

# 大学生 数学建模竞赛

(2013-2017)

## 获奖优秀论文评析

周华任 陈玉金 毛自森 等主编

全国大学生数学建模竞赛

军事数学建模竞赛

“认证杯”数学建模竞赛

国际大学生数学建模竞赛

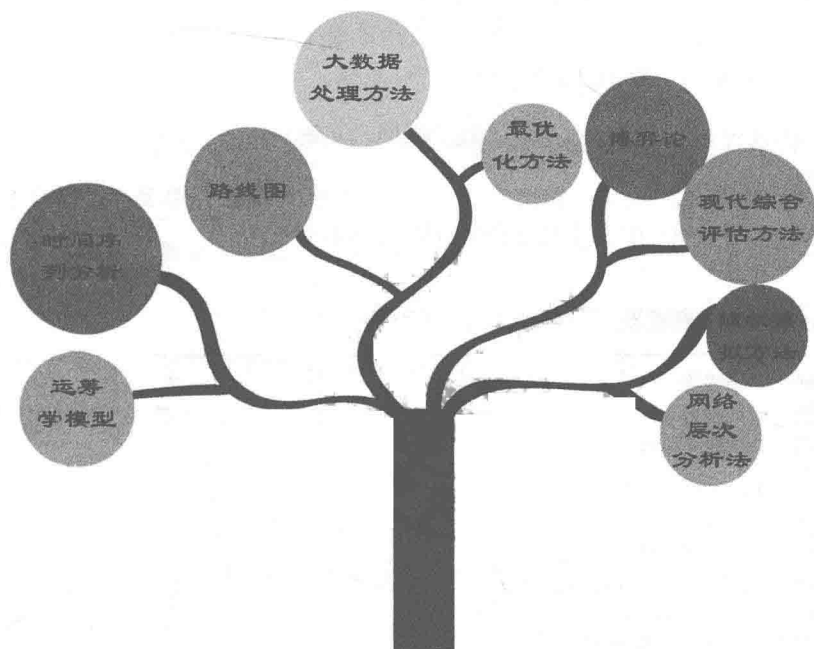


东南大学出版社  
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

# 大学生数学建模竞赛获奖优秀论文评析

(2013-2017)

主 编 周华任 陈玉金 毛自森 等



全国大学生数学建模竞赛  
军事数学建模竞赛  
“认证杯”数学建模竞赛  
国际大学生数学建模竞赛



东南大学出版社  
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

· 南京 ·

## 内 容 简 介

本书精选 2013 年至 2017 年的全国大学生数学建模竞赛、军事数学建模竞赛、“认证杯”数学建模竞赛和国际大学生数学建模竞赛的 11 篇获奖优秀论文进行评析,评价其优缺点。本书所选论文包含了近二十种数学建模方法,揭示了这些方法在实际问题中的应用,对于广大读者有非常大的借鉴作用和参考价值。

本书可作为大学生、研究生参加全国大学生数学建模竞赛、研究生数学建模竞赛、军事数学建模竞赛、国际大学生数学建模竞赛的培训教程,对于从事数学应用方面研究的人员也有参考价值。

### 图书在版编目(CIP)数据

大学生数学建模竞赛获奖优秀论文评析: 2013—  
2017 / 周华任等主编. —南京: 东南大学出版社,  
2018. 6

ISBN 978-7-5641-7792-8

I. ①大… II. ①周… III. ①数学模型—文集  
IV. ①O22-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 116826 号

### 大学生数学建模竞赛获奖优秀论文评析(2013—2017)

---

主 编 周华任等  
责任编辑 宋华莉  
编辑邮箱 52145104@qq.com  
出版发行 东南大学出版社  
出 版 人 江建中  
社 址 南京市四牌楼 2 号(邮编:210096)  
网 址 <http://www.seupress.com>  
电子邮箱 [press@seupress.com](mailto:press@seupress.com)  
印 刷 兴化印刷有限责任公司  
开 本 700 mm×1 000 mm 1/16  
印 张 16.25  
字 数 308 千字  
版 印 次 2018 年 6 月第 1 版 2018 年 6 月第 1 次印刷  
书 号 ISBN 978-7-5641-7792-8  
定 价 58.00 元  
经 销 全国各地新华书店  
发行热线 025-83790519 83791830

---

(本社图书若有印装质量问题,请直接与营销部联系,电话:025-83791830)

# 前 言

本书精选 2013 年到 2017 年全国大学生数学建模竞赛、军事数学建模竞赛、“认证杯”数学建模竞赛、国际大学生数学建模竞赛的 11 篇论文全文,对应的竞赛题目,由于容易得到,本书则没有包含。论文后面辅以指导老师的综合评析以及当时的经验总结和不足之处,论文未作删节,保留细节和计算过程,部分论文附有算法程序源代码及计算结果数据,因篇幅原因,我们省略了,如有需要的读者,可以通过我们的邮箱(zhouzhu123123123@163.com)进行联系。

本书所选的论文包含了丰富的大学生数学建模方法,如多元线性回归法、多元逐步回归法、多目标规划模型、约束条件极值优化方法、模拟退火算法、Topsis 方法、大数据处理方法、启发式搜索算法、0-1 规划方法、遗传算法、线性相关矩阵、动态变化模型、时间序列分析方法、自回归模型、层次分析法、网络层次分析法、Monte-calro 模拟方法、现代综合评估方法、主成分分析方法、路线图方法、博弈论等。

本书所选论文的竞赛指导老师是周华任,参赛队员有江雨春、狄恩彪、谢建勋、孙佳辉、胡雄、郑鹤鹏、王馨贤、李一辰、陈捷、周炳汕、陈伟琦、李响、邓钟豪等。

本书可作为大学生、研究生参加全国大学生数学建模竞赛、研究生数学建模竞赛、军事数学建模竞赛、国际大学生数学建模竞赛和“认证杯”数学建模国际赛的培训教材,也可供青年指导教师参考,对于从事数学应用方面研究的人员也有一定的参考价值。

衷心感谢陆军工程大学数学建模教练组全体成员,向为本书出版提供帮助的汪泽焱、姚泽清、刘守生、郑琴、苏慧琳、滕兴虎、李静、陈蓓、徐丹丹、刘希强、苏展、徐为、寇冰煜等表示衷心的感谢。

本书由周华任、陈玉金、毛自森、庞秀梅、徐兵、罗智贤、姚佳主编。限于我们的水平,书中不妥和错漏之处在所难免,恳请广大读者和专家批评指正。

## 目 录

## · 第一章 全国大学生数学建模竞赛 ·

- 第 1 篇 基于多元线性回归方法的任务定价模型 陈伟琦 李 响 邓钟豪 / 002  
(2017 年全国大学生数学建模竞赛全国二等奖)
- 第 2 篇 小区开放对道路通行影响的研究 李一辰 陈 捷 周炳汕 / 026  
(2016 年全国大学生数学建模竞赛江苏赛区一等奖)
- 第 3 篇 平板折叠桌设计的数学模型 江雨春 孙佳辉 狄恩彪 / 054  
(2014 年全国大学生数学建模竞赛江苏赛区一等奖)
- 第 4 篇 系泊系统的设计 胡 雄 郑鹤鹏 王馨贤 / 071  
(2016 年全国大学生数学建模竞赛江苏赛区三等奖)

## · 第二章 军队院校大学生军事数学建模竞赛 ·

- 第 5 篇 直升机反潜搜索方案 胡 雄 郑鹤鹏 王馨贤 / 092  
(2016 年军事数学建模竞赛特等奖“军事运筹杯”获得者)
- 第 6 篇 基于飞行数据的无人机飞行质量评价 胡 雄 郑鹤鹏 王馨贤 / 114  
(2017 年军事数学建模竞赛一等奖)
- 第 7 篇 多传感器的管理和控制 江雨春 谢建勋 狄恩彪 / 149  
(2013 年军事数学建模竞赛三等奖)

• 第三章 “认证杯”数学建模竞赛(小美赛) •

第 8 篇 Control the Antibiotic to Save More Lives

李一辰 陈捷 周炳汕 / 173

(2016 年第五届“认证杯”数学建模国际赛特等奖(Outstanding Winner))

第 9 篇 Predictions of Ozone Depletion

胡雄 郑鹤鹏 王馨贤 / 188

(2016 年第五届“认证杯”数学建模国际赛二等奖(Honorable Mention))

---

• 第四章 国际大学生数学建模竞赛 •

第 10 篇 The Research of Sustainable Development Evaluation of a City

江雨春 孙佳辉 狄恩彪 / 208

(2015 年国际大学生数学建模竞赛一等奖(Meritorious Winner))

第 11 篇 The Evaluation of Smart Growth Cities 李一辰 陈捷 周炳汕 / 227

(2017 年国际大学生数学建模竞赛二等奖(Honorable Mention))

## 第一章

# 全国大学生数学建模竞赛

全国大学生数学建模竞赛 (China Undergraduate Mathematical Contest in Modeling) 创办于 1992 年, 每年一届, 目前已成为全国高校规模最大的基础性学科竞赛, 也是世界上规模最大的数学建模竞赛。主办单位是中国工业与应用数学学会, 冠名赞助商是高等教育出版社。

全国大学生数学建模竞赛是全国高校规模最大的课外科技活动之一。该竞赛每年 9 月 (一般在上旬某个周末的星期五至下周星期一共 3 天, 72 小时) 举行, 竞赛面向全国大专院校的学生, 不分专业 (但竞赛分本科、专科两组, 本科组竞赛所有大学生均可参加, 专科组竞赛只有专科生 (包括高职、高专生) 可以参加)。

竞赛采取通讯方式比赛, 比赛地点在各个高校。比赛时间是全国统一的, 可以在互联网上查阅资料。

## 第 1 篇 基于多元线性回归方法的任务定价模型

参赛队员:陈伟琦,李响,邓钟豪

指导老师:周华任

获奖情况:2017 年全国大学生数学建模竞赛全国二等奖

**【摘要】**“拍照赚钱”是基于兼职劳务众包平台的一种自助式服务模式。通过合理有效的数学模型对发布的任务进行定价,一方面对平台来说,能够得到众多会员的支持,提高信息的收集效率;另一方面对众包模式的会员来说,可以获得满意的收益。本文运用多元逐步分析法,考虑任务和会员 GPS 经纬度地理位置、会员的预订任务限额、会员信誉值等因素对任务定价的影响,利用建立会员密度参数对任务进行打包,最终得到了合理有效的数学模型,并作出了检验和评价。

针对问题一:利用 Google 地图定位功能,将不同定价的任务点、未完成的任务点、已完成的任务点、会员点投影到地图上,并对经纬度坐标进行模拟,将各点信息对应到空间直角坐标系中,观察其定价规律。

针对问题二:首先,影响任务定价的因素有任务的位置、会员的位置、任务限额、会员的信誉等多个因素,因此在问题一的基础上构建多元曲线拟合模型,利用软件,分别采用多元线性回归法与多元逐步回归分析法对模型进行求解,得出任务的定价与会员信誉值、位置,以及任务的位置之间的关系。其次,再以任务的执行情况作为因变量,建立任务完成度评价模型,采用多元逐步回归分析法对模型进行求解。最后,利用优化过的定价模型,对竞赛题附件一中所给数据重新进行定价,将新的定价方案与原方案的任务完成度进行对比,得出新方案的任务完成率要明显高于原方案的结论,也说明了模型的合理性和可靠性。

针对问题三:本问主要研究任务打包发布的定价模型,以及其对任务完成情况的影响。在研究打包模型时,以会员的需求为导向,将距离会员一定半径的圆域内的任务进行打包。对于新的定价模型,引入会员密度对任务定价的影响,同时根据不同任务包中任务个数不同,对任务包定价引用奖惩机制进行调整。最后,通过问题二中的评价模型对本问的定价结果进行评估。并建立一个综合评价模型进行验证,两者结果相一致,证明了两个模型的合理性。

针对问题四:在问题二所建模型的基础上,根据竞赛题附件三中提供的地理位置信息对任务进行定价,利用建立好的任务完成度评价模型对结果进行分析,结果显示优化模型的任务完成度要明显高于原始模型,对建立的模型作出了进一步的检验。

**【关键词】**任务定价;多元线性回归;完成度评价模型;奖惩机制



# 1 问题重述

## 1.1 问题背景

“拍照赚钱”是当前移动互联网推出的一种新兴的自助式服务模式。它基于移动劳务众包平台 APP,用户通过注册会员领取拍照任务,以此来赚取相应任务的酬金。该 APP 为各种商业检查和消费者调研提供兼职劳务,和传统的方式相比,它具有保证数据的真实性、提高数据采集的效率的优势,并且拥有强大的人力资源,更能实时呈现任务动态。

## 1.2 需要解决的问题

问题一:通过对附件一的数据分析找出任务定价规律,建立数学模型分析哪些因素任务未完成。

问题二:根据建立的数学模型重新优化定价方案,并与原方案进行对照分析。

问题三:在实际生活中,可能在某一地理位置附近相对任务数量较多,这就会引起用户的争相选择,通过对任务联合进行打包发布的方式,修改数学模型,并分析修正后的结果有哪些变化,产生了怎样的影响。

问题四:应用附件三中的数据检验建立的数学模型,并作出评价。

# 2 模型准备

## 2.1 模型假设

- (1) 假设所有的会员预约任务,且在一定时间内未完成的任务算作未完成。
- (2) 当考虑某种因素对任务定价的影响时,不考虑其他因素对该任务的影响。
- (3) 会员的地理位置不随接受任务的过程而发生改变,始终计算其初始位置坐标。

## 2.2 数据的预处理

为了提高系统的稳定性,说明所建立模型的有效性,在进行求解前对得到的数据进行预处理是很必要的。目的是检查数据资料是否真实地反映了客观实际情况,内容是否符合实际,检查数据是否有错误或遗漏。

(1) 解决不完整数据(即值缺失)的方法

在对数据进行筛选的过程中发现,部分数据精度明显低于同组其他数据的精度,即数据缺失,因此采用手工填入的方法对数据进行处理。用该组数据的平均值代替缺失的值,从而达到清理的目的。

(2) 错误值的检测及解决方法

用统计分析的方法识别可能的错误值和异常值,计算各组数据的偏方差,剔除明显高于平均水平的值。

(3) 重复记录的检测及消除方法

数据库中属性值相同的记录被认为是重复记录,通过判断记录间的属性值是否相等来检测记录是否相等,相等的记录合并为一条记录。

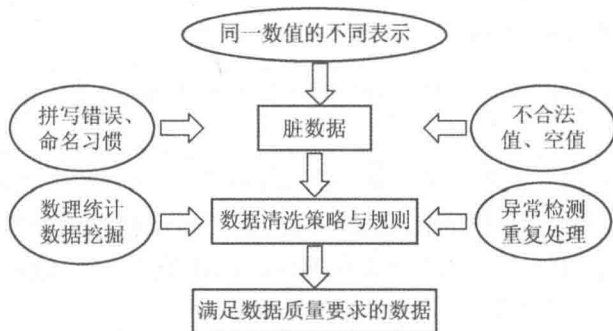


图1 数据预处理步骤

### 3 符号说明

符号	说明
$C_i$	第 $i$ 个会员
$Y$	任务标价
$X_i$	第 $i$ 个因子
$a_i$	自变量系数
$\bar{Y}$	平均价格
$S_i$	第 $i$ 类总预订限额
$W$	预订限额
$V$	任务执行情况

## 4 问题分析

讨论“拍照赚钱”的任务定价问题,实际上就是分析多种因素条件下价格的合理设定问题,一方面要满足平台的收益最大化,另一方面也要将价格控制在合理的范围内,使得会员的收益达到最大的满意程度,从而提高任务的完成率。从数据中看,我们能够预想到,任务点的不同地理位置是影响其酬金价格的关键因素。而会员的地理位置、信誉度、任务的预订限额,以及开始时间都将成为影响其定价规律的原因,需要我们去考虑。

问题一分析:从附件一中我们能够得到的信息是,不同的任务地理位置下,产生了几种定价方式,并且反映了该任务的完成情况。因此,我们猜测任务地理位置的分布情况与其定价规律有关。同时,从问题的背景中,可以考虑到 APP 会员会对不同位置的任务进行选择性的接受,任务的分布密度又相互影响他们的酬金价格,导致某些任务被选择的意愿增强,而通过把控任务位置、调整价格的高低可有效地利用人力,保证任务的被接受率和完成率。所以,从多因素影响任务定价的角度出发,寻找可行的数学模型。

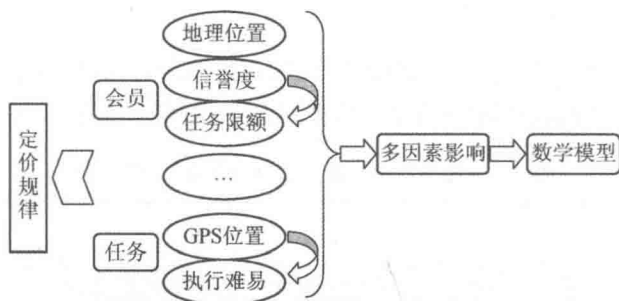


图 2 数学模型的需求路径

问题二分析:从附件一所能提供给我们信息中,很显然能发现所考虑的因素过少,为了能够更准确地提出合理的定价模型,此时需要引入其他影响其价格的因子。因此,我们可以利用附件二中提供的会员信息。不同会员的地理位置势必会影响其对任务的选择,会员的分布情况是市场竞争的一种体现,通过竞争调节价格是优化模型的一种有效手段。在一定程度上,会员的信誉值反映了其完成任务的效率和能力,通过信誉值考虑对其预订任务份额的分配,可以保证较高的任务完成率。用修订后的定价方案得出的结果与先前方案进行对比,来说明改进方案的可靠性。

问题三分析:问题三主要研究任务打包发布的定价模型和对任务完成情况的影响。我们在研究打包情况时,需要考虑会员的需求,将离会员最近的一些任务供

会员挑选组成任务包。对于新的定价规律引入会员密度,研究其对价格的影响情况,并根据任务包中的任务个数对任务定价进行调整。

问题四分析:通过建立好的优化定价模型,对附件三中的数据进行定价,为反映其定价的合理性,需要把它应用到旧模型中,以此来做出对比分析。

## 5 模型的建立与求解

首先,定义确立的用户会员列表为

$$C = \{C_1, C_2, C_3, \dots, C_m\}$$

已发布的任务列表为

$$U = \{U_1, U_2, U_3, \dots, U_n\}$$

同一时间内,一个会员可以同时完成一个或多个任务。会员在对任务进行选择后,将根据本文所建立的模型进行任务分配,如果任务完成会支付用户相应的酬金。

### 5.1 问题一模型的建立与求解

#### 5.1.1 数据分析

对附件一给出的数据,分析处理后可以看岀,平台针对所有的地理位置给出了23个定价水平,相同定价任务的完成情况又是不相同的,整理数据如下:

表1 各层次定价数量与未完成任务比例统计表

项目 \ 标价	65	65.5	66	66.5	67	67.5	68	68.5	69	69.5	70	70.5
分配任务个数	65	150	103	63	38	23	30	11	19	8	96	11
未完成任务个数	30	74	57	28	20	6	5	5	7	2	19	2
未完成任务个数比例	0.46	0.49	0.55	0.44	0.53	0.26	0.17	0.45	0.37	0.25	0.20	0.18
项目 \ 标价	71	71.5	72	72.5	73	73.5	74	74.5	75	80	85	合计
分配任务个数	4	5	60	9	10	5	5	2	78	13	27	835
未完成任务个数	1	1	18	2	3	2	4	1	19	4	3	313
未完成任务个数比例	0.25	0.20	0.30	0.22	0.30	0.40	0.80	0.50	0.24	0.31	0.11	0.37

从表1中我们可以清楚地看到各定价层次中分配任务的个数,以及其中未完

成任务的数量和占比,为了更加形象地体现它们之间存在的关系,绘出统计图如下:

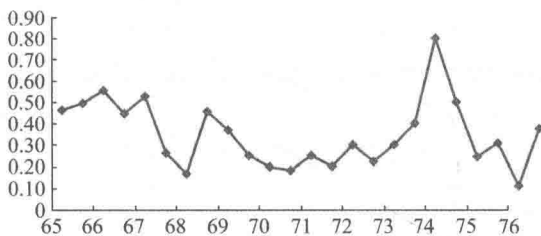


图3 定价层次与未完成任务数量比例

从图3中显示的数据来看,由于未完成任务的比例随任务标价有明显波动,因此定价区间较小。我们暂可定性地认为,定价较低的区间(65—67)内任务完成情况较差,而相对来说,中等价位(67.5—73)和高等价位(75—85)定价的任务完成情况较好,符合会员优先选择高定价任务的一般心理。而在后端位置(74—74.5)未完成情况突然出现极峰,这与上述总结规律相悖,查找数据我们发现该区间内样本数( $s=7$ )较少,这种情况的发生,很可能是由于其他外部因素的干扰而引起的,需要进一步的处理研究。

### 5.1.2 任务地理位置与定价规律

由于任务地理位置坐标数量众多庞杂,现阶段对数据的统计不能挖掘更进一步的规律。因此,我们把坐标点投影在相应的地图上,观察任务位置和定价的分布规律,利用 Google 地图准确定位经纬度坐标,用相应的任务定价值表示该点位置,如图所示:



图4 任务定价地理位置分布图

从图 4 中我们可以观察到,任务的定价与任务的地理位置分布有关,定价的价格往往以某个圆的圆心为中心,随着半径的增大定价的价格越来越高。查找图中五个圆心的经纬度可以发现,该五个圆的圆心分别对应着一座城市的市中心。

为了更加准确地描述各定价点的地理分布情况,分别将同一定价中的各点,分层次地在空间中投影在同一个平面上。

首先,将经纬度坐标值与定价价格的对应关系,通过标准化数据转化为空间直角坐标下的直角坐标,得到各层次点的分布情况如图 5 所示。

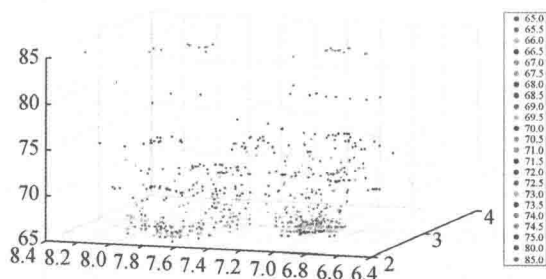


图 5 各层次任务定价点的地理位置分布图

显然,定价越高的任务点位分布越稀疏,定价较低的任务点位分布较集中。同时我们也能看出,定价以某点为中心向外逐渐递增的分布规律,如图 6 所示。

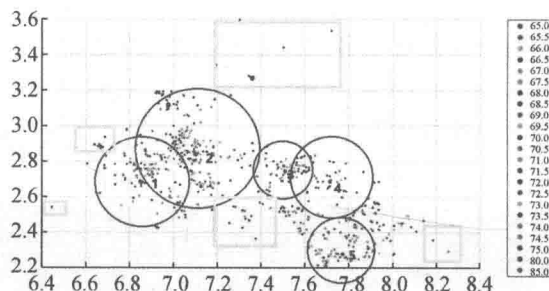


图 6 坐标系下任务定价地理位置分布图

通过 Google 对五点的精确定位,我们发现这五个圆心大致对应我国五个市(区)中心位置:

1. 佛山市(23.020 000,113.121 000)
2. 广州市(23.128 000,113.265 000)
3. 东莞市(23.050 000,113.780 000)
4. 番禺区(22.950 000,113.385 000)
5. 深圳市(22.610 000,114.011 000)

其中,定价区间(74—74.5)中的 7 个样本点恰好落在 1 边缘区域,所以图 3 中

其未完成率突然达到峰值,可能是由于样本数较少,且距市中心较远而导致的。

另外,从图中的长方形框中的点可以看出,在市中心外的边缘点其定价往往较高。

### 5.1.3 任务点疏密程度与定价规律

运用 MATLAB 描述各定价层次上任务点的聚集情况:

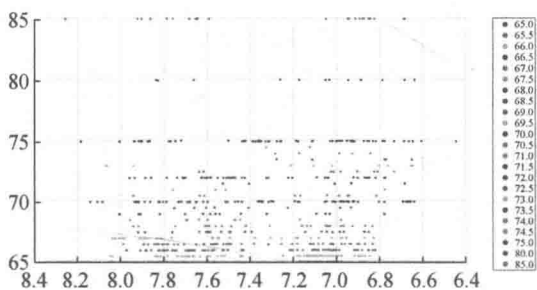


图7 各定价层次上任务点疏密度

从图7中可以看出,当任务点越密集其定价越低,任务点越稀疏价格越高,在空间断面上整体呈现一个倒锥子型。此规律符合一般的市场竞争规律,当某一区域任务点较多时,在这一区域的会员就会有较多的任务去选择,从而增加了会员的收益,但另一方面平台需要保证一个合理的收益,因此需要降低定价来平衡佣金支出,从而优化效益。

综上,通过对数据的综合统计分析,对定价进行分类处理,得出其定价规律:

(1) 由于较小的价格变动对任务的完成情况的影响较大,因此不同任务间的定价差较小。

(2) 定价的价格往往以市中心某点为圆心,随着半径的增大其任务点定价的价格也就越高,距离市中心较远的区域中的边缘点其价格通常也很高。

(3) 任务点越密的区域,其定价往往较低,任务点稀疏的区域定价相对较高。

## 5.2 数学模型的建立与原因分析

根据附件一及分析可知,影响任务定价的主要因素有任务经纬度、任务的疏密程度。本文主要对任务的标价进行多因素分析,建立以任务标价为被解释变量、任务点距离市中心点的距离为解释变量的多元线性回归模型,利用模型对任务标价进行分析、检验、应用。

根据附件一中任务的GPS经纬度,可以知道任务的定价受任务GPS经纬度的影响,为探究该因素的影响程度,从而把任务标价作为被解释变量(Y)。

任务 GPS 纬度( $X_1$ )、任务 GPS 经度( $X_2$ )作为被解释变量,建立多元回归模型:

$$Y = \alpha_0 + \alpha_1 X_1 + \alpha_2 X_2 \quad (\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2 \in \mathbf{R}) \quad (1)$$

运用 SPSS 系统进行多元回归分析,步骤如下:

### 5.2.1 多重共线性检验

表 2 多重共线性分析

模型	非标准化系数		标准系数	$t$	Sig.	相关性			共线性统计量	
	$B$	标准误差	试用版			零阶	偏相关系数	部分	容差	$VIF$
(常量)	-11.223	50.663		-0.222	0.825					
$X_1$	2.131	1.031	0.091	2.067	0.039	0.094	0.09	0.09	0.986	1.015
$X_2$	0.282	0.42	0.03	0.671	0.502	0.04	0.029	0.029	0.986	1.015

从表 2 可知,解释变量  $X_1$ 、 $X_2$  二者的方差膨胀因子  $VIF$  均为 1.015,其值小于 10,而二者的容忍度均大于 0.1。所以,可以判断解释变量  $X_1$ 、 $X_2$  二者之间不存在多重共线性,满足多元线性回归要求。

### 5.2.2 模型异方差的检验

异方差的产生主要是因为数据质量误差、模型设定有误。异方差一般会导致回归系数结果有较大误差、统计检验失去意义以及模型的预测失效等,所以建立模型的过程中必须要检验模型之间是否存在异方差。

表 3 各因素相关性分析

		任务标价	任务 GPS 纬度	任务 GPS 经度
Pearson 相关性	任务标价	1	0.094	0.04
	任务 GPS 纬度	0.094	1	0.12
	任务 GPS 经度	0.04	0.12	1
Sig. (单侧)	任务标价		0.015	0.178
	任务 GPS 纬度	0.015		0.003
	任务 GPS 经度	0.178	0.003	

从表 3 中可以看出,在 96% 的置信水平下,检验统计量与标准化残差的绝对值 ( $|e|$ ) 之间的显著性水平均大于 0.05,检验统计量与  $|e|$  之间是独立的,不存在相关关系,从而可知该模型不存在异方差。



### 5.2.3 回归模型的确定

表 4 确定回归系数

模型		非标准化系数		标准系数	t	Sig.
		B	标准误差	试用版		
1	(常量)	-11.223	50.663		-0.222	0.825
	X <sub>1</sub>	2.131	1.031	0.091	2.067	0.039
	X <sub>2</sub>	0.282	0.42	0.03	0.671	0.502

由表 4 可知,可以确立线性回归方程为

$$Y = -11.223 + 2.131X_1 + 0.282X_2 \quad (2)$$

从上式我们可以看出,任务经纬度坐标的因子系数与任务定价成正相关。

### 5.2.4 附件一任务未完成原因分析

综上,根据总结出的定价规律,结合数学模型的应用求解,分析任务未完成的原因:

(1) 会员在选择任务的过程中,对任务定价高的接受意愿较为强烈,完成情况较好。而对于定价较低的任务反而完成率较低。

(2) 会员从任务完成分布图中不难发现,未完成的任务点呈片区集中,且主要为价格较低的任务点,因此任务定价是影响任务完成与否的主要条件之一。

(3) 会员会因为任务的价格过低而不愿完成任务。再通过未完成的任务与所有任务的散点图叠加可以看出任务点分布较密的区域,未完成的任务点较多,因此任务分布疏密度也是任务完成与否的主要条件之一。

(4) 会员会因为某一区域任务点太多而选择性地不完成一些任务。另外,地域风情、城市政策等也可能会影响任务的完成与否。譬如,从未完成任务图中我们可以看出东莞市周围没有未完成任务点,而深圳市任务未完成率普遍高于其他几个市。

## 5.3 问题二优化模型的建立与求解

### 5.3.1 优化模型的准备

(1) 检验自变量对因变量的显著影响

从上文的分析我们可以发现,当自变量的个数很多时,不是所有的自变量都对因变量有显著影响,我们需要选择一些对因变量有显著影响的自变量应用多元回归的方法建立“最优”回归方程。每引入一个解释变量后都要进行  $t$  检验,当原来