

# 2024 年全国大学测绘学科创新创业智能大赛

## 测绘程序设计比赛

### 一、比赛环境要求

参赛小组由 1 人组成，每人配置 1 台电脑、1 个外置摄像头。竞赛过程中选择安静、封闭、整洁的环境，避免无关人员干扰。

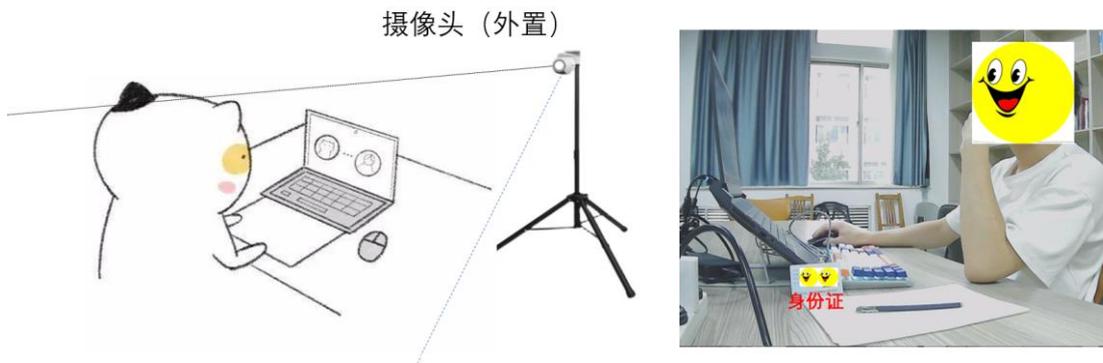


图 1 考试环境示例

### 二、比赛软件要求

1. 编程环境与编程语言：考试软件为 Visual studio 2017。编程语言限制为 Basic、C/C++、C#，不允许使用二次开发平台（如 Matlab、AutoCAD、ArcGIS 等）。

2. 报告编写软件：WPS Office 或 Microsoft Office。

3. 比赛软件：2024 年全国大学生测绘学科创新创业智能大赛考生监考系统（考生端）。

### 三、成果及要求

比赛时长 240 分钟，所有成果必须在考试开始后现场制作。在成果的任何地方都不得出现参赛编号、学校信息或参赛队员信息。

#### 1、成果一：程序正确性

在考生端“程序正确性”界面，根据试题要求填写计算结果。该成果用于程序正确性评分，提交方式如图 2 所示。



图 2 程序正确性提交方式

- 2、成果二：报告文档.pdf
- 3、成果三：源码文件.rar

将源码文件、可执行文件、计算结果等内容，压缩为一个文件，文件名称：源码文件.rar。

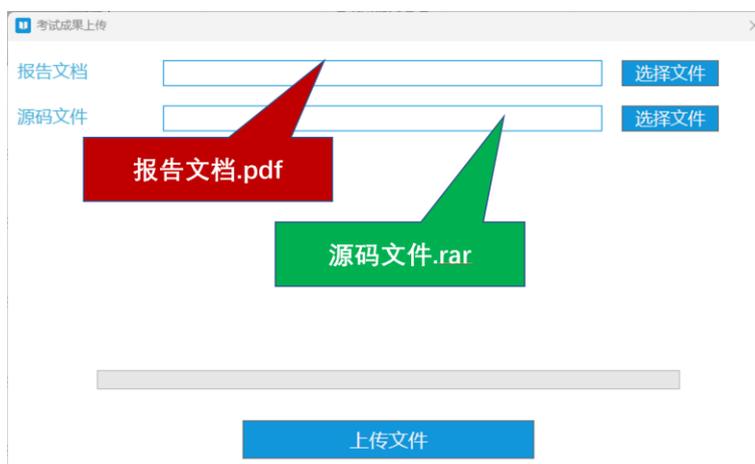


图 3 成果二和成果三提交

说明：程序正确性可以多次保存，以最后一次为准；文件上传只能提交一次；考试结束后，需要关闭考生端软件（该时刻作为考试结束时间）。

## 附件 1：报告文档模板

### 一、程序优化性说明

1. 用户交互界面说明（建议 200 字以内，给出主要用户交互界面图）
2. 程序运行过程说明（建议 200 字以内，给出程序运行过程截图）
3. 程序运行结果（给出程序运行结果）

### 二、程序规范性说明

1. 程序功能与结构设计说明（建议 500 字以内）
2. 核心算法源码（给出主要算法的源码）

## 附件 2：评分说明

测绘程序设计比赛满分 100 分，其中比赛用时成绩 20 分，程序正确性成绩 60 分，程序规范性和优化性成绩 20 分。比赛用时成绩和程序正确性成绩由计算机自动评分，程序规范性和优化性由专家团队评分。

### 1. 程序正确性评分（60 分）

根据《试题册》要求，编程完成相关算法，根据“程序正确性”给分点要求，将相关计算结果填写考生端“程序正确性”界面，并提交。

本项内容用于检验算法的正确性，该项成绩由计算机自动评阅。

### 2. 比赛用时评分（20 分）

比赛用时成绩总分为 20 分，记为  $S_0$ 。第  $i$  组参赛选手提交的时间设为  $T_i$ ，其本项成绩得分  $S_i$  的计算公式为：

$$S_i = \left( 1 - \frac{T_i - T_1}{T_n - T_1} \times 40\% \right) \times S_0$$

式中： $T_1$  是第一组“程序正确性成绩  $\geq 30$  分”参赛队伍的比赛时间。 $T_n$  是在规定时间内最后一组参赛队伍的比赛时间。由该公式可知：第一组的时间得分为 20 分， $T_n$  组的时间分为 12 分。

特殊情况说明：（1）第一组之前提交的参赛选手，本项成绩为 15 分；（2）比赛用时超过比赛规定时间 15 分钟以内，本项成绩为 7 分；（3）比赛用时超过比赛规定时间 15 分钟以上，取消比赛资格。

### 3. 专家评分（20 分）

评测内容	评分细则说明
程序优化性（10 分）	人机交互界面设计良好（4 分）
	容错性、鲁棒性好（3 分）
	计算成果规范（3 分）
程序规范性（10 分）	程序设计合理（3 分）
	类结构、函数设计清晰（3 分）
	注释规范（2 分）
	类、函数和变量命名规范（2 分）

# 空间探索性分析

美国 X 市下设 7 区，分别是 1 区、2 区……7 区，如图 1 所示。该市在某年 8 月发生了一系列犯罪事件，图 1 中圆点即为这些事件的发生地点。

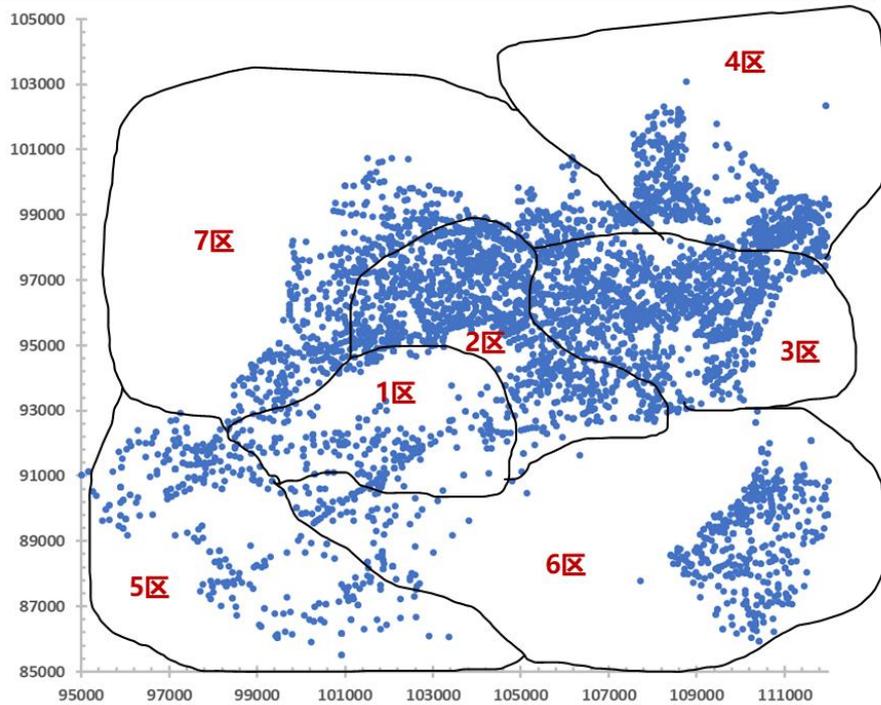


图 1 事件分布与分区示意图

现运用空间探索性分析，对该数据展开研究。通过标准差椭圆来呈现数据的分布方向与范围，借助空间权重来界定各区间之间的相互关系；利用空间莫兰指数，判别数据在空间上的分布状况。

## 一、读取数据文件

编写程序，读取文件“正式数据.txt”，每行记录包括“Id, x、y、区号”等内容，基本格式见表 1。

表 1 数据内容和格式说明

数据内容	格式说明
id, x (m), y (m), area_code	说明行
P1, 92358.592, 100592.066, 1	点名, x(以 m 为单位), y (以 m 为单位), 事件所在区号
P2, 92446.362, 100679.836, 1	
P3, 92455.312, 100688.786, 1	
P4, 92508.172, 100741.646, 1	
P5, 92575.085, 100808.559, 2	
P6, 92597.476, 100830.950, 4	
P7, 92606.744, 100840.218, 4	
.....	

**【程序正确性】** 给出点 P6 信息，其中坐标留 3 位小数，区号输出为整数。

## 二、程序算法

### 1. 探索性数据分析

对于 X 市发生犯罪事件的相关记录，采用平均中心和标准差椭圆的方式，来呈现数据的分布方向与范围。

#### 1.1 数据统计

统计每个区的事件数量，记为  $n_i$ ，并统计总的事件数量（记为  $n$ ）。

**【程序正确性】** 统计每个区的事件数量，以及总的事件数量，输出为整数。

#### 1.2 计算平均中心

一组事件点的平均中心指的是所有事件点空间位置的算术平均值。通过一组事件点的平均中心，能够发现该组事件点空间集中位置偏移的规律，进而对事件的聚集情况进行分析。

平均中心的计算公式如下：

$$\begin{cases} \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \\ \bar{Y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} \end{cases} \quad (1)$$

其中， $(\bar{X}, \bar{Y})$  表示的  $x$  坐标和  $y$  坐标的平均值； $n$  为事件的总数； $(x_i, y_i)$  为第  $i$  个事件点的空间坐标。

**【程序正确性】** 计算坐标分量  $x$  的平均值与坐标分量  $y$  的平均值，结果保留至小数点后三位。

### 1.3 标准差椭圆计算

一组数据点在空间上的聚集性和方向性可以用标准差椭圆来描述。椭圆的长半轴方向表明事件点在空间上的延伸走向，短半轴的长度反映了事件点的聚集程度，短半轴越短，意味着事件点在空间上的聚集性越强。椭圆的扁率越大，也就是长短半轴的值之比越大，表明事件点具有更为显著的方向性；反之，若椭圆扁率越小，则说明事件点的方向性越不明显，当椭圆扁率为 1 时，意味着事件点在空间上的分布不存在方向性。

以所有事件点的平均中心为基准，计算所有事件点  $x$  坐标和  $y$  坐标的标准差，计算公式为：

$$\begin{cases} a_i = x_i - \bar{X} \\ b_i = y_i - \bar{Y} \end{cases} \quad (2)$$

再依据标准差的大小来确定椭圆的长半轴和短半轴，如此得出的椭圆即为事件点的标准差椭圆，计算公式如下：

$$\begin{cases} \theta = \arctan \frac{A+B}{C} \\ SDE_x = \sqrt{2} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (a_i \cos \theta + b_i \sin \theta)^2}{n}} \\ SDE_y = \sqrt{2} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (a_i \sin \theta - b_i \cos \theta)^2}{n}} \end{cases} \quad (3)$$

辅助量  $A$ 、 $B$ 、 $C$  的计算公式为：

$$\begin{cases} A = \sum_{i=1}^n a_i^2 - \sum_{i=1}^n b_i^2 \\ B = \sqrt{\left(\sum_{i=1}^n a_i^2 - \sum_{i=1}^n b_i^2\right)^2 + 4\left(\sum_{i=1}^n a_i b_i\right)^2} \\ C = 2\sum_{i=1}^n a_i b_i \end{cases}$$

其中， $\theta$ 表示标准差椭圆长轴与垂直方向的夹角（以弧度为单位）； $SDE_x$ 表示标准差椭圆的长半轴， $SDE_y$ 表示椭圆的短半轴。

**【程序正确性】**计算 P6 坐标分量相对于平均中心的偏移量  $a_6$ 、 $b_6$ ，辅助量 A、B、C，以及所有犯罪事件的标准差椭圆法参数： $\theta$ 、 $SDE_x$ 、 $SDE_y$ 。计算结果保留至小数点后三位。

## 2.空间权重矩阵

### 2.1 计算各区的平均中心

针对每一个区，利用该区中数据，计算其中心点。例如计算 x1 区的中心点坐标，选取区号为 1 的所有数据，计算其坐标平均值。

第 j 区（区号为 j）的平均中心计算公式为：

$$\begin{cases} X_j = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} x_i}{n_j} \\ Y_j = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} y_i}{n_j} \end{cases} \quad \text{选择区号为j的点参与计算} \quad (4)$$

其中  $j=1,2,\dots,7$  是区号，计算第 j 区的平均值时，只选用该区中的事件参与计算。

**【程序正确性】**给出 1 区、4 区中平均中心坐标，输出结果保留 3 位小数

### 2.2 计算各区之间的空间权重矩阵

采用距离的倒数作为两个区之间的权重，即 i 和 j 区之间权为：

$$w_{i,j} = \frac{1000}{d_{ij}} = \frac{1000}{\sqrt{(X_i - X_j)^2 + (Y_i - Y_j)^2}} \quad i, j = 1, 2, \dots, 7; i \neq j \quad (5)$$

该权重矩阵是一个对称矩阵，形式如表 2 所示。

表 2 邻接关系的空间权重矩阵

	1 区	2 区	3 区	4 区	5 区	6 区	7 区
1 区	0.0						
2 区		0.0					
3 区			0.0				
4 区				0.0			
5 区					0.0		
6 区						0.0	
7 区							0.0

**【程序正确性】** 给出权重  $w_{1,4}$  和权重  $w_{6,7}$ , 输出结果保留 3 位小数。

### 3. 莫兰指数计算

为进一步研究犯罪数据的空间分布特征, 通过聚类和异常值分析研究空间自相关性和空间异质性, 找到研究区域内犯罪数据的清晰边界及存在异常模式的地理单元。

#### 3.1 数据整理

为了便于计算, 定义  $N$  为分区的总数 ( $N=7$ ), 每个区发生的事件数量记为  $x_i$

(即  $x_i = n_i$ ), 研究区域发生事件的平均值记为  $\bar{X}$ , 即:

$$\bar{X} = \frac{n}{N} \quad (6)$$

**【程序正确性】** 计算研究区域犯罪事件的平均值, 结果保留 3 位小数。

#### 3.2 全局莫兰指数

全局莫兰指数是度量所有要素的相近程度, 计算公式为:

$$\begin{cases} I = \frac{N}{S_0} \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N w_{ij} (x_i - \bar{X})(x_j - \bar{X})}{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{X})^2} \\ S_0 = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N w_{ij} \end{cases} \quad (7)$$

其中 $x_i$  和 $x_j$ 是分区  $i$  和 $j$  的属性值（即发生事件的数量）， $\bar{X}$  是研究区域属性值的平均值， $w_{ij}$  是分区  $i$  和 $j$  之间的空间权重， $N$  为分区总数。

**【程序正确性】** 计算全局莫兰指数，结果保留 3 位小数。

### 3.3 局部莫兰指数

局部莫兰指数计算公式如下：

$$\begin{cases} I_i = \frac{x_i - \bar{X}}{S_i^2} \sum_{j=1, j \neq i}^N w_{ij} (x_j - \bar{X}) \\ S_i^2 = \frac{\sum_{j=1, j \neq i}^N (x_j - \bar{X})^2}{N-1} \end{cases} \quad (8)$$

其中， $x_i$  是分区  $i$  的犯罪事件数量， $\bar{x}$  是研究区域犯罪事件平均值， $w_{i,j}$  是分区  $i$  和 $j$  之间的空间权重， $N$  为分区总数。

**【程序正确性】** 计算犯罪事件的局部莫兰指数，结果保留 3 位小数。

### 3.4 计算局部莫兰指数的 Z 得分

局部莫兰指数的平均数记为  $\mu$ ，计算公式为：

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^N I_i}{N} \quad (9)$$

局部莫兰指数的标准差记为  $\sigma$ ，计算公式为：

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (I_i - \mu)^2}{N-1}} \quad (10)$$

Z 得分是判断数据点是否异常的重要指标，计算公式如下：

$$Z_i = \frac{I_i - \mu}{\sigma} \quad (11)$$

【程序正确性】计算局部莫兰指数的平均数  $\mu$ 、标准差  $\sigma$  和 Z 得分  $Z_i$ ，结果保留 3 位小数。

### 三、程序正确性和计算结果输出

#### 1. 程序正确性

根据读取的数据文件，编程完成相关算法，按照格式要求输出结果，如下表所示。并将计算结果填写到“考生客户端”对应的“程序正确性”表格中。（已经填写的数据仅供参考）

其中：

序号 1 至 3：对应于“一、读取数据文件”；

序号 4 至 7：对应于“1.1 数据统计”；

序号 8 至 9：对应于“1.1 计算平均中心”；

序号 10 至 17：对应于“1.2 标准差椭圆计算”；

序号 18 至 21：对应于“2.1 计算各区的平均中心”；

序号 22 至 23：对应于“2.2 计算各区之间的空间权重矩阵”；

序号 24：对应于“3.1 数据整理”；

序号 25 至 26：对应于“3.2 全局莫兰指数”；

序号 27 至 30：对应于“3.3 局部莫兰指数”；

序号 31 至 36：对应于“3.4 计算局部莫兰指数的 Z 得分”。

序号	说明	输出格式要求
1	P6 的坐标 x	92295.323
2	P6 的坐标 y	*.***（保留 3 位小数）
3	P6 的区号	4
4	1 区（区号为 1）的事件数量 $n_1$	1408
5	4 区（区号为 4）的事件数量 $n_4$	*（输出整数）
6	6 区（区号为 6）的事件数量 $n_6$	*（输出整数）
7	事件总数 n	7754
8	坐标分量 x 的平均值 $\bar{X}$	*.***（保留 3 位小数）

9	坐标分量 $y$ 的平均值 $\bar{Y}$	*.*** (保留 3 位小数)
10	P6 坐标分量与平均中心之间的偏移量 $a_6$	-3340.143
11	P6 坐标分量与平均中心之间的偏移量 $b_6$	*.*** (保留 3 位小数)
12	辅助量 A	*.*** (保留 3 位小数)
13	辅助量 B	*.*** (保留 3 位小数)
14	辅助量 C	*.*** (保留 3 位小数)
15	标准差椭圆长轴与垂直方向的夹角 $\theta$	*.*** (保留 3 位小数)
16	标准差椭圆的长半轴 $SDE_x$	*.*** (保留 3 位小数)
17	标准差椭圆的短半轴 $SDE_y$	*.*** (保留 3 位小数)
18	1 区平均中心的坐标分量 $X$	*.*** (保留 3 位小数)
19	1 区平均中心的坐标分量 $Y$	*.*** (保留 3 位小数)
20	4 区平均中心的坐标分量 $X$	*.*** (保留 3 位小数)
21	4 区平均中心的坐标分量 $Y$	*.*** (保留 3 位小数)
22	1 区和 4 区的空间权重 $w_{1,4}$	*.***** (保留 6 位小数)
23	6 区和 7 区的空间权重 $w_{6,7}$	*.***** (保留 6 位小数)
24	研究区域犯罪事件的平均值 $\bar{X}$	*.***** (保留 6 位小数)
25	全局莫兰指数辅助量 $S_0$	*.***** (保留 6 位小数)
26	全局莫兰指数 $I$	*.***** (保留 6 位小数)
27	1 区的局部莫兰指数 $I_1$	-0.046333
28	3 区的局部莫兰指数 $I_3$	*.***** (保留 6 位小数)
29	5 区的局部莫兰指数 $I_5$	*.***** (保留 6 位小数)
30	7 区的局部莫兰指数 $I_7$	*.***** (保留 6 位小数)
31	局部莫兰指数的平均数 $\mu$	-0.002412
32	局部莫兰指数的标准差 $\sigma$	*.***** (保留 6 位小数)
33	1 区局部莫兰指数的 $Z$ 得分 $Z_1$	*.***** (保留 6 位小数)
34	3 区局部莫兰指数的 $Z$ 得分 $Z_3$	*.***** (保留 6 位小数)
35	5 区局部莫兰指数的 $Z$ 得分 $Z_5$	*.***** (保留 6 位小数)
36	7 区局部莫兰指数的 $Z$ 得分 $Z_7$	*.***** (保留 6 位小数)

本试题涉及“保留\*位小数”时，填写答案按保留小数后的结果，后续计算时仍使用原结果。

## 2. 计算结果输出

将上表结果，编程保存在“**result.txt**”文件中。文件格式如下：

序号, 说明, 计算结果
1, P6 的坐标 x, 100539.999
2, ……
……

## 四、用户界面设计

### 1. 交互界面设计与实现要求

- (1) 包括菜单、工具栏、表格等功能。
- (2) 要求功能正确、可正常运行，布局合理、直观美观、人性化。

### 2. 计算报告的显示与保存

- (1) 将相关统计信息、计算报告在用户界面中显示；
- (2) 保存为文本文件 (\*.txt)。