1535
1759	177
1761	1349
1761	1390
1762	100
1763	1324
1763	2067
1764	73
1768	2168
1769	2317
1771	2425
1774	1127
1774	1142
1778	1370
1779	1396
1780	2186
1780	2404
1781	2437
1782	2252
1783	1172
1783	1499
1785	1449
1787	1309
1790	2452
1795	513
1795	1061
1795	2128
1797	609
1797	637
1797	2074
1798	2102
1799	430
1799	2340
1800	581
1801	440
1807	263
1807	636

1807	2381
1808	866
1810	585
1811	616
1811	1021
1812	415
1813	1184
1814	846
1816	1273
1816	2365
1820	986
1821	353
1821	2341
1822	636
1822	2258
1822	2473
1823	603
1824	505
1824	869
1824	2247
1826	679
1826	884
1826	1358
1828	1308
1828	1945
1828	2135
1829	2051
1829	2069
1829	2195
1830	944
1830	1267
1830	2101
1831	853
1831	1332
1832	1024
1833	771
1834	1005
1834	2495
1835	686
1838	2460
1841	2339
1841	2484
1842	1294
1842	1448

1842	2389
1843	1582
1844	976
1844	2259
1847	2370
1848	1055
1849	2074
1850	2447
1851	630
1852	1028
1852	1960
1855	1275
1856	275
1857	109
1857	948
1858	522
1859	1674
1859	2340
1860	2365
1861	857
1861	1355
1861	2054
1861	2416
1862	892
1862	2353
1863	2376
1863	2435
1864	1416
1866	773
1866	2263
1868	2146
1869	553
1869	1954
1869	2069
1870	871
1871	33
1871	2215
1872	602
1872	1054
1872	2290
1873	1706
1874	694
1874	2435
1875	1353

1875	1416
1875	1807
1875	2023
1876	359
1877	932
1877	2337
1879	578
1879	1599
1880	851
1881	89
1881	880
1882	559
1883	2493
1884	1735
1884	2048
1884	2454
1888	590
1888	2439
1889	1709
1889	2265
1890	894
1890	1094
1891	2414
1892	337
1892	404
1892	693
1892	1417
1894	1512
1895	2296
1897	1671
1899	1555
1900	525
1900	1806
1900	2000
1900	2256
1901	1613
1902	619
1902	2117
1903	691
1903	710
1904	98
1904	124
1904	199
1904	313



1905	516
1905	2107
1905	2222
1906	2246
1907	1792
1908	2038
1910	85
1910	1987
1910	2096
1912	214
1912	1353
1913	546
1913	1431
1914	333
1915	867
1916	1892
1917	1312
1918	304
1918	679
1922	349
1922	842
1923	585
1924	1030
1924	1431
1924	1523
1925	117
1925	395
1925	544
1929	193
1929	2261
1930	489
1930	1617
1930	2296
1930	2417
1931	853
1931	1551
1931	2286
1932	1293
1932	1320
1932	2447
1933	650
1934	2233
1935	511
1936	1342

1937	2089
1938	530
1938	1588
1938	2008
1940	356
1940	1664
1940	2270
1941	625
1941	783
1941	2302
1942	2314
1942	2467
1943	2109
1944	556
1944	2292
1945	2212
1946	797
1946	2123
1947	1313
1947	1915
1948	1958
1949	1367
1949	1676
1950	981
1951	677
1951	2281
1952	363
1954	1333
1954	1472
1955	522
1956	568
1956	2403
1958	2360
1959	352
1959	468
1959	1291
1959	1617
1959	1716
1959	2161
1960	1443
1960	2050
1960	2197
1961	1901
1961	1982

1961	2220
1961	2295
1961	2498
1962	2273
1965	1315
1966	865
1968	1601
1969	1568
1970	1512
1971	1385
1971	1725
1973	509
1975	798
1975	1335
1977	303
1977	1988
1979	1301
1979	1496
1979	1537
1981	1432
1981	1523
1981	2054
1982	1707
1983	1603
1983	2359
1984	1619
1986	361
1986	1481
1986	1951
1987	1372
1987	2399
1989	1352
1990	698
1991	301
1992	107
1993	1916
1995	914
1996	1301
1996	2239
1999	322
1999	2181
2000	1528
2001	1375
2003	1434

2005	219
2007	454
2007	910
2007	1961
2008	1347
2008	1495
2009	2427
2010	120
2010	1264
2010	1608
2011	1291
2011	1311
2011	1536
2011	1993
2012	355
2013	1742
2014	319
2014	1477
2015	605
2015	862
2016	1331
2017	1424
2018	1513
2020	877
2020	1458
2021	2173
2022	312
2024	34
2025	592
2025	2193
2026	605
2027	457
2027	994
2027	1425
2030	1069
2030	2227
2031	131
2033	2207
2037	2285
2038	623
2040	1068
2040	2148
2041	604
2042	2194

2047	746
2047	1124
2048	1770
2049	590
2049	618
2050	657
2050	1583
2051	334
2051	1964
2052	453
2052	1563
2053	1492
2053	1689
2054	1451
2058	261
2059	1301
2060	191
2061	91
2061	2012
2062	674
2062	952
2062	1921
2064	19
2064	361
2064	685
2065	998
2065	1270
2068	1400
2068	2126
2070	220
2071	648
2071	1452
2072	82
2072	661
2074	483
2078	1569
2079	759
2079	1291
2081	873
2084	653
2084	1578
2085	76
2086	94
2086	105

2086	1480
2087	2208
2089	596
2090	780
2091	498
2093	697
2094	2102
2098	2400
2099	1300
2099	2386
2100	2022
2101	772
2101	2466
2102	2344
2102	2367
2103	510
2103	671
2103	2210
2105	705
2105	1814
2106	964
2106	1677
2107	753
2107	1503
2108	225
2108	801
2108	1329
2109	442
2110	2099
2111	525
2111	736
2112	132
2114	25
2116	66
2116	97
2116	722
2118	2292
2119	651
2119	2204
2120	854
2121	1824
2122	1357
2125	787
2126	1470

2128	552
2128	1453
2128	2189
2129	766
2129	1903
2130	971
2131	1985
2133	1407
2134	1966
2136	2461
2137	868
2139	2211
2140	707
2141	812
2142	577
2144	1299
2145	88
2148	560
2148	1350
2148	2024
2148	2497
2149	198
2149	623
2149	2175
2149	2365
2152	133
2153	699
2154	2200
2155	600
2157	1492
2157	2143
2158	2062
2159	1617
2160	1307
2161	6
2162	575
2163	624
2163	1248
2164	1402
2165	171
2166	518
2168	495
2168	703
2168	1704

2169	747
2170	1690
2170	2361
2172	1090
2175	1289
2175	1605
2176	281
2176	901
2177	1325
2179	214
2180	107
2180	814
2180	954
2180	2168
2181	2157
2181	2222
2182	1107
2183	401
2184	186
2184	2025
2184	2183
2184	2377
2186	2146
2188	741
2189	2055
2189	2475
2190	114
2193	92
2193	1077
2194	519
2195	75
2196	2201
2196	2315
2197	130
2198	1059
2199	2026
2199	2187
2200	201
2200	854
2200	2345
2201	2164
2202	1498
2202	2375
2203	1562



2206	696
2206	1550
2206	2142
2207	753
2207	1676
2207	2125
2209	110
2209	772
2209	2391
2210	1322
2210	1891
2212	1065
2212	1459
2212	2378
2213	542
2214	2027
2215	1522
2216	8
2216	1474
2216	1565
2216	2205
2218	122
2218	885
2218	1036
2218	1350
2219	1302
2219	1790
2219	2171
2219	2234
2221	1507
2222	1825
2223	584
2223	1966
2225	495
2225	1613
2225	1889
2227	1704
2228	1005
2228	1316
2230	986
2231	1304
2232	535
2233	2158
2234	112

2235	1484
2235	2418
2237	1339
2237	2473
2238	1788
2240	1195
2243	2240
2245	1565
2246	1235
2247	1290
2248	1012
2248	2302
2249	1453
2249	1493
2250	416
2251	1270
2252	1512
2253	1413
2253	1657
2253	2249
2254	960
2254	1580
2255	2157
2255	2374
2256	1362
2257	1438
2257	2185
2258	2473
2261	1550
2262	936
2262	1595
2264	1456
2264	1472
2264	1835
2267	1279
2267	1975
2271	519
2271	1512
2271	1958
2272	226
2272	2307
2274	418
2275	2
2277	2448

2278	1550
2278	2286
2279	1451
2282	153
2282	546
2282	683
2282	1207
2282	1225
2282	1572
2283	173
2283	773
2283	1396
2284	1985
2285	37
2286	1325
2288	1928
2289	965
2290	612
2290	1189
2291	2097
2292	87
2292	568
2293	2161
2294	1558
2297	71
2297	1581
2297	1962
2298	1535
2298	2315
2299	2122
2300	228
2301	1615
2302	1944
2305	2046
2306	1798
2307	1496
2308	614
2308	1464
2308	1574
2312	773
2313	2307
2313	2478
2314	37
2314	1168

2314	1200
2314	2152
2315	13
2315	326
2315	1031
2316	368
2316	696
2316	1561
2317	686
2318	1593
2318	2215
2318	2263
2320	1535
2322	431
2323	733
2323	1658
2324	345
2324	1809
2325	663
2328	1174
2329	247
2330	709
2331	86
2331	228
2331	424
2331	511
2331	540
2334	117
2336	1340
2337	737
2337	768
2337	2486
2338	1544
2338	1810
2338	2052
2339	2030
2341	2353
2342	1600
2342	2339
2344	1583
2345	1029
2345	1365
2346	1138
2346	2230

2348	261
2348	752
2348	1659
2348	2000
2349	2053
2351	370
2351	386
2351	1207
2352	14
2353	603
2353	1051
2353	2289
2354	225
2355	914
2355	1929
2356	25
2357	1505
2358	1521
2360	349
2361	1816
2362	1600
2363	2451
2363	2486
2364	1670
2365	136
2366	2237
2368	367
2368	761
2368	1487
2368	2344
2369	508
2369	2220
2370	1553
2370	1564
2371	241
2372	346
2372	985
2372	1535
2372	2114
2373	2286
2374	2459
2376	225
2376	2041
2376	2368

2377	1344
2378	136
2378	1286
2379	2406
2380	491
2380	1714
2381	197
2381	609
2382	2496
2383	2021
2384	527
2385	1413
2387	2212
2387	2373
2388	2049
2388	2307
2388	2448
2389	2296
2390	232
2390	2159
2392	2382
2393	133
2394	1264
2395	2010
2395	2282
2397	1534
2397	1570
2398	2111
2399	1556
2399	1933
2399	2208
2400	2227
2400	2390
2401	956
2401	2097
2403	2084
2404	1448
2405	1908
2405	2186
2405	2378
2407	971
2407	2023
2407	2432
2408	1785

2408	2160
2408	2363
2409	431
2410	1585
2411	2265
2412	766
2413	1242
2415	2309
2416	1345
2416	1596
2420	16
2420	1454
2421	1704
2421	1910
2422	583
2423	525
2423	2372
2425	2405
2429	1499
2430	192
2431	2243
2433	1482
2434	570
2434	2158
2434	2253
2434	2350
2435	142
2435	1697
2436	65
2440	280
2440	1221
2440	1905
2440	2413
2442	125
2442	2099
2444	435
2444	2151
2445	1453
2445	1783
2445	1926
2445	2141
2447	67
2447	2219
2448	1300

2448	2455
2449	264
2449	2266
2451	2385
2452	1483
2453	1795
2454	2312
2455	856
2455	1602
2458	1703
2458	2463
2459	2269
2459	2486
2460	1555
2464	1400
2464	1528
2465	850
2466	31
2466	134
2467	1842
2467	1964
2467	2258
2470	697
2470	729
2470	1423
2470	1496
2470	2127
2471	1897
2471	2406
2472	1485
2472	2267
2473	617
2473	2352
2474	146
2474	2111
2474	2369
2475	674
2476	2424
2477	18
2477	1259
2477	1457
2477	1580
2478	272
2478	1565



2479	1471
2481	697
2481	2044
2482	732
2483	585
2483	1410
2483	1817
2483	2063
2485	643
2485	717
2486	1117
2487	40
2487	1540
2488	1568
2489	1206
2491	685
2491	2153
2492	30
2492	748
2492	1452
2492	1588
2492	2052
2493	1246
2495	2396
2496	1483
2496	2212
2497	1556