

GEO-SPATIAL INFORMATION SCIENCE

● 高等学校测绘工程系列教材

测绘程序设计试题集

李英冰 著



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

高等学校测绘工程系列教材

测绘程序设计试题集

李英冰 著



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

测绘程序设计试题集/李英冰著. —武汉:武汉大学出版社,2017.12
高等学校测绘工程系列教材
ISBN 978-7-307-16825-1

I. 测… II. 李… III. 测绘—程序设计—高等学校—习题集
IV. P209-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 262808 号

责任编辑:王金龙

责任校对:汪欣怡

版式设计:汪冰滢

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件:cbs22@whu.edu.cn 网址:www.wdp.com.cn)

印刷:湖北金海印务有限公司

开本:787×1092 1/16 印张:7.5 字数:183千字

版次:2017年12月第1版 2017年12月第1次印刷

ISBN 978-7-307-16825-1

定价:19.00元



版权所有,不得翻印;凡购买我社的图书,如有质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。

前 言

近年来，测绘科学与技术飞速发展，数据获取手段越来越强大，数据类型越来越复杂，应用领域越来越广泛，因此也就越来越离不开计算机编程。计算机已经成为测绘数据处理的基本工具，特别是移动互联网、云计算和大数据等现代技术的兴起，测绘程序设计已经成为测绘工程专业人员所必备的基本能力。

由于测绘专业所需知识的理论性很强，在程序设计时不仅需要很强的编程水平，还必须具备正确的测绘理论思维。在测绘编程实践学习中，如何设计合适的输入数据，以及难度适中的实践算法，是当前测绘学生编程练习时比较困难的选择，也是学生编程实战能力快速提升的关键。

测绘程序设计已经受到测绘教育的高度重视，许多院校开设了相关课程，全国大学生测绘技能大赛增加了程序设计板块，武汉大学的测绘技能大赛设有程序比赛专项。在大学生夏令营优秀营员选拔、硕士生和博士生复试等都有编程环节，为优秀人才的选拔起到了积极作用。

本书精心设计了 18 道试题，其中 6 题源于真实考题。试题分为基础篇和高级篇。基础篇的难易程度相当于夏令营、研究生复试以及测绘程序设计期末上机测试。高级篇的难度相当于测绘程序竞赛。限于篇幅和程序语言的多样性，在书中不提供具体的程序代码。在主页 <http://ybli.users.sgg.whu.edu.cn> 提供前 3 题的 C#源码，以及后 15 题可执行文件及数据文件，供同学们在练习时参考。

感谢同事和同学们给予本书的各种贡献。试题 2 由詹总谦副教授原创，作者改编而成。试题 10 至试题 18 的源程序由赵望宇、辛绍铭、李萌等同学开发。感谢黄劲松副教授、虞晖副教授、李军研究员的讨论与帮助。本书得到许才军教授、邹进贵教授的大力支持。最后，向我的家人致以最深最由衷的谢意，感谢他们在我编写本书期间的支持与理解。

本书的出版是在国家高科技研究发展计划（2009AA12Z320）、武汉大学测绘学院教学项目“测绘程序竞赛系统开发”的支持下完成的。

编者

2017 年 9 月于武汉大学

目 录

基础篇	1
试题 1 出租车轨迹数据计算	3
试题 2 矩阵卷积计算	8
试题 3 利用线性回归模型进行卫星轨道的预报	11
试题 4 最短路径计算	14
试题 5 时间系统转换	17
试题 6 轨迹数据压缩算法	20
试题 7 电离层改正计算	23
试题 8 对流层改正计算	28
试题 9 反距离加权插值	32
高级篇	35
试题 10 坐标转换	37
试题 11 大地主题正反算	46
试题 12 附和水准路线近似平差计算	53
试题 13 附和导线近似平差计算	62
试题 14 三角高程近似平差	72
试题 15 纵横断面计算	79
试题 16 利用构建规则格网 (GRID) 进行体积计算	87
试题 17 利用构建不规则三角网 (TIN) 进行体积计算	96
试题 18 道路曲线要素计算与里程桩计算	102
参考文献	113

基础篇

本部分主要考查文本文件读取、简单测绘算法实现和报告文档输出等知识点。试题难度相当于研究生入学考试、测绘程序课程期末考试、大学生夏令营优秀营员考试等试题内容。编程语言不限，测试时间 2 小时。

试题 1 出租车轨迹数据计算

出租车轨迹数据隐含着出行信息，可进行交通状况、人们活动方式等分析。本题针对出租车数据，实现时间转换、速度计算、方位角计算、距离计算等功能。

一、数据文件读取 (20 分)

编写程序读取“出租车数据.txt”，数据内容如表 1-1 所示。数据以 ASCII 文本格式表示，以逗号为分隔符，以回车换行符为结尾。数据项及顺序为：车辆标识 (2 个字符)、运营状态 (0 = 空车, 1 = 载客, 2 = 驻车, 3 = 停运, 4 = 其他)，北京时间 (YYYYMMDDHHNNSS, YYYY 表示年, MM 表示月, DD 表示日, HH 表示小时, NN 表示分, SS 表示秒)，x (x 坐标分量，以米为单位)，y (y 坐标分量，以米为单位)。

表 1-1

数据内容

数据内容
车辆标识, 运营状态, 北京时间, x, y
T2, 0, 20170706123247, 4406023.008, 522527.941
T2, 0, 20170706123340, 4404760.859, 522966.967
T2, 0, 20170706123434, 4404320.939, 524120.696
T2, 0, 20170706123525, 4404971.927, 525174.235
T2, 0, 20170706123620, 4405145.897, 526401.122
T2, 0, 20170706123715, 4404969.163, 527571.039
T2, 0, 20170706123901, 4404771.901, 530189.557
T2, 0, 20170706123951, 4404468.483, 531314.392
T2, 0, 20170706124041, 4403225.367, 531629.348
T2, 0, 20170706124135, 4402593.718, 532410.002
T2, 0, 20170706124229, 4402988.916, 533694.337
T2, 0, 20170706124322, 4403398.169, 534947.760
T2, 0, 20170706124417, 4404306.169, 535751.572
T2, 0, 20170706124510, 4405337.935, 536109.508
T2, 0, 20170706124603, 4406129.248, 536932.496
T2, 0, 20170706124703, 4406242.241, 538293.890
T2, 0, 20170706124753, 4406677.312, 539311.147
T2, 0, 20170706124846, 4407692.609, 540050.815
T2, 0, 20170706124941, 4408659.552, 541003.526
T2, 0, 20170706125035, 4409203.573, 542126.209
T2, 0, 20170706125129, 4409666.365, 543085.879
T2, 0, 20170706125224, 4410234.755, 543827.316

T2, 0, 20170706125317, 4410778.461, 544387.861
T2, 0, 20170706125413, 4410884.696, 544882.323
T2, 0, 20170706125620, 4410505.548, 545519.426
T2, 0, 20170706125710, 4410209.126, 545958.178
T2, 0, 20170706125803, 4409691.593, 546250.667
T2, 0, 20170706125914, 4409150.848, 546555.092
T2, 0, 20170706130009, 4408685.795, 547114.556
T2, 0, 20170706130103, 4408244.312, 547709.867
T2, 0, 20170706130158, 4407708.146, 548264.032
T2, 0, 20170706130251, 4407685.017, 548490.912
T2, 0, 20170706130345, 4407689.771, 549105.089
T2, 0, 20170706130438, 4407686.207, 549209.007
T2, 0, 20170706130533, 4407685.363, 549209.013
T2, 0, 20170706130626, 4407695.307, 548977.641
T2, 0, 20170706130721, 4407696.404, 548750.899
T2, 0, 20170706130815, 4407782.937, 548233.509
T2, 0, 20170706205550, 4409506.693, 546353.033

二、算法实现 (60 分)

对车辆标识为 T2 的数据, 编程实现以下算法, 在计算中, 不考虑高程变化的影响。

(1) 将时间转换为简化儒略日格式 (15 分)。

由公历的年 (Y)、月 (M)、日 (D)、时 (h, 世界时的小时数)、分 (N)、秒 (S) 计算简化儒略日的方法为:

$$\text{MJD} = -678987 + 367 \times Y - \text{int}\left\{\frac{7}{4}\left[Y + \text{int}\left(\frac{M+9}{12}\right)\right]\right\} - \text{int}\left(\frac{275 \times M}{9}\right) + D + \frac{h}{24} + \frac{N}{1440} + \frac{S}{86400} \quad (1-1)$$

(2) 计算每个时段的速度, 计算结果以千米/小时 (km/h) 为单位 (15 分)。

(3) 计算每个时段的方位角, 计算结果以度 (°) 为单位, 取值为 0° 至 360° (15 分)。

已知 $A(x_A, y_A)$ 、 $B(x_B, y_B)$, 其方位角的计算公式为:

$$\alpha_{AB} = \arctan\left(\frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}\right) \quad (1-2)$$

坐标方位角取值如表 1-2 所示。

表 1-2

坐标方位角取值方式

Δy_{AB}	Δx_{AB}	方位角
+ 或 -	-	$180^\circ + \alpha_{AB}$
+ 或 -	+	α_{AB}
>0	0	90°
<0	0	270°

注：若 $\alpha_{AB} < 0$ ，则 $\alpha_{AB} = \alpha_{AB} + 360^\circ$ ，若 $\alpha_{AB} > 360^\circ$ ，则 $\alpha_{AB} = \alpha_{AB} - 360^\circ$ 。

(4) 计算累积距离、开始点和终止点之间的直线距离，计算结果以千米 (km) 为单位 (15 分)。

三、计算结果报告 (20 分)

针对车辆标识为 T2 的数据，依次计算每个时段的速度、方位角，输出以下格式的计算结果。

-----速度和方位角计算结果-----

时段序号，时段开始时间 (儒略历格式，保留 5 位小数)，时段结束时间 (儒略历格式，保留 5 位小数)，速度 (km/h，保留 3 位小数)，方位角 ($^\circ$ ，保留 3 位小数)

.....

-----距离计算结果-----

累积距离：以 km 为单位，保留 3 位小数

首尾直线距离：以 km 为单位，保留 3 位小数

四、参考答案

4.1 测试数据计算结果

-----速度和方位角计算结果-----

00, 57940.18943-57940.19005, 90.769, 340.820

01, 57940.19005-57940.19067, 82.317, 290.872

02, 57940.19067-57940.19126, 87.419, 58.288

03, 57940.19126-57940.19190, 81.109, 81.929

04, 57940.19190-57940.19253, 77.445, 278.590

05, 57940.19253-57940.19376, 89.183, 274.308

06, 57940.19376-57940.19434, 83.883, 285.096

07, 57940.19434-57940.19492, 92.332, 345.783

08, 57940.19492-57940.19554, 66.946, 308.977
09, 57940.19554-57940.19617, 89.584, 72.897
10, 57940.19617-57940.19678, 89.561, 71.918
11, 57940.19678-57940.19742, 79.375, 41.517
12, 57940.19742-57940.19803, 74.180, 19.132
13, 57940.19803-57940.19865, 77.550, 46.124
14, 57940.19865-57940.19934, 81.965, 85.255
15, 57940.19934-57940.19992, 79.660, 66.844
16, 57940.19992-57940.20053, 85.324, 36.074
17, 57940.20053-57940.20117, 88.850, 44.575
18, 57940.20117-57940.20179, 83.170, 64.146
19, 57940.20179-57940.20242, 71.029, 64.255
20, 57940.20242-57940.20306, 61.150, 52.526
21, 57940.20306-57940.20367, 53.043, 45.874
22, 57940.20367-57940.20432, 32.512, 77.874
23, 57940.20432-57940.20579, 21.016, 300.757
24, 57940.20579-57940.20637, 38.124, 304.043
25, 57940.20637-57940.20698, 40.379, 330.527
26, 57940.20698-57940.20780, 31.464, 330.622
27, 57940.20780-57940.20844, 47.619, 309.735
28, 57940.20844-57940.20906, 49.410, 306.561
29, 57940.20906-57940.20970, 50.471, 314.054
30, 57940.20970-57940.21031, 15.491, 275.821
31, 57940.21031-57940.21094, 40.946, 89.557
32, 57940.21094-57940.21155, 7.063, 271.964
33, 57940.21155-57940.21219, 0.055, 359.593
34, 57940.21219-57940.21280, 15.730, 272.461
35, 57940.21280-57940.21344, 14.841, 270.277
36, 57940.21344-57940.21406, 34.972, 279.495
37, 57940.21406-57940.53877, 0.327, 312.510

-----距离计算结果-----

累积距离: 37.245 (km)

首尾直线距离: 24.078 (km)

图 1-1 是用户界面示例, 用以显示打开文件的内容、计算成果和保存相关内容。

4.2 试题说明

本题源于 2017 年武汉大学测绘学院夏令营编程测试。共 144 名同学参加测试, 1 名

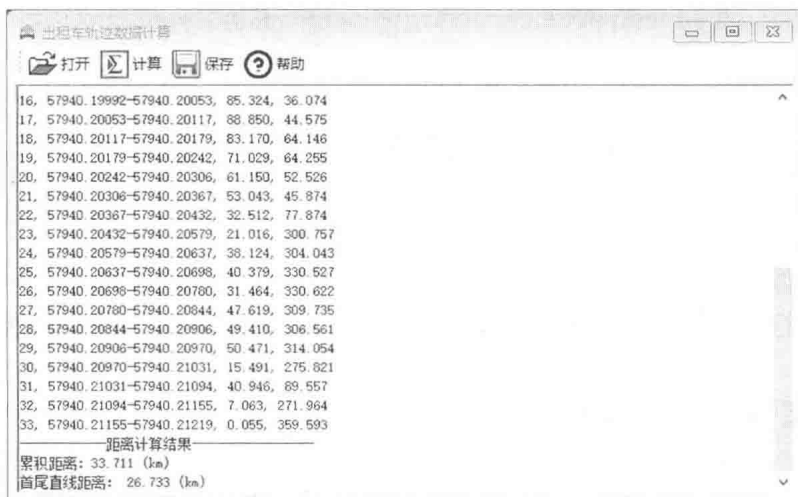


图 1-1 用户界面示例

同学弃考, 1 名同学提交计算成果无效, 考试成绩统计如图 1-2 所示。

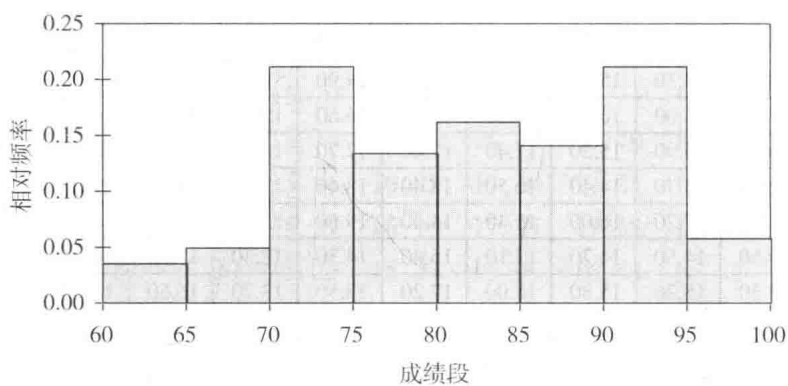


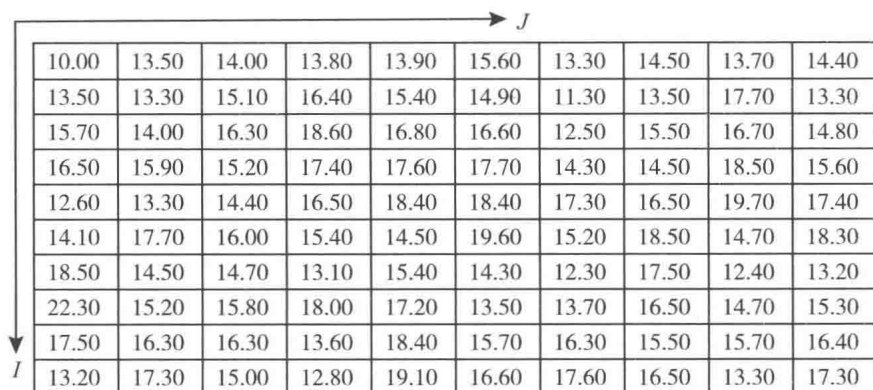
图 1-2 成绩统计图

试题 2 矩阵卷积计算

在遥感图像处理中,经常要进行图像增强、图像滤波、边缘提取等操作,将原始影像与算子模板进行卷积计算。本题采用文本数据,相关思想可应用于图像处理之中。

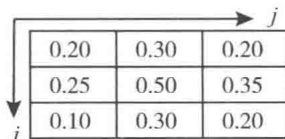
一、数据文件读取 (20 分)

编写程序,读取“ N 矩阵.txt”和“ M 矩阵.txt”,其中文件“ N 矩阵.txt”的内容如图 2-1 所示,代表方形矩阵 $N_{i,j}$ ($i=0,1,\dots,9; j=0,1,\dots,9$) (10 行,10 列),其中文件“ M 矩阵.txt”的内容如图 2-2 所示,代表方形矩阵 $M_{i,j}$, ($i=0,1,2; j=0,1,2$) (3 行,3 列)。



10.00	13.50	14.00	13.80	13.90	15.60	13.30	14.50	13.70	14.40
13.50	13.30	15.10	16.40	15.40	14.90	11.30	13.50	17.70	13.30
15.70	14.00	16.30	18.60	16.80	16.60	12.50	15.50	16.70	14.80
16.50	15.90	15.20	17.40	17.60	17.70	14.30	14.50	18.50	15.60
12.60	13.30	14.40	16.50	18.40	18.40	17.30	16.50	19.70	17.40
14.10	17.70	16.00	15.40	14.50	19.60	15.20	18.50	14.70	18.30
18.50	14.50	14.70	13.10	15.40	14.30	12.30	17.50	12.40	13.20
22.30	15.20	15.80	18.00	17.20	13.50	13.70	16.50	14.70	15.30
17.50	16.30	16.30	13.60	18.40	15.70	16.30	15.50	15.70	16.40
13.20	17.30	15.00	12.80	19.10	16.60	17.60	16.50	13.30	17.30

图 2-1 矩阵 N



0.20	0.30	0.20
0.25	0.50	0.35
0.10	0.30	0.20

图 2-2 矩阵 M

二、算法实现 (60 分)

1. 算法 1 (30 分)

请完成以下内容:

$$V_{i,j} = \left(\sum_{i=0}^{i=2} \sum_{j=0}^{j=2} M_{i,j} \cdot N_{I-i-1, J-j-1} \right) / \left(\sum_{i=0}^{i=2} \sum_{j=0}^{j=2} M_{i,j} \right) \quad (2-1)$$

当 $I-i-1 < 0$ 或 $J-j-1 < 0$ 或 $I-i-1 > 9$ 或 $J-j-1 > 9$ 时, $M_{i,j} = 0$ 。

2. 算法 2 (30 分)

$$V_{i,j} = \left(\sum_{i=0}^{i=2} \sum_{j=0}^{j=2} M_{i,j} \cdot N_{9-(I-i-1), 9-(J-j-1)} \right) / \left(\sum_{i=0}^{i=2} \sum_{j=0}^{j=2} M_{i,j} \right) \quad (2-2)$$

当 $I-i-1 < 0$ 或 $J-j-1 < 0$ 或 $I-i-1 > 9$ 或 $J-j-1 > 9$ 时, $M_{i,j} = 0$

三、计算结果报告 (20 分)

报告结果: V。

四、参考答案

4.1 测试数据计算结果

算法 1 结果:

NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
NaN	10.00	11.40	12.64	13.80	13.89	14.36	14.46	14.30	13.93
NaN	11.56	12.07	13.03	14.25	14.61	14.76	14.33	13.78	13.99
NaN	13.66	13.29	13.83	15.00	15.78	15.72	14.71	13.74	14.17
NaN	15.59	15.07	14.95	15.73	16.86	16.98	15.70	14.33	14.70
NaN	14.94	15.02	14.95	15.56	16.85	17.60	17.01	15.73	15.85
NaN	13.85	14.51	14.83	15.37	16.10	17.27	17.52	16.95	16.59
NaN	15.43	15.17	15.30	15.25	15.23	15.96	16.43	16.52	16.17
NaN	19.08	17.34	16.38	15.40	15.34	15.30	15.06	14.99	15.35
NaN	19.86	18.46	16.89	15.50	15.94	15.97	15.19	14.64	15.30

算法 2 结果:

NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
NaN	17.30	15.70	15.36	15.90	17.00	17.60	16.59	15.23	15.03
NaN	16.90	16.03	15.51	15.75	16.59	17.16	16.63	15.48	15.10
NaN	16.16	15.86	15.56	15.55	15.77	16.16	16.62	16.03	15.48
NaN	14.74	14.70	15.10	15.18	14.84	14.79	15.81	15.96	15.49
NaN	15.44	14.66	15.04	15.40	15.33	14.85	15.41	15.31	15.35
NaN	17.05	16.48	16.33	16.46	16.57	16.54	16.35	15.32	15.24
NaN	16.91	17.55	17.31	16.83	16.66	17.46	17.45	16.33	15.49
NaN	15.64	16.60	16.85	16.00	15.48	16.63	17.61	17.05	15.84
NaN	14.40	15.54	15.91	15.02	14.11	15.26	16.79	16.89	15.94

用户界面示例如图 2-3 所示, 显示算法 1 和算法 2 的计算成果, 另外还有打开和保存文件等功能。

4.2 试题说明

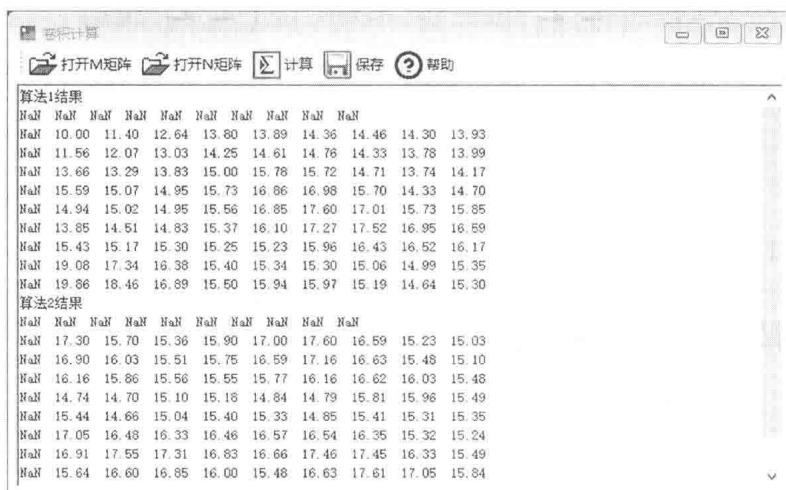


图 2-3 用户界面示例

本题源于 2016 年武汉大学测绘学院夏令营编程测试（试题内容有改编），共 118 名同学参加了本次考试，成绩分布如图 2-4 所示，最高 99 分，最低 0 分，平均成绩 67 分。

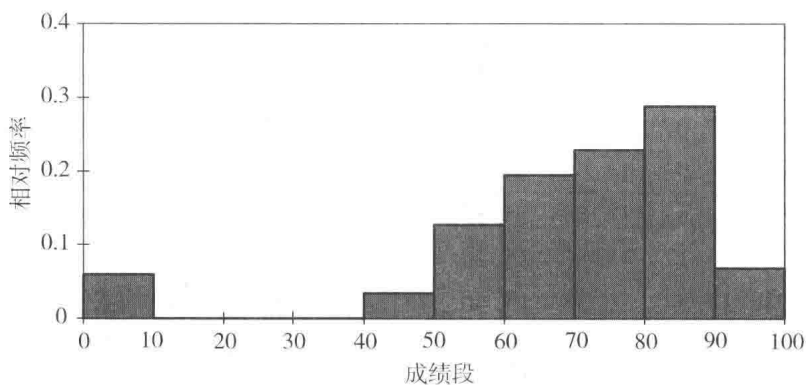


图 2-4 成绩统计图

试题 3 利用线性回归模型进行卫星轨道的预报

线性回归模型是时间序列分析的基本算法，主要包括建模（计算回归系数）、预报等内容，模型简单易用。本题采用一段卫星轨道数据进行分析，试题仅用于知识点测试，在卫星轨道预报实际编程时，需要采用更高精度的模型。

一、数据文件读取（20分）

编写程序数据文件（轨道文件.txt），该文件包含4列13行，第1列是时间（以秒为单位），第2列是卫星轨道X分量（以km为单位），第3列是卫星轨道Y分量（以km为单位），第4列是卫星轨道Z分量（以km为单位），数据如表3-1所示。

表 3-1

数据文件内容

300,	21182.88,	-7044.56,	14639.48
600,	21707.87,	-6930.28,	13906.68
900,	22207.04,	-6828.65,	13147.66
1200,	22679.16,	-6738.66,	12363.84
1500,	23123.06,	-6659.23,	11556.71
1800,	23537.69,	-6589.21,	10727.78
2100,	23922.07,	-6527.40,	9878.61
2400,	24275.33,	-6472.54,	9010.81
2700,	24596.67,	-6423.32,	8126.00
3000,	24885.42,	-6378.40,	7225.86
3300,	25141.01,	-6336.41,	6312.08
3600,	25362.96,	-6295.93,	5386.38
3900,	25550.92,	-6255.54,	4450.51

二、算法实现（60分）

1. 计算回归系数（30分）

响应变量 y 和自变量 x 之间的关系为 $y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i + \varepsilon$ ，可采用最小二乘估值公式计算回归系数 $\hat{\beta}_0$ 和 $\hat{\beta}_1$ 的估计值：

$$\begin{cases} \hat{\beta}_1 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \\ \hat{\beta}_0 = \bar{y} - \hat{\beta}_1 \bar{x} \end{cases} \quad (3-1)$$

其中, n 是观测值总数, $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$ 是自变量的平均值, $\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$ 是响应变量的平均值。

2. 预报 (30 分)

利用所计算回归系数 $\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1$, 采用回归模型

$$\begin{cases} X_i = \hat{\beta}_{0, X} + \hat{\beta}_{1, X} t_i \\ Y_i = \hat{\beta}_{0, Y} + \hat{\beta}_{1, Y} t_i \\ Z_i = \hat{\beta}_{0, Z} + \hat{\beta}_{1, Z} t_i \end{cases} \quad (3-2)$$

计算 t_i 分别为 4200、4500、4800 时的 X_i, Y_i, Z_i 的值。

三、计算结果报告 (20 分)

编程输出回归系数、预报结果等内容。

四、参考答案

4.1 测试数据计算结果

回归系数 β_0, β_1 :

X : 21146.95962, 1.21837

Y : -7019.39846, 0.21143

Z : 15712.87577, -2.84011

预报结果:

t, X (km), Y (km), Z (km)

4200, 26264.130, -6131.391, 3784.417

4500, 26629.642, -6067.962, 2932.384

4800, 26995.154, -6004.533, 2080.351

图 3-1 是程序运行界面示例, 主要用于显示源数据内容、回归系数计算结果, 预报成果等内容。

4.2 试题说明

本题源于武汉大学测绘学院 2017 年硕士复试考题, 试题内容有改动。共 87 人参加了本次考试, 成绩分布如图 3-2 所示, 最高 98 分, 最低 0 分, 平均成绩 77 分。