



中国科技核心期刊
华东地区优秀期刊

ISSN 1004-8820
CODEN YDZGFR

烟台大学学报

自然科学与工程版

JOURNAL OF YANTAI UNIVERSITY
Natural Science and Engineering Edition

[1]

2019

第32卷 Vol.32

ISSN 1004-8820



9 771004 882190



01 >

[期刊基本参数] CN 37-1213/N* 1988* q* A4* 104* zh* P* ¥10.00* 1000* 17* 2019-01

目 次

点面图的基尔霍夫指标 王大勇,杨玉军(1)

基于多元回归模型的任务定价问题 李清华,王旭,朱义九,李浩远(5)

多旋翼无人机低空航迹规划问题 杨君刚,王程远,贾茹(11)

海洋沉积物来源哈茨木霉 R5-1 萜类化合物的分离鉴定与抗弧菌活性研究
..... 马新玥,赵业,梁小蕊,季乃云(15)

异甘草素减轻小鼠离体心脏缺血再灌注损伤
..... 刘敬,石晓冰,张一鸣,郝雪言,何杰,马成俊,李忌,王振华(20)

粗糙化金纳米棒 SERS 探针用于生物成像研究 梅荣超,殷颖超,王运庆(25)

LC-MS/MS 法测定人血浆中 4 种非典型抗精神分裂药物及 2 种代谢物
..... 刘文荣,庄绪慧,孙合园,朱丽萌,康毅敏,王帆,王文艳(31)

莱州湾扇贝养殖区环境因子的变化特征及其对浮游植物的影响 杨俊丽,李希磊,于潇,崔龙波(38)

IDO 抑制剂 NLG919 联合伊立替康抗小鼠结肠癌 CT26 研究
..... 孙善月,姜雪,孟祥敬,葛敏敏,王洪波,杜广营,田京伟(47)

基于珍珠龙胆石斑鱼池塘网箱养殖的生态养殖容量估算
..... 李宝山,陈玮,王际英,王忠全,相智巍,王成强,公绪鹏,韩秀杰,王丽丽(54)

山东近海渔业资源现状初步研究 张玉钦,邱盛尧(61)

基于最优化函数的多光谱高温计真温反演算法 梁美,梁磊(68)

含醇燃料对 GDI 发动机气体排放的影响 田林,王磊,陈亚雷,邢恩辉(74)

差动调速风电机组传动系统的动态特性研究 苏睿,杨琪,刘平平,李华志,黄杨森,王钧(79)

换热站室外温度补偿算法与实现 李超,刘忠庆(84)

透水混凝土抗冻融性能试验研究 刘相如,周新刚,张忠杰,宋振宇(89)

一种基于虚拟材料参数的车身刚度匹配设计方法 袁正,范康宁,那景新,冯慧,芦帅(97)

基于多元回归模型的任务定价问题

李清华,王旭,朱义九,李浩远

(烟台大学数学与信息科学学院,山东烟台 264005)

摘要: 针对任务定价问题,本文运用多元回归分析的方法,以任务价格合理、任务完成率高为目标函数,建立多元回归方程模型.运用 Matlab 软件对参数进行拟合,利用最小二乘估计求解回归系数,得到新的任务定价方案.相对于其他的任务定价方案,该方法考虑了会员位置和任务完成度的影响,制定科学合理的模型,提高模型的准确性.

关键词: 任务定价;多元回归分析;最小二乘法

中图分类号: O221.6 **文献标志码:** A

随着网络的快速发展以及人们生活水平的提高,我国出现了一些新兴的产业.“拍照赚钱”自助式服务模式随即产生.这种基于移动互联网的自助式劳务众包平台,为企业提供各种信息搜集和商业检查,与传统的市场调查方式相比,有着显著的优点,所以 APP 成为该平台的运行核心,而 APP 中的任务定价又是重中之重.为了避免因为定价不合理而导致任务失败,合理定价是一个亟待解决的问题.本文建立多元回归模型对任务合理定价问题进行研究.

任务定价问题就是对 APP 上需要拍照的任务进行合理定价,要解决该问题需要研究如何确定影响该任务定价的因素.本文将任务经纬度、附近会员数量、限额总数以及人口密集程度考虑在内,利用最小二乘估计建立多元回归模型,并对任务完成度进行比较,从而解决任务定价问题.

1 多元回归模型

了解到对于不同的任务,人们总是优先考虑距离自己较近的,因此可将任务地理位置按照一定要求进行聚类,得到不同区域的任务情况.本文以文献 [1] 中的任务定价问题为研究对象,对材料中所给出的数据进行描点作图,“·”代表已完成任务,“×”代表未完成任务,如图 1 所示.然后将所给任务地理位置按照行政区域中的地级市进行聚类,分别得到广州市、东莞市、佛山市和深圳市 4 个区域的任务数量,如图 2 所示.

以深圳市为例进行分析,通过最近一次全国人口普查数据^[2]显示深圳常住人口(含户籍人口)1 190.84 万,非户籍人口有 806.32 万,由 Zipf 定律^[3]可以得到人口分布函数

$$h(r) = cr^{-q}, \quad (1)$$

用来表示相应于位序 r 的人口规模大小,式中 c 为常数, q 为待定参数, r 为该地区在深圳市的位序.通过人口普查数据可以得到深圳市所有地区的位序,运用 Matlab 软件对参数进行拟合,最终得到人口分布函数为

$$h(r) = 1\,086 \cdot r^{-1.65}. \quad (2)$$

收稿日期: 2018-05-29

基金项目: 山东省高等学校科学技术计划项目(J18KA245);烟台大学 2017 年校级教改课题(jyxm2007001).

作者简介: 李清华(1980-),女,山东单县人,讲师,硕士,研究方向:应用数学.

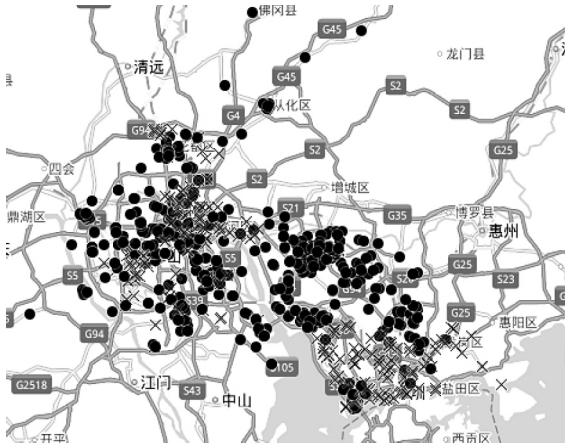


图 1 任务经纬度散点

Fig. 1 Mission latitude and longitude scatter plot

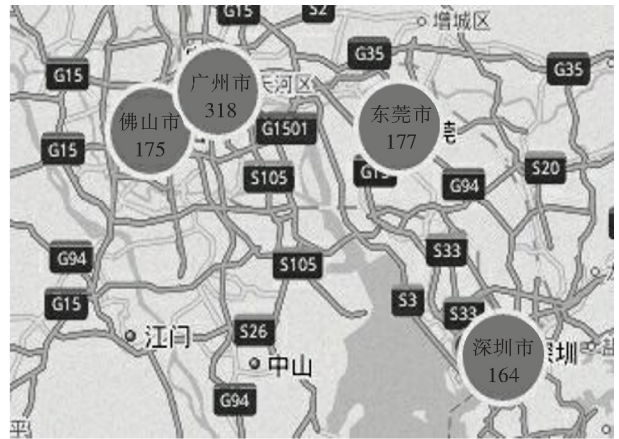


图 2 4 个地级市的任务数量

Fig. 2 The number of tasks in four prefecture-level cities

建立多元回归模型^[4]的一般形式为:

$$w = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_p x_p. \tag{3}$$

令

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_p x_p + \varepsilon, \tag{4}$$

其中 ε 为随机误差,且服从于 $N(0, \sigma^2)$ 将处理过的观测值数据代入可得

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \dots + \beta_p x_{ip} + \varepsilon_i, i = 1, 2, \dots, N, \tag{5}$$

其中 ε_i 为第 i 组观测值数据的随机误差,且相互独立同服从于 $N(0, \sigma^2)$. 为了方便,引入矩阵记号^[5]:

$$Y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_N \end{bmatrix}, X = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & \dots & x_{1p} \\ 1 & x_{21} & \dots & x_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & x_{N1} & \dots & x_{Np} \end{bmatrix}, \beta = \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_p \end{bmatrix}, \varepsilon = \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \varepsilon_N \end{bmatrix},$$

其中 X 称为模型设计矩阵,是常数矩阵, Y 与 ε 是随机向量,且 $Y \sim N_N(X\beta, \sigma^2 I)$, $\varepsilon \sim N_N(0, \sigma^2 I)$ (I 为 N 阶单位矩阵), ε 是不可观测的随机误差向量 β 是由未知待定回归系数构成的常数向量.

2 回归系数 β 的最小二乘估计^[6]

选取 β 的一个估计值,记为 $\hat{\beta}$,使随机误差 ε 的平方和达到最小,即

$$\min \varepsilon^T \cdot \varepsilon = \min (Y - X\beta)^T (Y - X\beta) = (Y - X\hat{\beta})^T (Y - X\hat{\beta}) \stackrel{\text{def}}{=} Q(\hat{\beta}), \tag{6}$$

写成分量形式

$$Q(\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_p) = \sum_{i=1}^N [y_i - \beta_0 - \beta_1 x_{i1} - \beta_2 x_{i2} - \dots - \beta_p x_{ip}]^2. \tag{7}$$

则

$$Q(\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1, \dots, \hat{\beta}_p) = \min Q(\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_p). \tag{8}$$

注意到 $Q(\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_p)$ 是非负二次式,因此是可微的.由多元函数取得极值的必要条件可得 $\frac{\partial Q}{\partial \beta_j} = 0$,

$j=0, 1, \dots, p$, 即

$$\begin{cases} \beta_0 N + \beta_1 \sum_{i=1}^N x_{i1} + \beta_2 \sum_{i=1}^N x_{i2} + \dots + \beta_p \sum_{i=1}^N x_{ip} = \sum_{i=1}^N y_i, \\ \beta_0 \sum_{i=1}^N x_{i1} + \beta_1 \sum_{i=1}^N x_{i1}^2 + \beta_2 \sum_{i=1}^N x_{i1} x_{i2} + \dots + \beta_p \sum_{i=1}^N x_{i1} x_{ip} = \sum_{i=1}^N x_{i1} y_i, \\ \beta_0 \sum_{i=1}^N x_{ip} + \beta_1 \sum_{i=1}^N x_{ip} x_{i1} + \beta_2 \sum_{i=1}^N x_{ip} x_{i2} + \dots + \beta_p \sum_{i=1}^N x_{ip}^2 = \sum_{i=1}^N x_{ip} y_i. \end{cases} \tag{9}$$

将本题 4 个影响因素任务地点与市中心的距离 L 、任务地点附近会员总数 n 、附近任务限额总数 m 以及人口分布情况 h 代入模型 整理得

$$\begin{cases} [\sum_{i=1}^N L^2(u_i)]\hat{\beta}_1 + [\sum_{i=1}^N L(u_i)n(u_i)]\hat{\beta}_2 + [\sum_{i=1}^N L(u_i)m(u_i)]\hat{\beta}_3 + [\sum_{i=1}^N L(u_i)h(u_i)]\hat{\beta}_4 = \sum_{i=1}^N L(u_i)y_i, \\ [\sum_{i=1}^N L(u_i)n(u_i)]\hat{\beta}_1 + [\sum_{i=1}^N n^2(u_i)]\hat{\beta}_2 + [\sum_{i=1}^N n(u_i)m(u_i)]\hat{\beta}_3 + [\sum_{i=1}^N n(u_i)h(u_i)]\hat{\beta}_4 = \sum_{i=1}^N n(u_i)y_i, \\ [\sum_{i=1}^N L(u_i)m(u_i)]\hat{\beta}_1 + [\sum_{i=1}^N n(u_i)m(u_i)]\hat{\beta}_2 + [\sum_{i=1}^N m^2(u_i)]\hat{\beta}_3 + [\sum_{i=1}^N m(u_i)h(u_i)]\hat{\beta}_4 = \sum_{i=1}^N m(u_i)y_i, \\ [\sum_{i=1}^N L(u_i)h(u_i)]\hat{\beta}_1 + [\sum_{i=1}^N n(u_i)h(u_i)]\hat{\beta}_2 + [\sum_{i=1}^N m(u_i)h(u_i)]\hat{\beta}_3 + [\sum_{i=1}^N h^2(u_i)]\hat{\beta}_4 = \sum_{i=1}^N L(u_i)y_i. \end{cases}$$

即

$$X^T X \hat{\beta} = X^T Y. \tag{10}$$

记 $B = X^T Y$ 为常数矩阵 $A = X^T X$ 为系数矩阵. 如果 A^{-1} 存在, 则称其为相关矩阵. 对于任意给定的 X, Y , 正规方程组总有解, 虽然当 X 不满秩时, 其解不唯一, 但是对于任意一组解 $\hat{\beta}$, 都能使残差平方和最小, 即

$$Q(\hat{\beta}) = \min Q(\beta). \tag{11}$$

特别地, 当 X 满秩时, 即 $r(X) = r(X^T X) = M$, 正规方程组的解为 $\hat{\beta} = (X^T X)^{-1} X^T Y$, 即为回归系数的估计值.

由于 $Y \sim N_n(X\beta, \sigma^2 I)$, 故 $\hat{\beta}$ 也是一个随机向量, 且期望为

$$E(\hat{\beta}) = E((X^T X)^{-1} X^T Y) = (X^T X)^{-1} X^T E(Y) = (X^T X)^{-1} X^T X \beta = \beta, \tag{12}$$

同理方差为 $D(\hat{\beta}) = \sigma^2 (X^T X)^{-1}$, 即 $\hat{\beta}$ 是 β 的一个无偏估计.

将 $\hat{\beta}$ 代入模型 w 中得模型的估计: $\hat{Y} = x^T \hat{\beta}$, 它是模型 w 的无偏估计量, 即 $E(\hat{Y}) = E(x^T \hat{\beta}) = x^T E(\hat{\beta}) = x^T \beta = \eta$, 其中 $x = (x_1, x_2, \dots, x_p)^T$.

通过查阅相关资料^[7], 可以确定任务定价与任务地点、任务附近会员数量、附近任务限额总数以及人口分布情况的关系如下:

$$w = a + bL + cn + dm + eh. \tag{13}$$

3 模型求解

本研究中深圳市已完成任务数量为 35, 深圳市任务地点附近会员数量如表 1 所示, 深圳市任务地点附近任务限额总数如表 2 所示.

表 1 深圳市任务地点附近会员数量

Tab. 1 The number of members near the mission site in Shenzhen

任务编号	附近会员数量 n	任务编号	附近会员数量 n	任务编号	附近会员数量 n
A003	3	A026	6	A109	6
A007	27	A027	7	A119	6
A010	7	A028	10	A121	493
A013	27	A033	18	A122	6
A014	7	A034	113	A123	6
A015	6	A036	8	A124	7
A016	7	A042	240	A356	7
A017	7	A077	495	A445	169
A019	25	A078	13	A462	8
A020	6	A051	206	A637	254
A021	6	A096	238	A723	493
A022	7	A104	6		

表 2 深圳市任务地点附近任务限额总数

Tab. 2 Total number of mission quotas near the mission site in Shenzhen

任务编号	限额总数 m	任务编号	限额总数 m	任务编号	限额总数 m
A003	4449	A026	343	A109	199
A007	406	A027	435	A119	193
A010	449	A028	581	A121	8382
A013	2431	A033	523	A122	133
A014	1625	A034	2148	A123	85
A015	1303	A036	409	A124	99
A016	1198	A042	5761	A356	36
A017	365	A077	13366	A445	1015
A019	1826	A078	131	A462	33
A020	565	A051	8447	A637	1017
A021	463	A096	8569	A723	1973
A022	8	A104	7		

使用 Matlab 软件进行多元回归拟合可以得到各个参数如下:

$$a = 1.1, b = 23.292, c = -1.896, d = -0.26, e = -1.41.$$

因此,任务定价与自变量之间的关系为:

$$w = 1.1 + 23.92L - 1.896n - 0.26m - 1.41h. \quad (14)$$

通过对数据的预处理可以得出任务总数为 589、已完成任务数量为 379,任务完成率为 64.35%。然后,将任务经纬度、附近会员数量、任务限额总数以及人口密集程度代入模型中,重新得出一组新的任务定价方案,在新定价方案中,任务总数为 589、完成数量为 492、预测完成率为 83.53%。

通过对比可以发现,新的定价方案对任务预测完成率有明显的提高,因此说明模型较为理想。

4 模型显著性检验

定义相关系数^[8]

$$R = \frac{SS_R}{SS_T} (0 \leq R \leq 1), \quad (15)$$

其中 $SS_R = \sum_{i=1}^m (y_i - \hat{y}_i)^2$, $SS_T = \sum_{i=1}^m (y_i - \bar{y})^2 + \sum_{i=1}^m (\hat{y}_i - \bar{y})^2 \stackrel{\text{def}}{=} \sum_{i=1}^m (y_i - \hat{y}_i)^2 + SS_R$ 。考察 R 的大小,需要建立一个 F 统计量^[9],首先求出各平方和的自由度,总偏差平方和自由度为 $f_T = n - 1$,回归平方和的自由度为 $f_R = m - 1$,残差平方和的自由度为 $f_E = n - m$,因此得到均方值为

$$MS_R = \frac{1}{m-1} SS_R, MS_E = \frac{1}{n-m} SS_E. \quad (16)$$

可以证明:当假设 $\eta = \beta_0$ 时,由于 $y_i \sim N(0, \sigma^2)$, 则

$$E(MS_R) = E\left(\frac{1}{m-1} SS_R\right) = \sigma^2, E(MS_E) = E\left(\frac{1}{n-m} SS_E\right) = \sigma^2. \quad (17)$$

这说明 MS_E 是 σ^2 的无偏估计,即 $\frac{SS_E}{\sigma^2} \sim \chi^2(n-m)$, $\frac{SS_R}{\sigma^2} \sim \chi^2(m-1)$,且 SS_R 与 SS_E 相互独立,则构造 F 统计量

$$F = \frac{MS_R}{MS_E} = \frac{SS_R / (m-1)}{SS_E / (n-m)} \sim F(f_R, f_E) = F(m-1, n-m), \quad (18)$$

取显著性水平 α (0.01 或 0.05),查表得到 $F_\alpha(m-1, n-m)$,计算 $F(m-1, n-m)$ 与 $F_\alpha(m-1, n-m)$,做出

比较.

通过计算可得 $U = 2\ 208\ 827.94$, $Q = 1\ 495\ 164.45$. 其中, 回归平方和 U 反应任务地点与市中心的距离 L 、任务地点附近会员总数 n 、附近任务限额总数 m 以及人口分布情况 h 有关. 然而残差平方和 Q 反映的却是除了因素 $L\ n\ m\ h$ 对任务定价的线性影响, 其他的因素对任务定价的影响. 因为多元回归方程效果检验是通过检验观测参数和理论参数之间差异的大小, 从而确定建立的多元回归模型是否具有实际意义. 因此需要将相关的数据代入多元回归方程效果检验的公式中进行参数检验. 在实际问题中, 一般选择显著水平 $\alpha = 0.01$ ^[10]. 本文的检验结果为

$$F = 4.49 > F_{0.01}(3\ 831) = 3.78.$$

因此确定建立的任务定价多元回归模型的拟合是合理的, 是显著的.

在模型的显著性检验合理的情况下, 需要进一步做出拟合性检验. 将回归变量 x 的观测值按照相近值分为 k 组, 将每组观测值个数记为 m_1, m_2, \dots, m_k , 且 $N = \sum_{i=1}^k m_i$, 相对应的 y_1, y_2, \dots, y_N 也可以分为 k 组. 第 i 组观测值数据为 (x_i, y_{ij}) ($j = 1, 2, \dots, m_i; i = 1, 2, \dots, k$). 记 $T_i = \sum_{j=1}^{m_i} y_{ij}$, 则第 i 组的平均值为 $\bar{y}_i = \frac{T_i}{m_i}$, 由正规方程组可知, 第 i 组的试验随机误差的平方和为

$$SS_e = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{m_i} (y_{ij} - \bar{y}_i)^2 = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{m_i} y_{ij}^2 - \sum_{i=1}^k \frac{T_i^2}{m_i},$$

模型 w 中其他所有因素的影响误差为残差平方和 SS_E 减去 SS_e , 记为 SS_{Me} , 即

$$SS_{Me} = SS_E - SS_e = \sum_{i=1}^k \frac{T_i^2}{m_i} - \mathbf{Y}^T \mathbf{X} \hat{\mathbf{B}},$$

称为模型的误差平方和, 它的自由度分别是 $f_e = n - k$, $f_{Me} = k - m$, $E(MS_e) = E(\frac{SS_e}{n - k}) = \sigma^2$, $E(ME_{Me}) =$

$E(\frac{SS_{Me}}{k - m}) = \sigma^2$, 并且 SS_e 与 SS_{Me} 相互独立, 由 χ^2 分布的性质可以得到

$$\frac{SS_e}{\sigma^2} \sim \chi^2(n - k), \quad \frac{SS_{Me}}{\sigma^2} \sim \chi^2(k - m),$$

因此

$$F = \frac{MS_{Me}}{MS_e} = \frac{MS_{Me}/(k - m)}{SS_e/(n - k)} \sim F(f_{Me}, f_e) = F(k - m, n - k),$$

即为拟合检验的统计量.

取显著性水平 $\alpha = 0.01$ 检验结果为

$$F = 0.6 < F_{0.01}(6\ 829) = 2.80.$$

因此说明模型拟合是合理的, 是不显著的, 即模型的省略项所造成的误差影响可以忽略不计.

5 相较神经网络方法的优势

在任务定价的回归模型中, 将求解出的定价数据作为目标值引入神经网络模型. 首先, 将相关数据代入模型, 得出样本点对应的定价方案, 并将定价方案作为神经网络模型的训练目标. 然后对其进行训练, 并对神经网络进行参数的设置. 最后运行程序得出结果如下: 任务总数为 589、完成数量为 476、预测完成率为 80.81%. 由于利用多元回归模型得出任务完成数量为 492、预测完成率为 83.53%, 高于神经网络模型的预测完成率, 故多元线性回归模型更为有效.

多元回归模型在分析多种因素时, 更加简单和方便. 运用多元回归模型, 只要采用的模型和数据是相同的, 通过标准的统计方法可以计算出唯一的结果. 同时多元回归模型可以精确地计量出各个影响因素之间的相关性和回归拟合程度的高低.

但是在多元回归模型中, 所选用的因素影响了模型的多样性和某些因素的不可预测性, 使得多元回归模型在某些情况下受到限制.

6 结束语

任务定价多元回归方程效果显著,但是同样并不排除其中存在着与任务定价没有线性关系因子的可能性.因此,根据任务定价实际数据进行分析选择因素,是建立合理的任务定价模型的必要条件,显著性检验同样也是模型预测质量的保证.本文以多元回归分析为理论依据,通过构建模型框架推广回归分析的合理应用,使得网上定价更有科学性、可行性以及时效性.不足的是,在对于模型求解时,做了必要的简化假设,在建立任务定价模型时,忽略了任务本身的一些因素,这可能会对模型的精确性产生影响.但是,当任务定价较为合理时,任务本身一些因素不足以对结果产生影响,可以忽略不计.本文建立多元回归模型,利用多方面知识,对任务设计了科学的定价,提高了任务的完成度,具有一定的实际应用价值.

参考文献:

- [1] 2017 年高教社杯全国大学生数学建模竞赛题目 B 题 [DB/OL]. (2017-09-16) [2018-03-15]. http://www.mcm.edu.cn/html_cn/node/460baf68ab0ed0e1e557a0c79b1c4648.html.
- [2] 2017 年广东各市人口数量排行榜,历年广东人口数量排行榜 [DB/OL]. (2017-09-16) [2018-03-15]. <https://www.phb123.com/city/renkou/16273.html>.
- [3] 司守奎,孙兆亮. 数学建模算法与应用 [M]. 北京:国防工业出版社,2005.
- [4] 韩中庚. 数学建模方法及其应用 [M]. 2 版. 北京:高等教育出版社,2008.
- [5] 丘维声. 高等代数 [M]. 北京:清华大学出版社,2010.
- [6] 吴孟达,成礼智,吴翊,等. 数学建模教程 [M]. 北京:高等教育出版社,2013.
- [7] 李佳乐. 基于多元线性拟合的任务定价模型 [J]. 中国高新区,2018,3:1671-4113.
- [8] 赵静,但琦,严尚安. 数学建模与数学实验 [M]. 北京:高等教育出版社,2014.
- [9] 汪荣鑫. 数理统计 [M]. 西安:西安交通大学出版社,2017.
- [10] 盛骤,谢式千,潘承毅. 概率论与数理统计 [M]. 北京:高等教育出版社,2008.

Task Pricing Based on Multiple Regression Model

LI Qing-hua, WANG Xu, ZHU Yi-jiu, LI Hao-yuan

(School of Mathematics and Information Sciences, Yantai University, Yantai 264005, China)

Abstract: To solve the task pricing problem, we use a multivariate regression analysis method to establish a multiple regression equation model, which takes the appropriate task price and the highest task completion rate as objective functions. Using the Matlab software to fit the parameters, and the least squares estimation to solve the regression coefficients, we obtain a new set of task pricing scheme. In comparison with other task pricing schemes, our method, which takes the influence of membership positions and task completion levels into consideration, makes the model more scientific and reasonable, and improves the accuracy of the model.

Key words: task pricing; multiple regression analysis; least squares

(责任编辑 李春梅)

本刊为下列检索期刊及数据库刊源

- 美国《化学文摘》(CA)
- 美国《数学评论》(MR)
- 美国《剑桥科学文摘:网络版/材料信息》(CSA: MI)之
 - 《电子与通讯文摘》(ECA)
 - 《工程材料文摘》(EMA)
 - 《机械与运输工程文摘》(MTEA)
 - 《腐蚀文摘》(Corr A)
 - 《计算机信息系统文摘》(CISA)
 - 《土木工程文摘》(CEA)
 - 《固体与超导体文摘》(SSSA)
- 俄罗斯《文摘杂志》(PЖ)
- 德国《数学文摘》(ZBI MATH)
- 《中国学术期刊文摘数据库》(CSAD)
- 《中国数学文摘》
- 《中国物理文摘》
- 《中国无机分析化学文摘》
- 《中国生物学文摘》
- 《中国水产文摘》
- 《中国化学化工文摘》
- 《中国光学与应用光学文摘》
- 《中国期刊网》
- 《中国学术期刊综合评价数据库》
- 《中国学术期刊(光盘版)》
- 《万方数据——数字化期刊群》
- 《中国科技论文统计源期刊》
- 《中文科技期刊数据库》
- 《国家科技学术期刊开放平台》

烟台大学学报

(自然科学与工程版)

Yantai Daxue Xuebao

(Ziran Kexue yu Gongcheng Ban)

(季刊 1988年创刊)

第32卷 第1期(总第116期) 2019年1月15日

主管单位 山东省教育厅
主办单位 烟台大学
编辑出版 烟台大学学报编辑部
主 编 郝曙光
地 址 山东省烟台市莱山区
邮 政 编 码 264005
邮 箱 xuebao@ytu.edu.cn
网 址 http://xuebao.ytu.edu.cn
印 刷 烟台大学印刷厂
发 行 单 位 烟台大学学报编辑部

JOURNAL OF YANTAI UNIVERSITY

(Natural Science and Engineering Edition)

(Quarterly, Started in 1988)

Vol.32 No.1 (Serial.116) 2019-01-15

Authorized by Shandong Provincial Education Department
Sponsored by Yantai University
Edited and Published by Editorial Office of Journal of Yantai University
Chief Editor HAO Shu-guang
Address Laishan District, Yantai 264005, Shandong, P.R.China
Distributed by Editorial Office of Journal of Yantai University
E-mail xuebao@ytu.edu.cn

ISSN 1004-8820
CN 37-1213/N

定价: 10.00元