

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。

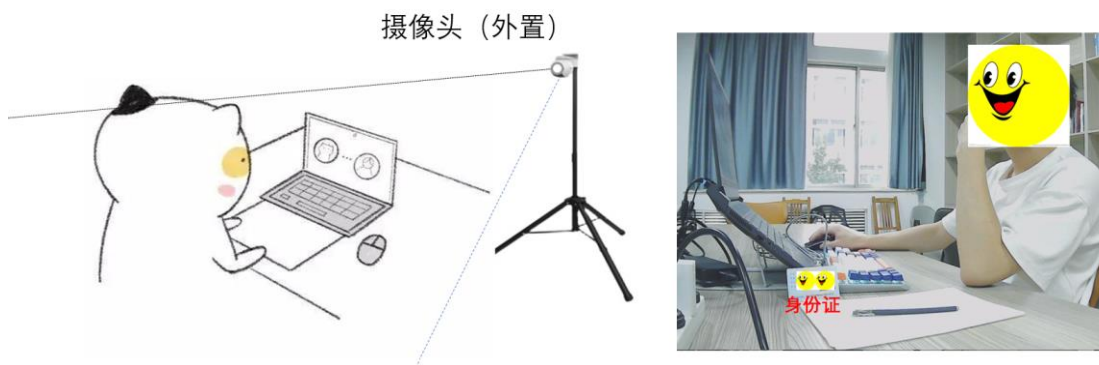


图 1 考试环境示例

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。

次序	描述	得分	答案(必填, 双击填写此列)
1	基点 P0 的坐标分量 x	1	
2	基点 P0 的坐标分量 y	1	
3	基点 P5 的坐标分量 x	1	
4	基点 P5 的坐标分量 y	1	
5	第 3 个凸包点的坐标分量 x	1	
6	第 3 个凸包点的坐标分量 y	1	
7	第 5 个凸包点的坐标分量 x	1	
8	第 5 个凸包点的坐标分量 y	1	
9	最小外包矩形的左下顶点横坐标	1	
10	最小外包矩形的左下顶点纵坐标	1	
11	L 取 5 时的最小外包矩形的左下顶点横坐标	2	
12	L 取 5 时的最小外包矩形的左下顶点纵坐标	2	
13	格网单元计算出的外包矩形的左下顶点横坐标	1	
14	格网单元计算出的外包矩形的左下顶点纵坐标	1	
15	r 值(外包矩形的左下顶点横坐标)	2	
16	外包矩形左下角顶点的纵坐标	1	
17	外包矩形右下角顶点的横坐标	1	
18	外包矩形右上角顶点的纵坐标	1	
19	外包矩形左上角顶点的高程	1	

保存

一定要保存!

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。

考试成果上传

报告文档 选择文件

源码文件 选择文件

报告文档.pdf

源码文件.rar

上传文件

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 ≥ 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。

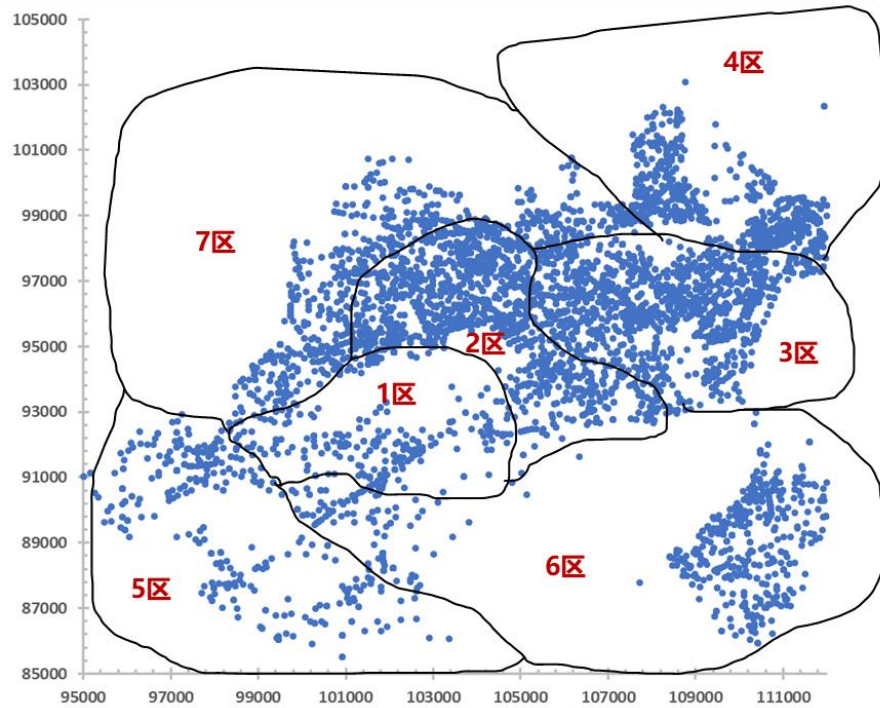


图 1 事件分布与分区示意图

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， θ 表示标准差椭圆长轴与竖直方向的夹角（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： θ 、 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 and 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:

$$\bar{X} = \frac{n}{N}$$

(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 μ ，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 σ ，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 μ 、标准差 σ 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 a6	-3340.143
11	P6 坐标分量与平均中心之间的偏移量 b6	*,*** (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	标准差椭圆长轴与竖直方向的夹角 θ	*,*** (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 μ	-0.002412
32	局部莫兰指数的标准差 σ	*,***** (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)。