

“拍照赚钱”的任务定价

摘要

围绕“拍照赚钱”自助式服务模式下的任务定价问题,本文建立了目标规划模型,引入意愿函数、供需指数等概念,利用相关性分析、模糊综合评价法及基于遗传模拟退火算法的聚类算法等手段展开研究。

针对问题一: 本文将给定的任务区域划分为 $5km \times 5km$ 的小区域,然后对各个区域内的任务定价求平均值进而可以消除因个别数据统计失误而造成的误差,然后本文引入了任务完成率。计算任务定价和任务完成率之间的相关性为 0.3068,呈现弱的正相关性,但在一定程度上是可以反映定价越高越能提高接单积极性,进而提升任务的完成率;任务定价与任务总数之间的相关性系数为-0.4443,呈现弱的负相关性。此外通过对比任务完成率和任务定价的空间分布,提取任务完成率分别接近 0 和 1 的两个区域案例,发现任务定价在这两个区域并没有大的差异,然后计算归一化后任务定价的方差为 0.0482,进一步验证了任务定价的无区域差异性,因此附件 1 任务失败的原因是并没有充分考虑区域差异性。

针对问题二: 首先根据任务的地理位置判断得到研究区域为佛山、深圳以及东莞地区,计算得到其任务定价均值分别为 68.63, 67.80 及 70.21 元,其任务完成率分别为 60.50%, 34.69%及 97.18%,接着建立以任务完成率为目标函数,任务限额,任务定价等为约束条件的目标规划模型,并在目标函数中引入了会员接单意愿函数,综合考虑任务定价和会员期望定价差值、会员信誉度、接单时长以及任务配额等因素对接单意愿函数的影响,最后通过求解目标规划模型得到佛山、深圳以及东莞的任务定价应该设置为 70.50 元, 74.32 元, 69.18 元,以及预测三区域的任务完成率为 97.14%, 98.35%及 97.24%。重新定价之后尽管任务均价大约提升了 2 元,但是整体的任务完成率却提高到了 97.50%。

针对问题三: 分析引入任务打包效应对会员接单意愿函数的影响,首先将任务打包效应看作无量纲变量,通过模糊综合评价法重新分析任务定价和会员期望定价差值、接单时长、会员信誉度及任务打包效应对会员接单意愿函数的影响程度,分析得到四者的权重为(0.4869,0.0705,0.1395,0.3031),然后将其代入问题二中的目标函数修改模型,此外可以看到任务的打包效应对接单意愿的影响是比较大的,也就是说打包效应分担了一部分任务定价对接单意愿的影响。

针对问题四: 根据给出的任务位置信息,发现主要针对佛山和深圳,首先粗分类将整个任务区域分为 5 个成分,然后利用基于遗传模拟退火算法的聚类算法对各个成分聚类,得到聚类之后每类所占区域面积大约为 $2km \times 2km$,此区域内的任务将会被打包,接着利用供需指数的归一化值衡量任务打包效应。最后利用问题三模型求解得到:佛山市和深圳市的定价分别为 69.8 元和 71.23 元,任务完成率分别为 87.6%和 91.2%。佛山和深圳的任务完成率较问题二有所降低,会员和任务的分布差距较大可能是造成任务完成率降低的原因。

关键词: 相关性分析; 目标规划; 接单意愿; 供需指数; 模糊综合评价法; 聚类

1、问题重述

1.1 问题背景

当前“拍照赚钱”是移动互联网下的一种自助式服务模式。其工作模式为用户下载 APP，注册成为 APP 的会员，然后从 APP 上领取需要拍照的任务，赚取 APP 对任务所标定的酬金。APP 中的任务定价是其核心要素。如果定价不合理，有的任务就会无人问津，而导致商品检查的失败。

2.2 问题提出

根据提供的附件以及相关信息完成下面的问题：

问题 1：研究附件一中项目的任务定价规律，分析任务未完成的原因。

问题 2：为附件一中的项目设计新的任务定价方案，并和原方案进行比较。

问题 3：实际情况下，多个任务可能因为位置比较集中，导致用户会争相选择，一种考虑是将这些任务联合在一起打包发布。在这种考虑下，如何修改前面的定价模型，对最终的任务完成情况又有什么影响？

问题 4：对附件三中的新项目给出你的任务定价方案，并评价该方案的实施效果。

2、问题分析

问题一要求分析附件一中项目的任务定价规律，并分析任务未完成的原因。首先将经纬度坐标系转化为直角坐标系，在此基础上为了便于寻找其规律，对整个区域进行分块，每个小区域的大小为 $5km \times 5km$ 。然后求解区域内的任务完成率，分析任务完成率与区域内平均定价之间的相关性，进而寻找其定价规律。具体内容见模型建立部分。

问题二要求为附件一中的项目设计新的任务定价方案，目标是为了使得任务完成率尽可能高，问题一得到任务定价未充分考虑区域特性是影响任务完成度的一个主要因素。区域特性可以根据会员属性（会员位置，预定任务限额，预定任务开始时间和信誉值）来映射。考虑建立以任务完成率为目标函数，任务限额，任务定价等为约束条件的目标规划模型。

问题三要求存在多任务打包的情况时，模型如何变化，任务的打包效应与多方面的因素有关，为此先假设打包效应是一无量纲值，然后引入任务打包效应对会员接单意愿函数的影响，通过模糊综合评价法重新分析任务定价和会员期望定价差值、接单时长、会员信誉度及任务打包效应对会员接单意愿函数的影响程度，然后将其代入问题二中的目标函数修改模型。

问题四要求利用问题三模型为附件 3 中的任务做定价，首先考虑任务分布的区域特性，将区域任务根据密集程度聚类，得到每个小类的平均覆盖面积，将此面积作为任务打包的最大范围，即如果任务分布超过了这个范围，则只打包范围内的任务。因为直观分析打包效应复杂度比较高，因此考虑利用供需指数的归一化值衡量任务打包效应。得到打包效应的衡量值后，带入问题三中的模型即可求得各区域的任务定价。

3、模型假设与符号说明

3.1 模型假设

假设 1：忽略地区经济因素造成的任务定价规律的浮动。

假设 2: 任务与任务之间都是可以直接抵达。

假设 3: 任务难度一致, 会员完成任务所需要的时间相等。

假设 4: 会员并不是以接任务为职业, 不存在肆意接单行为。

假设 5: 建模期间会员属性以及除了定价之外的其它任务属性并不会发生变化。

假设 6: 任务仅根据距离远近进行打包。

3.2 符号说明

3.2 符号说明

r	单个小区域内的任务完成率
n	区域内的任务总数
ε_i	区域内第 i 个任务的完成状态
P	单个区域内的任务定价平均值
R_i	区域内的会员人数
α_i	会员 i 愿意接单的意愿系数
t_i	为完成第 i 单任务所需要的时间。
I_t	为会员接受任务最低期望收入

4、模型建立与求解

4.1、问题 1 模型

分析任务定价规律的真实目的是为了提高任务的完成度做准备, 在这里, 本文利用任务完成率来衡量任务的能力。主要做法如下:

步骤 1: 绘制任务位置散点图, 观察任务的空间分布情况。

得到如下图所示的位置图。注意图中坐标已经从经纬度坐标系转化为了直角坐标系。

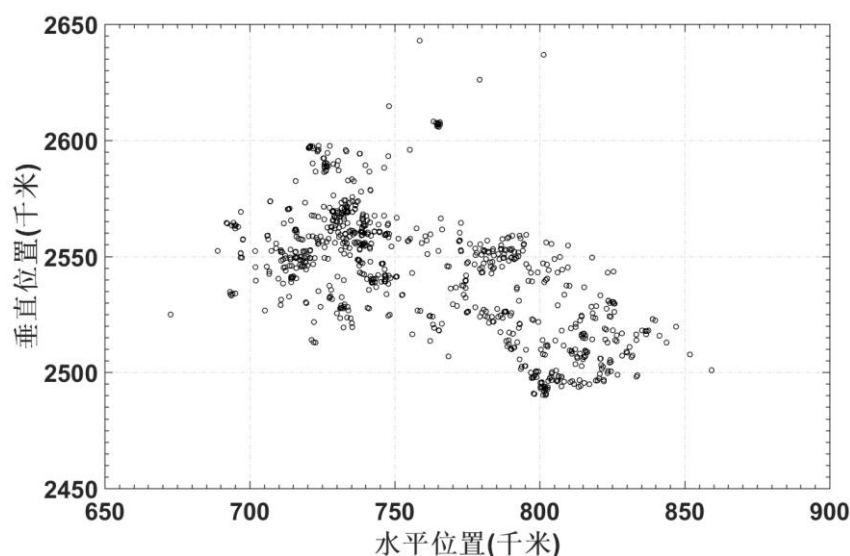


图 1 任务的空间分布图

从图 1 中可以看到很多任务在特定区域是重合的，为了更好的观察其分布特性，本文对整个区域进行了分块处理。主要处理方法为 Step2。

步骤 2：对整个区域进行分块，每个小区域的大小为 $5\text{km} \times 5\text{km}$ 。

可以看到附件一给出的任务区域主要分布在水平方向（ $650\text{km} \sim 900\text{km}$ ），深度为 250km ，垂直方向为（ $2450\text{km} \sim 2650\text{km}$ ），深度为 200km ，将整个区域看作由 $5\text{km} \times 5\text{km}$ 小区域组合而成的。然后统计出现在单个小区域内的任务数求和，这样就得到了单个小区域内部的任务数，接着绘制等值线图，如图 2 所示。

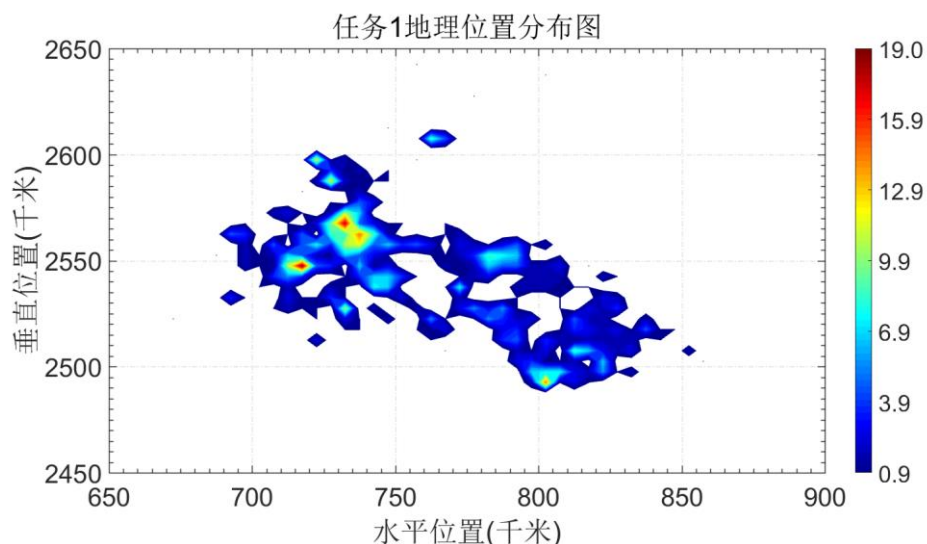


图 2 分块区域的任务空间分布图

可以看到图 2 和图 1 高度符合的，但是从图 2 可以清晰地看到任务在哪些区域重合度较高，以及重合度是多少。可以看到在单个小区域最高有 19 个任务发布。大多数区域的任务重合度在 3~5 个。任务的完成只有两个状态，完成为 1，未完成为 0，利用同样的方法得到了任务 1 完成情况的分布图，如图 3 所示。

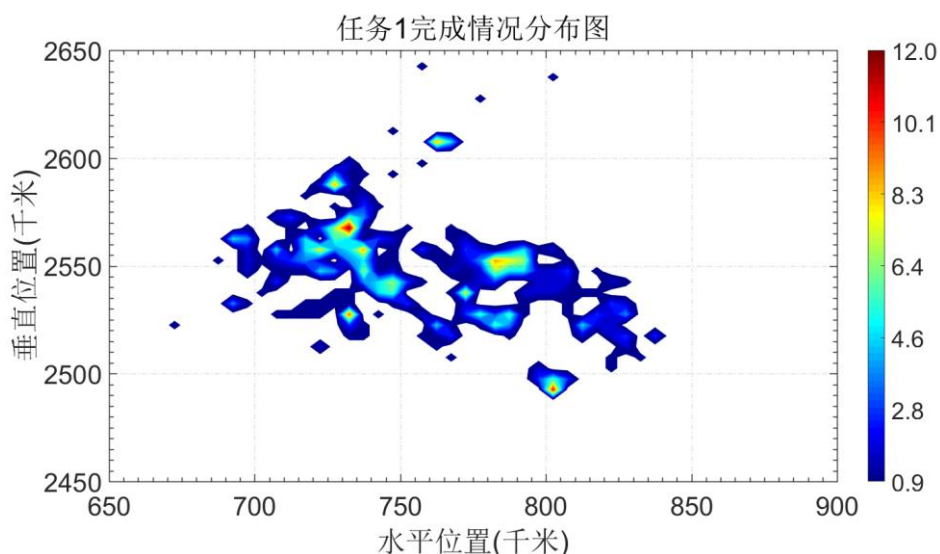


图 3 任务完成情况的分布图

任务完成情况分布图与任务数空间分布图很相似，任务数越多，任务的完成数目越多，这也符合常理，毕竟基数不同。区域内任务的完成数目越多，并不能说明该区域内的任务完成率越高。因此本文接着计算任务完成率。

步骤 3：计算各个小区域块的任务完成率。

任务完成率通过下式来计算。

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n \varepsilon_i}{n} \quad (1)$$

其中 r 为单个小区域内的任务完成率， n 为小区域内的任务总数， ε_i 为小区域内第 i 个任务的完成状态，只有 0 和 1 两个值。由此便计算得到了任务完成率的分布图。

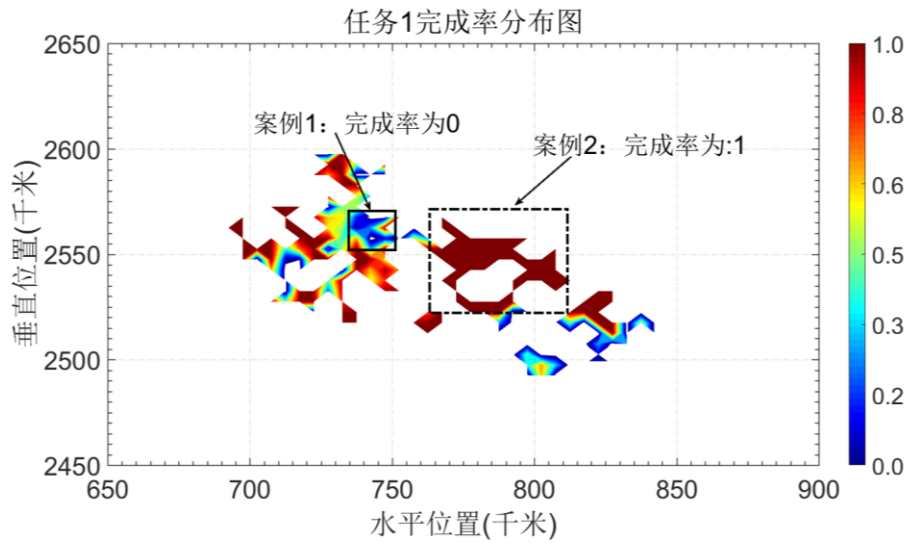


图 4 任务完成率的分布图

从图 4 可以看到有一块区域（黑色虚线框标注区域）的任务完成率为 1，本文称其为案例 2，从图 1 中可以看到该区域的平均任务数量在 3~4 之间，另外一块区域（黑色实线框标注区域）的任务完成率接近于 0，本文称其为案例 1，从图 1 中可以看到该区域的平均任务数量在 15~16 之间。这不能排除是因为案例 1 的基数（任务数）大于案例 2 的基数而造成两者之间的任务完成率差距这么大，近乎趋于两个极端。因此本文接下来分析并计算了区域任务定价的分布特性。

步骤 4：计算小区域块的定价空间分布。

根据附件给出的任务定价信息，计算每个区域块 $5km \times 5km$ 任务数的平均定价，计算公式如下：

$$P = \frac{\sum_{i=1}^n p_i}{n} \quad (2)$$

其中 P 为单个小区域内的任务定价平均值， p_i 为小区域内第 i 个任务的定价。由此便计算得到了任务定价的空间分布图，如图 5 所示。本文关注了 step3 中提到两个特殊区域，同样标注在图 5 中。

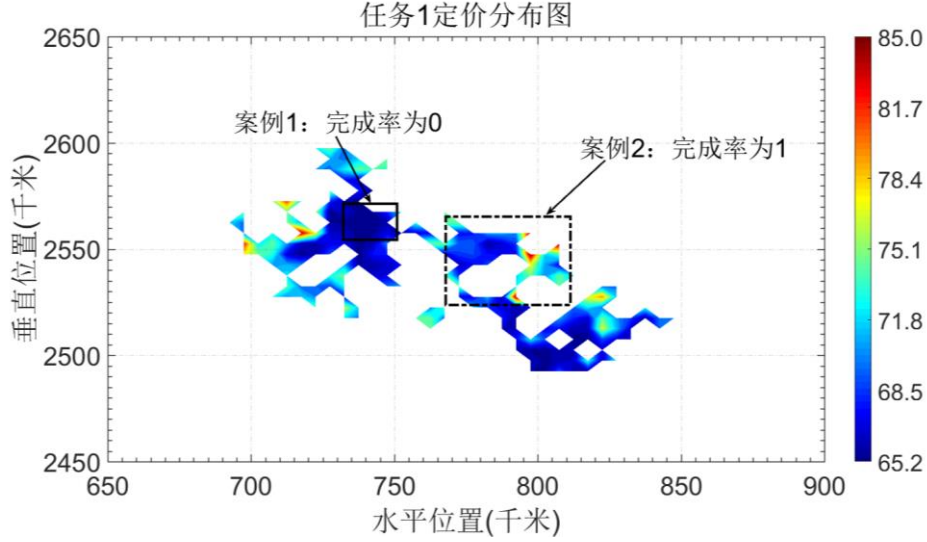


图5 任务定价空间分布图

从图5可以看出，尽管案例1和案例2在任务完成率相差巨大，甚至趋于两个极端。但是从定价分布图可以看出案例1和案例2任务定价差别较小。这可以间接的说明案例2的任务定价可以使得任务完成率达到1，但是却不能使得案例1所在的区域的任务完成率达到较好的效果，也就是说同样的定价方案能适用于案例2，但却不适用于案例1。从图5中也可以看出，定价分布图在各个区域的差别较小，所以附件1给出的定价方案并没有充分考虑区域特性。为了验证本文的想法，本文计算了任务定价在整个空间上的方差，具体计算步骤：第一步，利用如下公式对任务定价进行归一化，目的是直观感受任务定价与均值的偏离程度

$$X'_i = \frac{X_i - \min(X_i)}{\max(X_i) - \min(X_i)} \quad (3)$$

其中 X'_i 为归一化后的任务定价值， X_i 为归一化之前的任务定价， $\max(X_i)$ ， $\min(X_i)$ 分别为任务定价的最大值和最小值。第一步，求解归一化之后的任务定价的方差。求得其方差值为 0.0482，可以看出其值较小，进一步验证了整个区域任务定价波动较小。

步骤5：分析任务定价规律

为了从整体上分析任务定价与任务完成率之间的关系，首先将空间上任务定价的二维矩阵以及任务完成率的二维矩阵转化为一维矩阵，然后采用皮氏积矩相关系数 (Pearson product-moment correlation coefficient, PPCC) [1] 来衡量变量之间的相关性。具体分析公式如下：

$$r_{XY} = \frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^N (Y_i - \bar{Y})^2}} \quad (4)$$

其中 r_{XY} 为 X_i 和 Y_i 的相关性矩阵，在这里的 X_i 和 Y_i 分别指任务定价与任务完成率

(或任务总数)， N 为变量的个数，最后分析得到任务定价与任务完成率的相关系数为 0.3068，以及定价与总任务数量的相关系数为 -0.4443。据此可以大致判断出任务定价的大致规律，任务定价与任务完成率呈现弱的正相关，但在一定程度上是可以反映定价越高能提高接单积极性，进而提升任务的完成率。另外定价与总的任务数量是呈现弱的负相关，但也可以在一定程度上反映任务数量越多，定价反而越低，这与正常的供需平衡理论相悖。

总结：任务定价与任务完成率成弱的正相关，与总的任务数量成弱的负相关，任务定价在整个区域内的波动较小，没有充分考虑区域特性。

4.2、问题 2 模型—定价模型

在设置定价模型的时候，需要分析在不同时空会员资源的“供求匹配”程度，查看给定的附件 2，可以看到会员具有四个属性，分别为地理位置，预定任务限额，预定任务开始时间和信誉值，通过分析任务位置以及完成特性，可以发现区域可以分为三个部分深圳、佛山和东莞。我们针对这三个部分的定价对其展开研究。

(1) 数据预处理

问题中提到原则上会员信誉越高，越优先开始挑选任务，其配额也就越大（任务分配时实际上是根据预订限额所占比例进行配发），根据题干可以了解到信誉度、任务配额以及任务分配时间是具有很强的相关性的。根据附件二提供的数据，任务分配时间起始时间为 6:30，最晚为 8:00，我们定义允许接单起始时间到 8:00 的时间间隔为任务分配时间。根据附件 2 以及计算得到的任务分配时间绘制散点图并进行滤波操作得到图 6。图 6 中黑色的实线为原始数据，红色线为滤波后数据。

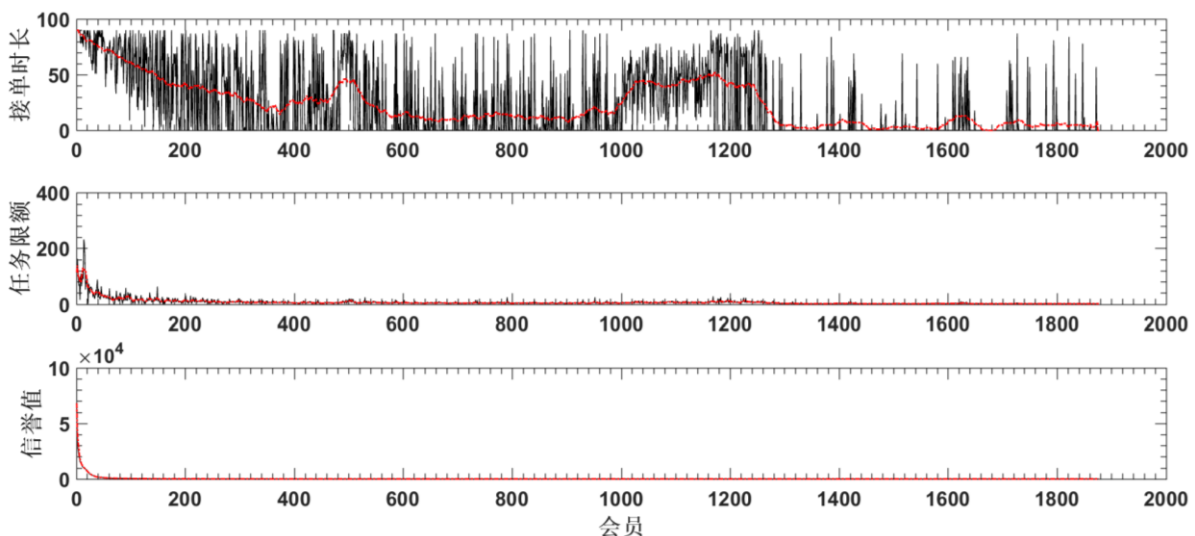


图 6 会员属性值分布图

从图 6 中可以看到会员的三个属性值均呈现指数衰减趋势，并分析其滤波值的相关性，得到接单时长与任务限额之间的相关性为 0.7097，接单时长与信誉值之间的相关性为 0.6170，信誉值和任务限额之间的相关性为 0.8117。注意：考虑的数据的差异性，避免因过大和过小的数据对结果造成大的偏差，我们已经去掉开头最大项以及结尾最小项各 10 项。处理之后三者相关性不一，文中给出的“原则上会员信誉越高，越优先开始挑选任务，其配额也就越大”，为此我们决定在后续的研究中会综合考虑这几个因素的影响。

(2) 模型建立

为了更好的定价，本文需要一个参考价格，这个参考价格可以有固定的作用范围，它会吸引它作用范围内的会员接收区域内任务，如果参考价格增大，那么区域作用范围增大，如果参考价格减少，那么区域作用范围减小。此外本文定义了供需指标，假设 App 向区域 Z_i 提交了 n_i 个任务，则区域 Z_i 的供需指标可以用 m_i 表示，如下式所示：

$$m_i = \frac{n_i}{\sum_{j=1}^{R_i} A_j} \quad (5)$$

其中 A_j 为区域内第 j 个会员的任务限额， R_i 为区域内的会员人数。直观上讲，若供需指标大于 1，则为供不应求现象，区域内的会员人数并不能满足任务量需求；若供需指标小于 1，则为供大于求，区域内的会员人数足以满足任务量需求。本文的目标是使得各个区域内的供需指数尽可能的均达到 1。则目标函数可以定义为

$$\max \sum_{i=1}^N m_i = \max \sum_{i=1}^N \left(\frac{n_i}{\sum_{j=1}^{R_i} A_j} \right) \quad (5)$$

其中 N 为划分的区域块数目。据此本文大致估算了一下供需指数的分布，如下图所示：

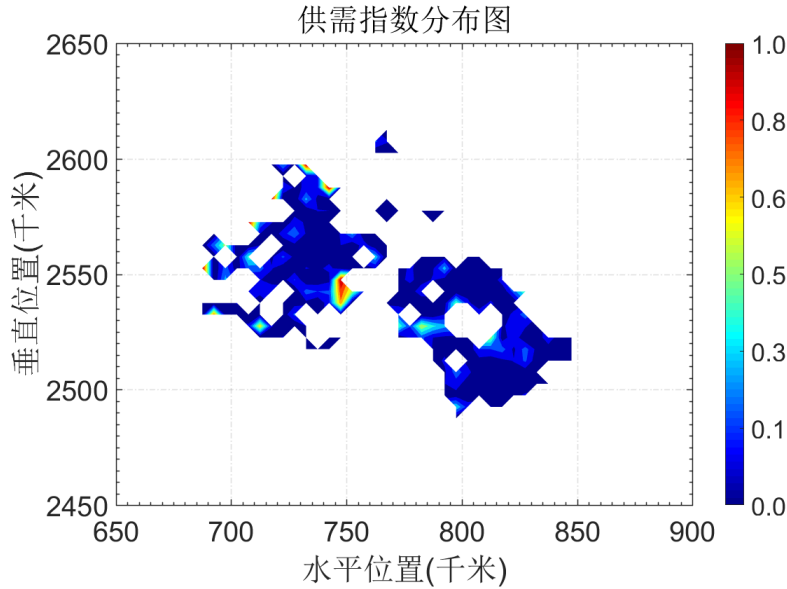


图 7 供需指数分布图

可以看到供需指数均小于等于 1，说明当前的区域内会员的任务配额满足任务发布数量。但是问题中也提到了在实际情况中，任务分配是根据预订限额所占比例进行配发，因此公式 5 需要修改。修改为下式：

$$\max \sum_{i=1}^N m_i = \max \sum_{i=1}^N \frac{n_i}{\sum_{j=1}^{R_i} \left(\frac{\alpha_i A_j}{R_i} n_i \right)} = \max \sum_{i=1}^N \frac{1}{\sum_{j=1}^{R_i} \left(\frac{\alpha_i A_j}{R_i} \right)} \quad (6)$$

其中 $\alpha_i (0 \leq \alpha_i \leq 1)$ 为会员 i 愿意接单的意愿系数，可以发现当 $\alpha_i = 1$ 时目标函数恒等于 N ，此时表示区域内的所有会员均愿意接受任务，当 $\alpha_i < 1$ 时表示区域内的会员有 α_i 的概率可能接受任务。而影响会员接受任务意愿的主要因素包括任务的价格是否符合预期、会员完成任务所需要的时间。首先说明会员完成任务所需要的时间，假设会员的移动速度固定为 v （单位 km/h ），记会员从起始点或任务点 x_i 到任务点 x_j 的距离为 d_{ij} ，

取两点之间的直线距离，所用时间为 $\frac{d_{ij}}{v}$ ，会员的接单数为 l 。则总的完成任务时间为

$$T = \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^l \frac{d_{ij}}{v} + \sum_{i=1}^l t_i \quad (7)$$

其中， T 为总的完成任务时间， $\sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^l \frac{d_{ij}}{v}$ 为总的接单路上花费的时间； t_i 为完成第 i 单任务所需要的时间。

接下来对会员的满意最低收入进行量化，在不同的生活背景下，有着不同的生活成本。根据实际的生活背景确定会员满意的最低期望收入。

$$I = \sum_{i=1}^l I_i \quad (8)$$

其中 I 为总的接受任务而获得的收入值， I_i 为第 i 个任务给出的定价。

据此本文建立目标规划模型，如下：

$$\text{目标函数：} \max \sum_{i=1}^N m_i = \max \sum_{i=1}^N \frac{n_i}{\sum_{j=1}^{R_i} \left(\frac{\alpha_i A_j}{R_i} n_i \right)} = \max \sum_{i=1}^N \frac{1}{\sum_{j=1}^{R_i} \left(\frac{\alpha_i A_j}{R_i} \right)}$$

$$\text{约束条件: } s.t. \begin{cases} \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^l \frac{d_{ij}}{v} + \sum_{i=1}^l t_i \leq T_t \\ I_{\max} \geq \sum_{i=1}^l I_i \geq I_t \\ l \leq \frac{A_i}{\sum_{i=1}^{R_i} A_i} n_i \\ 0 \leq \alpha_i \leq 1 \end{cases}$$

其中, T_t 为会员因为接受任务而愿意花费的最大时间, I_t 为会员接受任务最低期望收入,

I_{\max} 为 App 方愿意给出的最高任务定价, $l \leq \frac{A_i}{\sum_{i=1}^{R_i} A_i} n_i$ 说明的是会员接单数目不能超过区域内为其预留的任务数。

(3) 模型求解

会员接单意愿是一种模糊性的概念。会员的接单意愿主要与三方面因素有关。

- 任务定价与会员期望任务定价的差值 I_d

会员单次接活期望任务定价 I , 而实际定价为 I' 。就常规而言, 当 $I' - I$ 的值越大, 会员接单意愿越高。

- 任务接单时长 T_d

“拍照赚钱”只是一个兼职类工作, 假设会员并不是以接单为专门职业, 而是有自己的职业, 且大多数人的上班时间在 9:00。我们看到不同的人接单起始时间是不一样的, 有的人是从 6:30 开始, 有的人是从 8:00 开始, 那么越早开始接单完成订单的时间就会越早, 会员就更有可能考虑接单, 这极大影响了会员接单的意愿。

- 会员信誉度 C_d

显然会员的信誉度也极大影响会员的接单意愿, 因为会员的信誉度越高, 其接单的完成率越高, 反之, 其信誉度越低, 其接单的完成率越低, 这在整体上也削弱了

$\sum_{j=1}^{R_i} \left(\frac{A_j}{\sum_{j=1}^{R_i} A_j} n_i \right)$, 因此我们将会员信誉度也归为削弱会员接单意愿的一个因素。

因此受诸多因素的影响，即使随着任务定价的不端增加，且三者对接单意愿的影响大小可能不相等，设置三者对接单意愿的权重分别为 W_I, W_T, W_C ，这三个值可以通过三者与任务完成率之间的关系来确定。本文利用灰色关联度求解相应权重，具体计算步骤参照文献^[2]。通过 MATLAB 编程（见附录）得到任务定价、接单时长以及信誉值与任务完成率的灰色关联度分别为 0.9996, 0.5912 及 0.3421，因此可以计算得到 $W_I = 0.5172, W_T = 0.3059, W_C = 0.1765$ 。

因此综合几方面因素会员的接单意愿不会无限制增大。可以看到为三个不同的量纲，首先对这三个量纲进行归一化处理，设归一化结果为 I'_d, T'_d, C'_d ，分别为归一化之后的实际定价与期望定价差值、任务接单时长以及会员荣誉度，设 $M = W_I I'_d + W_T T'_d + W_C C'_d$ 为三者的综合作用变量，当 M 值越大，会员接活意愿就会越大，但是受各方面因素影响，并不会无限制增大。因此假设会员接活意愿受实际定价的影响是先缓慢增加，后急速增加，最后趋于稳定的 S 形变化趋势。本文采用神经元 S 特性函数形式定义会员接单意愿，表达式为

$$\alpha = 1 - \frac{1}{1 + e^{0.5(Q+M)}} \quad (9)$$

式中 Q 表示会员所能忍受的最大的实际定价与期望定价的差值（因为我们主要考虑的是定价策略，假设研究期间会员属性并不会发生变化，因此我们主要考虑 Q ）。之所以采用 S 函数形式来描述会员接单意愿，除了上面叙述的原因，还有就是因为 S 函数具有连续、光滑、严格单调本，接单意愿采用该函数，一方面可以保证其在 0~1 之间，另一方面也能描述接单意愿与相关参数间的变动关系。

假设任务实际定价和会员期望任务定价差值 [-10 元, 10 元] 范围内波动，然后分别取 $Q=0$ （实际定价不能低于期望定价）， $Q=5$ （可以忍受实际定价小于期望定价 5 元）， $Q=10$ （可以忍受实际定价小于期望定价 10 元）， $Q=15$ （可以忍受实际定价小于期望定价 15 元）， $Q=20$ （可以忍受实际定价小于期望定价 20 元）。分别绘制相关曲线得到：

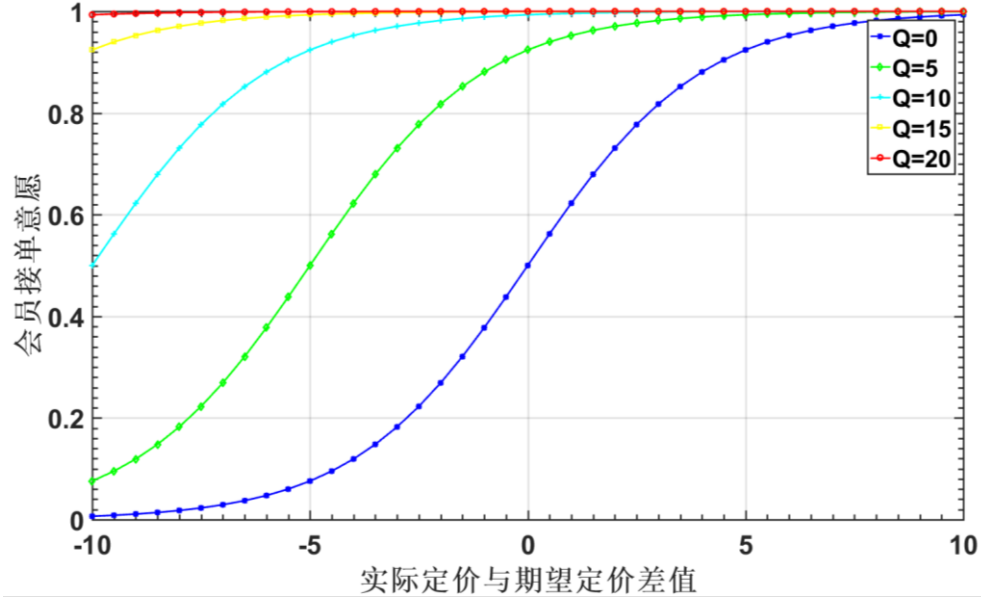


图 8 接单意愿和实际定价与期望定价差值之间的关系

从图 8 可以看出来,当会员越能忍受实际定价低于期望定价时,会员接单意愿越高,在同一 Q 值下,任务实际定价与期望定价差值越大,会员接单意愿越高,这也符合一般现象。因此本文做出的假设符合常规现象的,可以利用模型进行下一步的操作。将假定的意愿函数代入目标规划模型当中,目标函数变为

$$\max \sum_{i=1}^N m_i = \max \sum_{i=1}^N \frac{n_i}{\sum_{j=1}^{R_i} \left[\frac{\left(1 - \frac{1}{1 + e^{0.5(Q+M)}}\right) A_j}{\sum_{j=1}^{R_i} A_j} n_i \right]} = \max \sum_{i=1}^N \frac{1}{\sum_{j=1}^{R_i} \left[\frac{\left(1 - \frac{1}{1 + e^{0.5(Q+M)}}\right) A_j}{\sum_{j=1}^{R_i} A_j} \right]} \quad (10)$$

接下来本文进行分区域(深圳、东莞和佛山)讨论,分这三个区域讨论的理由如下:(1)三个区域的生活水平不一样,这造成了对任务定价的期望值不一样,而三个区域的任务定价却相差较小。(2)从任务完成率上面看,三者之间的任务完成率相差较大。因此分三个区域来说明其定价问题。下面统计得到佛山市,东莞市以及深圳市的人均收入,如表 1 所示。

表 1 佛山市、深圳市及东莞市人均收入以及各收入阶段占比^[3]

城市	平均工资	2000 以下	2000--3000	3000--5000	5000--7000	7000--10000	10000 以上
佛山	5088	1.84%	14.79%	50.47%	19.12%	8.99%	4.79%
深圳	5222	2.43%	10.59%	50.52%	21.53%	9.38%	5.56%
东莞	4904	3.85%	15.99%	44.89%	22.74%	8.29%	4.24%

从表 1 中可以看到人均收入由高到低分别为深圳、佛山和东莞。这和各城市的任务完成率排名正好相反,排名由高到低分别为东莞、佛山以及深圳。这表明各区域会员对任务定价的期望值是不一样的。

下面我们来确定目标规划约束条件中的其它参数,据统计成年人步行速度大约为 5km/h,骑行速度大约为 15km/h,公交车速度大约为 60km/h,地铁速度大约 80km/h,

参照广东交通发展状况，我们取四者的平均值 $v = 40km/h$ ，作为会员完成任务路途中的行进速度。根据附件一给出的任务信息，可以看到任务定价均大于 60 元，而研究区域平均工资为 5017 元，按一天八小时工作制，则一个小时大约 20 元，因此完成一个任务大约需要 $t_i = 180min$ 。根据研究区域内任务定价分布以及区域内任务完成数分布，分别选取三个区域（佛山、东莞、深圳）的区域的平均值（69.11 元）作为任务定价的期望值，选取所有区域的最高值作为 App 公司所能给出的最大任务定价值，观测可知三个区域的任务定价最高值均为 85 元，将这些参数代入目标规划模型^[2]，求解得到如表 2 所示结果。

表 2 佛山市、深圳市及东莞市人均收入以及各收入阶段占比

城市	重新定价前		重新定价后	
	任务均价（范围）	任务完成率	任务均价	任务完成率（ α ）
佛山	68.63 [65~85]	60.50%	70.50	97.14%
深圳	67.80 [65~85]	34.69%	74.32	98.35%
东莞	70.21 [65~85]	97.18%	69.18	97.24%
整个研究区域	69.11 [65~85]	62.51%	71.35	97.50%

可以看到重新定价之后尽管任务均价大约提升了 2 元，但是整体的任务完成率却提高到了 97.50%。

4.3、问题 3 模型—打包定价模型

实际情况下，多个任务可能因为位置比较集中，导致用户会争相选择，一种考虑是将这些任务联合在一起打包发布。假设在研究问题 3 时，会员的属性并没有变化，在未实施打包发布的情况下，设会员 i 的接单数目为 N_i ，当实施打包发布的情况下，设会员的接单数目为 N'_i ，此时通过打包策略，会员 i 的接单数目从 N_i 转化为了 N'_i 。即为

$$N_i \xrightarrow{\text{打包策略}} N'_i$$

设任务之间相距 d 时任务需要打包，任务的打包最大区间为 D ，即区域 D 内部的任务可以进行打包，具体打包成几份任务可以根据区域 D 内的会员配额具体确定。当任务打包时，会员是否接单则需要考虑更多，即能否在自己容忍的时间限度内完成任务，打包路线是否是自己的理想路线，因此在诸多因素影响下，会员的接单意愿 α 会发生变化，则问题二中的模型的 M 变为了 $M' = W_I I'_d + W_T T'_d + W_C C'_d + W_P P'_d$ ，其中 P'_d 为区域内任务打包对接单意愿的效应，它包含两个要素任务价值以及执行任务路程，而 W_P 为 P'_d 对应的权重，它的大小需要综合考虑多方面因素。

这四个指标均对接单意愿产生重要的影响，接下来本文利用模糊综合评价法衡量四个指标的权重，具体做法如下：

步骤 1：确定评价因素集 U 。

根据本文中选择的综合指标体系,建立评价因素集 U ，如下所示：

$$U = \{U_1, U_2, U_3, U_4\} \\ = \{\text{任务定价与期望定价差值, 任务接单时长, 会员信誉度, 任务打包效应}\} \quad (11)$$

步骤 2：确定评语集。

确定评语等级论域，即建立评价集。

$$v = \{v_1, v_2, v_3, v_4, v_5\} = \{\text{强, 较强, 一般, 较弱, 弱}\} \quad (12)$$

步骤 3：指标权重计算

4 个指标因子权重，本文采用层次分析法求出指标权重，判断矩阵为 4 阶方阵，可以通过查资料，对同一级要素进行两两重要性比较来确定判断矩阵的各个元素。本文矩阵通过专家打分法整理得出，取值采用 1-9 标度法。利用此标度方法得到判断矩阵，如表 3 所示。

表 3 判断矩阵和权重

	U_1	U_2	U_3	U_4
U_1	1	5	4	2
U_2	1/5	1	1/3	1/4
U_3	1/4	3	1	1/3
U_4	1/2	4	3	1

判断矩阵显示了各要素之间相对于上层目标的相对重要度，解得特征根，得到最大特征根的归一化特征向量 A ，特征向量的每个元素就代表了相应指标对上层目标的贡献率，即权重。求得 $A = (0.4869, 0.0705, 0.1395, 0.3031)$

步骤 4：判断矩阵的一致性检验

一致性指标 CI 来衡量判断矩阵的一致性。一般认为， $CI \leq 0.10$ 就可以认为判断矩阵具有一致性，否则还需进一步调整。其检验的步骤如下：

a. 计算判断矩阵的特征值，近似公式为：

$$PW = \lambda W \quad (13)$$

其中 P 为判断矩阵， λ 为特征根。

b. 计算完全一致性检验

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (14)$$

将 P, λ 代入上式可得 $\lambda_{\max} = 4.1145$ ， $CI = 0.0382 < 0.10$ ，因此可以认为该矩阵具有良好的 consistency。

步骤 5：建立模糊关系矩阵

构建单因素评价矩阵。采用专家评议法就影响会员接单意愿的每一个因素在 v 中的 4 个等级上打分，最后经算术平均得到数据。下面是 20 位专家分别对影响会员接单意愿的四个指标的评定结果，如表 4 所示。

表 4 各指标得分表

评价指标	评价等级				
	强	较强	一般	较弱	弱
实际定价与期望定价差值	15	5	0	0	0
任务接单时长	10	10	0	0	0

会员信誉度	8	7	5	0	0
任务打包效应	10	5	5	0	0

则对于接单意愿，其模糊关系矩阵为：

$$R = \begin{pmatrix} 3/4 & 1/4 & 0 & 0 & 0 \\ 1/2 & 1/2 & 0 & 0 & 0 \\ 2/5 & 7/20 & 1/4 & 0 & 0 \\ 1/2 & 1/4 & 1/4 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad (15)$$

步骤 6：各因素的加权平均模糊合成综合评价

利用加权平均模糊合成算子将 A 与 R 组合成模糊综合评价结果，计算公式为：

$$b_i = \sum_{i=1}^P (a_i \cdot r_{ij}) = \min \left(1, \sum_{i=1}^P (a_i \cdot r_{ij}) \right) \quad (16)$$

因此最终的模糊得分为：

$$\begin{aligned} S &= A \circ R \\ &= (0.7327, 0.1212, 0.0730, 0.0730) \circ \begin{pmatrix} 3/4 & 1/4 & 0 & 0 & 0 \\ 1/2 & 1/2 & 0 & 0 & 0 \\ 2/5 & 7/20 & 1/4 & 0 & 0 \\ 1/2 & 1/4 & 1/4 & 0 & 0 \end{pmatrix} \\ &= (0.6078, 0.2816, 0.1106, 0, 0) \end{aligned} \quad (17)$$

可以看到当加入任务打包效应之后，最后的评定结果为四因素对接单意愿的影响效应为强，最高等级，且可以看到四因素对接单意愿影响从大到小排序为：任务定价与期望定价之间的差价，任务打包效应，会员信誉以及接单时长。将各权重带入目标函数当中得到：

$$\max \sum_{i=1}^N m_i = \max \sum_{i=1}^N \frac{1}{\sum_{j=1}^{R_i} \left[\frac{1 - \frac{1}{1 + e^{0.5(W_T I_d' + W_T T_d' + W_C C_d' + W_P P_d')}}}{\sum_{j=1}^{R_i} A_j} \right] A_j} \quad (18)$$

此外任务打包并不影响问题二定价模型中的约束条件。该模型将会用于问题四的问题求解。此外可以看到任务的打包效应对接单意愿的影响是比较大的，也就是说打包效应分担了一部分任务定价对接单意愿的影响，这可能会进一步降低任务定价，从而为公司提升利益。

4.4、问题 4 模型

本问我们将基于问题三的模型对附件三给出的数据执行任务定价。本文仍然根据区域特性将研究区域分为深圳、佛山和东莞三个区域进行研究。首先我们大致看一下附件三提供数据的任务空间分布。

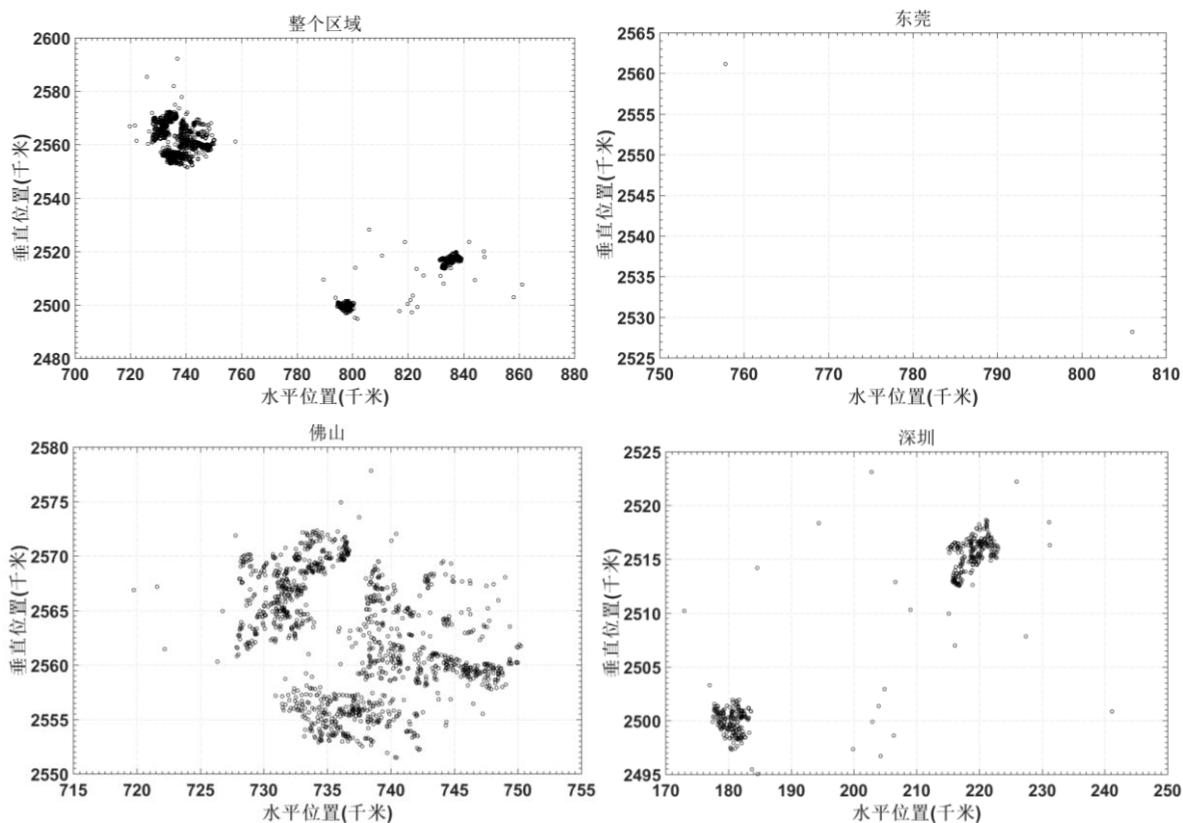


图9 附件3 任务分布图

从图9可以看到任务主要集中在佛山地区和深圳地区，因此排除东莞区域，而主要考虑深圳和佛山地区。

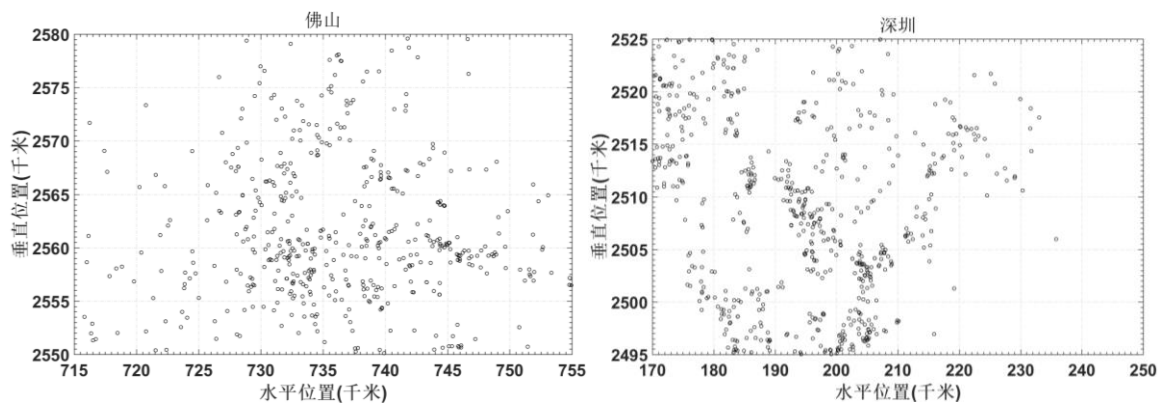


图10 佛山和深圳地区会员分布图

针对问题三中的模型，任务打包效应的确定是一个复杂过程，任务的打包完全是根据任务与任务之间的几何距离所确定。为此我们对各个区域的任务进行聚类分析，以聚类结果打包任务，在此采用模糊C-均值聚类算法（FCM），具体计算方法如下：

步骤1：粗分类。

因为FCM是一种局部搜索算法，为了避免聚类时收敛到局部最小点，为此首先根据分布图进行粗分类，粗分类结果如下：

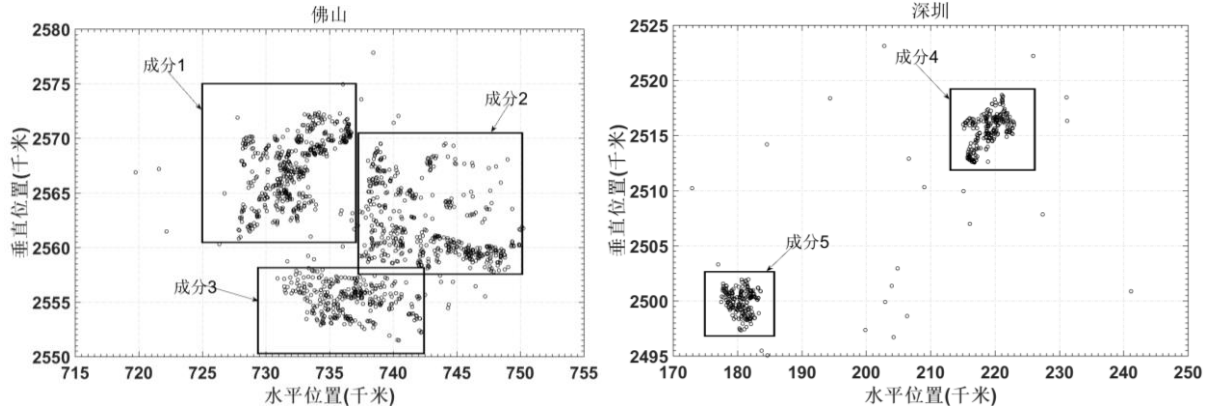


图 11 各区域任务粗分类结果

步骤 2：选取粗分类得到的各成分，建立分类目标函数。

在这里以成分 4 来说明我们的分类步骤，设成分 4 中含有 n 个数据样本，设其可以分成 c 个类别，聚类时寻找一种最佳的分类，使得该分类能产生最小的函数值^[4] J_b ，如下式所示：

$$J_b(U, v) = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^c (\mu_{ik})^b (d_{ik})^2 \quad (19)$$

其中 v 为各类别的聚类中心； U 是其相似分类矩阵； d_{ik} 是欧几里得距离，用来度量样本距离聚类中心的距离； b 是加权参数； μ_{ik} 是样本对于类的隶属度，其计算公式为

$$\mu_{ik} = \frac{1}{\sum_{j=1}^c \left(\frac{d_{ik}}{d_{jk}} \right)^{\frac{2}{b-1}}}。$$

步骤 3：基于遗传模拟退火改进聚类算法进行聚类

尽管 FCM 有很高的搜索速度，但是 FCM 是一种局部搜索算法，且对聚类中心的初值十分敏感，史峰^[5]等人提出了一种基于遗传模拟退火算法的聚类算法(书中附带程序)，该算法为全局寻优算法具体方法参照文献内容。

表 5 聚类结果

成分	聚类数	各成分子类所占面积平均值
成分 1	15	3.0km×3.0km
成分 2	24	1.0km×1.0km
成分 3	12	2.0km×2.0km
成分 4	10	1.5km×1.5km
成分 5	12	1.2km×1.2km

我们取五组成分的各子类所占面积平均值作为最小单元格，即意味着该单元格内的任务进行打包。意味着一个单元格内最多只能有一个打包组合，此时每个单元格的任务值只有 0 和 1。假设单元格内部的任务只能是处于单元格内部的会员接单，为此我们查找统计单元格内部的会员数目，因为一个任务包只能由一个会员接，那么单元格内的会员只有其配额超过任务包里面的任务数才能接活，为此我们统计单元格内任务配额超过

任务包里面任务数的人数。然后计算供求指数 m_i ，供求指数计算公式如下：

$$m_i = \sum_{j=1}^{R_i} \gamma_j \quad (20)$$

其中 $\gamma_j = \begin{cases} 1 & A_j \geq n_i \\ 0 & A_j < n_i \end{cases}$ 判断单元格内第 j 个会员的任务限额是否大于任务包里面的任务

数， R_i 为区域内的会员人数； n_i 个单元格里面任务包所含的任务数目。

我们计算供求指数的目的是用它来反映任务打包对接单意愿的影响。若供求指数大于等于 1，则单元格内会员满足接单要求，若等于 0，说明单元阁内会员无人满足接单要求，接单意愿下降。计算得到的供求指数，如下图所示。

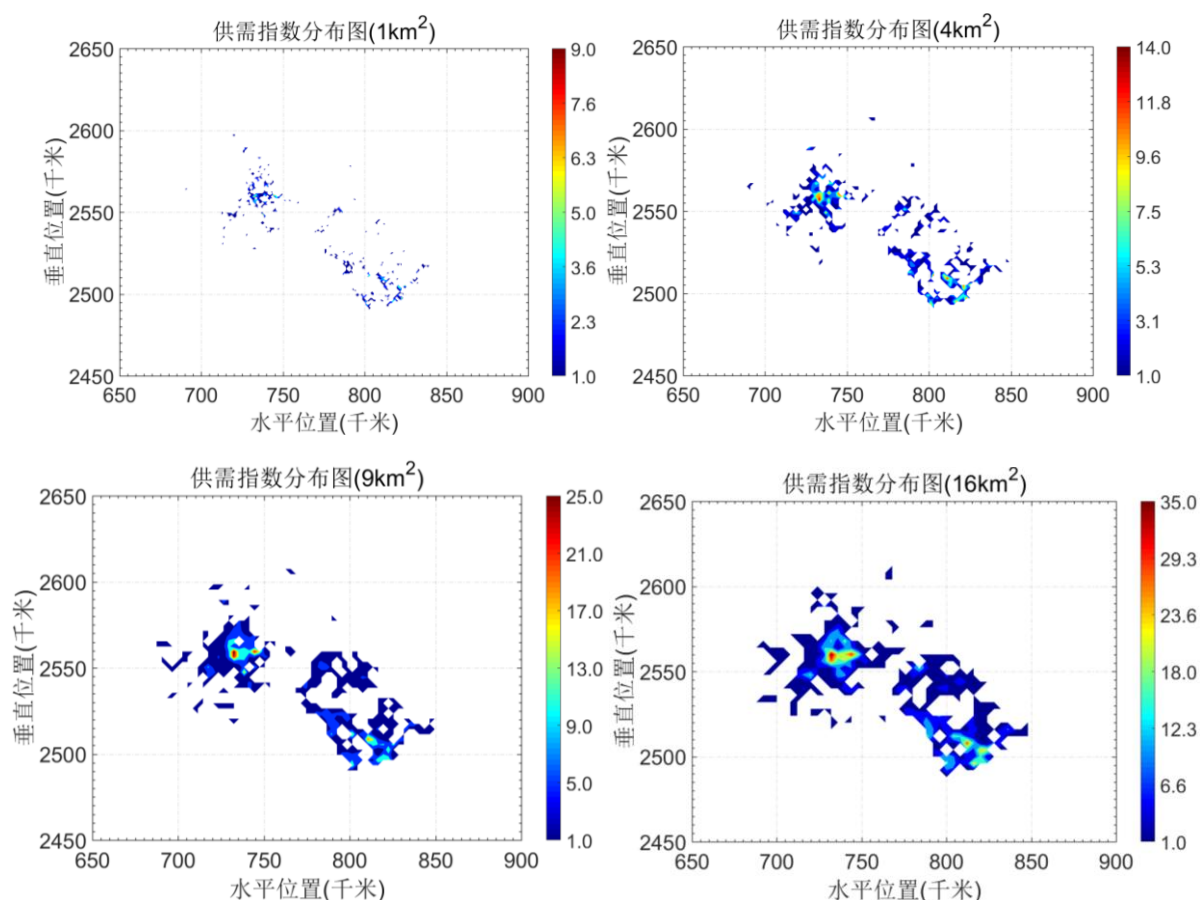


图 12 附件 3 任务供求指数分布图

由图 12 可以看到，随着单元格区域的变大，越有可能能够找到符合单元格区域的任务要求。但是受距离的影响，本文采取的单元格大小为聚类结果的平均值，即 $2.0km \times 2.0km$ 。我们将供求指数的归一化值作为任务打包效应参数 P_d' 。下面我们来确定目标规划约束条件中的其它相关参数，类似于问题二取 $v = 40km/h$ ，作为会员完成任务路途中的行进速度，完成一个任务用时 $t_i = 180min$ 。取 69.11 元作为任务定价的期望值，选取所有区域的最高值作为 App 公司所能给出的最大任务定价，观测可知三个区域的任务定价最高值均为 85 元，将这些参数带入目标规划模型，求解得到如表 2 所示结果。

表 2 佛山市、深圳市任务均价及预测的任务完成率

城市	定价	
	任务均价	任务完成率 (α)
佛山	69.80	87.6%
深圳	71.23	91.2%

因此通过求解问题三模型,可以求得佛山市和深圳市的定价分别为 69.8 元和 71.23 元,任务完成率分别为 87.6%和 91.2%。可以看到佛山和深圳的任务完成率较问题二都有所降低,从任务分布图和会员分布图的分布上看,两者的分布差距较大,这可能是造成任务完成率降低的原因。

五、模型优缺点分析及改进

5.1 模型优点

(1)本文在第一问将整个区域划分为由相同小区域,然后引入了任务完成率的概念,提取了任务完成率趋于两个极端的区域,通过直观的对比即可发现任务定价中存在的合理之处。

(2)本文在第二问引入了会员接单意愿函数、供需指数等指标,并且依次为基础建立了以任务完成率尽可能高为目标,并充分考虑信誉度,接单时长等因素对目标函数的影响,最后通过求解得到了与问题 1 相印证的结论。

(3)本文在第三问将打包效应看作一无量纲变量,然后和会员信誉度,接单时长等因素等同,这不仅简化了模型的复杂度,而且也保证了模型的可靠性。

(4)本文在第四问改进问题 2 提出的供需指数,并利用改进的供需指数衡量打包效应。而且分析了供需指数与任务打包范围的相关性,而且通过模型求解验证了问题三提出的模型的可靠性。

5.2 模型不足

(1)对模糊概念进行量化时,总是会存在一定的偏差。

(2)在问题三采用了模糊综合评价法,模糊综合评价法具有较强的主观性,如果时间充足,可考虑利用德菲尔法设置相关问卷调查具体分析各变量之间的关系。

5.3 模型改进

基于人员的流动性强,因此会员的分布是处于动态发展的过程,因此在真实环境下,建议引入动态分区概念,通过动态分区定价尽可能提高任务完成率,动态分区定价的分区结果理应随着区域内会员的活动方式的变化而变化,这可以在保证市场公平性的前提下,达到公司出资更小的效果,体现市场的经济性。

六、参考文献

- [1] 大佛山人才网, <http://www.0757rc.com/vane/avg.aspx?sitecode=0755>, 2017.9.15.
- [2] 司守奎、孙玺菁, 数学建模算法与应用, 国防工业出版社, 2011.08.
- [3] 史峰, 王辉, 郁磊, 胡斐, MATLAB智能算法30个案例分析, 北京航空航天大学出版社, 2011.07.
- [4] 刘凤秋, 李善强, 曹作宝, 数学实验, 哈尔滨工业大学出版社, 2010.
- [5] 皮氏积矩. <http://www.55188.com/thread-4974366-1-1.html>, 2017.9.15.
- [6] 刘艳, 云环境下基于组合双向拍卖的动态资源定价研究[D], 中南大学硕士学位论文.2012.
- [7] 孙信听, 众包环境下的任务分配技术研究[D], 扬州大学硕士学位论文, 2016.
- [8] 刘晓钢, 众包中任务发布者出价行为的影响因素研究[D], 重庆大学硕士学位论文, 2012.
- [9] 赵现纲, 数据挖掘网格中作业分配与调度关键技术研究[D], 北京邮电大学博士学位论文, 2007.
- [10] 张辰, 考虑参考效应的收益管理动态定价研究[D], 南京理工大学硕士学位论文, 2016.
- [11] 孟卫平, 基于VRP汽车零件物流运费定价的建模及算法研究[D], 上海交通大学硕士学位论文, 2006.
- [12] 费蓉, 动态规划研究及其在电力市场动态分区[D], 西安理工大学博士学位论文, 2009.
- [13] 鲁黎, 杨寿保, 刘鹏展, 韩兵, 申凯, 基于动态定价的网格资源调度系统设计与仿真[J], 系统仿真学报, 2006(4).
- [14] 张玥, 区域铁路货运差别定价研究[D], 西南交通大学硕士学位论文, 2011

附录

附录 1：任务完成率分布计算程序

```
%% 功能介绍
% 该程序计算任务完成率分布图
%% 清楚变量
clc
clear all
close all

%% 任务信息处理
[data,text,alldata]=xlsread('附件一：已结束项目任务数据.xls');
lat=data(:,1);
lon=data(:,2);

latlon20=[lat,lon];
axesm utm
Z=utmzone(latlon20);
setm(gca,'zone',Z)
h = getm(gca)
R=zeros(size(latlon20));

for i=1:length(latlon20)
    [x,y]= mfwdtran(h,latlon20(i,1),latlon20(i,2));
    R(i,:)=[x,y];
end

figure(2)
%% 以5000*5000米划分网格
HorizotalD=650000:5000:900000;
VerticalD=2450000:5000:2650000;
[Vertical Horizontal] =meshgrid(2450000+2500:5000:2650000-
2500,650000+2500:5000:900000-2500);
%任务分布
TotalTask=[];
for i=2:size(HorizotalD,2)
    for j=2:size(VerticalD,2)
        MiT=R(find(R(:,1)>HorizotalD(i-1)&R(:,1)<HorizotalD(i)),2);
        MiT2=find(MiT>VerticalD(j-1)&MiT<VerticalD(j));
```

```

        TotalTask=[TotalTask,size(MiT2,1)];
    end
end

TaskComplete=data(:,4);
TaskComplete2=[];
for i=2:size(HorizotalD,2)
    for j=2:size(VerticalD,2)
        MiT=R(find(R(:,1)>HorizotalD(i-1)&R(:,1)<HorizotalD(i)),2);
        MiTP=TaskComplete(find(R(:,1)>HorizotalD(i-1)&R(:,1)<HorizotalD(i)));
        MiTP2=MiT(find(MiT>VerticalD(j-1)&MiT<VerticalD(j)));
        TaskComplete2=[TaskComplete2,sum(MiTP2)];
    end
end

TaskCompleteRate=TaskComplete2./TotalTask;
TaskCompleteRate=reshape(TaskCompleteRate,size(VerticalD,2)-1,size(HorizotalD,2)-1);
Max Value=max(max(TaskCompleteRate));
MinValue=0.05*Max Value;
% MinValue=min(min(Task));
Step=(Max Value-Min Value)/30;
LevelList=[Min Value:Step:Max Value];

% 绘图准备
LineWidth =1;
FontSize =30;
FontName ='Time news roman';

contourf(Horizontal/1000,Vertical/1000, TaskCompleteRate,'LevelList',LevelList,...
    'LineStyle','none')
shading interp;
colormap jet
colorbar
[cmin,cmax] = caxis;
c = colorbar('eastoutside');
set(c,'YTick',[cmin:(cmax-cmin)/6:cmax]);
set(c,'TickLength',0.01);
    TickLabel = get(c,'TickLabels');
    for i =1:size(TickLabel,1)

```

```

OrigrinTickLabel = TickLabel {i};
OriginNumber =str2num(OrigrinTickLabel );
if OriginNumber >=10
    if length(OrigrinTickLabel)<3
        TickLabel {i}= [OrigrinTickLabel,'0'];
    else
        TickLabel {i}= OrigrinTickLabel(1:4);
    end
elseif OriginNumber <-10
    if length(OrigrinTickLabel)<4
        TickLabel {i}= [OrigrinTickLabel,'0'];
    else
        TickLabel {i}= OrigrinTickLabel(1:5);
    end
elseif OriginNumber <10&&OriginNumber >=0
    if length(OrigrinTickLabel)<2
        TickLabel {i}= [OrigrinTickLabel,'0'];
    else
        TickLabel {i}= OrigrinTickLabel(1:3);
    end
elseif OriginNumber <0&&OriginNumber >-10
    if length(OrigrinTickLabel)<3
        TickLabel {i}= [OrigrinTickLabel,'0'];
    else
        TickLabel {i}= OrigrinTickLabel(1:4);
    end
end
end
set(c,'TickLabels',TickLabel );
axis on

ylabel('垂直位置(千米)')
xlabel('水平位置(千米)')
title('任务1完成率分布图','fontsize',FontSize,'fontname',FontName)
set(gca,'fontsize',FontSize,'fontname',FontName)
set(gcf,'color','w')
set(gca,'LineWidth',LineWidth)

```

```
set(gca,'XMinorTick','on')
set(gca,'YMinorTick','on')
set(gcf, 'unit', 'normalized', 'position', [0.05,0.05,0.8,0.78]);
grid on
set(gca, 'GridLineStyle', '-.')
set(gca,'yTick',2450:50:2650)
set(gca,'yTickLabel',[2450:50:2650])
set(gca,'xtick',[650:50:900])
set(gca,'xticklabel',[650:50:900])
ylim([2450,2650])
xlim([650,900])
```

附录 2：任务完成率与定价的相关性

%% 功能介绍

% 该程序计算任务完成率与定价的相关性以及计算总任务数与定价的相关性

clc

clear all

close all

%% 任务信息处理

[data,text,alldata]=xlsread('附件一：已结束项目任务数据.xls');

lat=data(:,1);

lon=data(:,2);

latlon20=[lat,lon];

axesm utm

Z=utmzone(latlon20);

setm(gca,'zone',Z)

h = getm(gca)

R=zeros(size(latlon20));

for i=1:length(latlon20)

[x,y]= mfwdtran(h,latlon20(i,1),latlon20(i,2));

R(i,:)=x;y];

end

figure(2)

%% 以5000*5000米划分网格

HorizotalD=650000:5000:900000;

VerticalD=2450000:5000:2650000;

[Vertical Horizontal] =meshgrid(2450000+2500:5000:2650000-
2500,650000+2500:5000:900000-2500);

%任务分布

TotalTask=[];

for i=2:size(HorizotalD,2)

for j=2:size(VerticalD,2)

MiT=R(find(R(:,1)>HorizotalD(i-1)&R(:,1)<HorizotalD(i)),2);

MiT2=find(MiT>VerticalD(j-1)&MiT<VerticalD(j));

TotalTask=[TotalTask,size(MiT2,1)];

end

end

TaskComplete=data(:,4);

TaskComplete2=[];

for i=2:size(HorizotalD,2)

for j=2:size(VerticalD,2)

MiT=R(find(R(:,1)>HorizotalD(i-1)&R(:,1)<HorizotalD(i)),2);

MiTP=TaskComplete(find(R(:,1)>HorizotalD(i-1)&R(:,1)<HorizotalD(i)));

MiTP2=MiTP(find(MiT>VerticalD(j-1)&MiT<VerticalD(j)));

TaskComplete2=[TaskComplete2,sum(MiTP2)];

end

end

TaskCompleteRate=TaskComplete2./TotalTask;

%定价信息

Price=data(:,3);

PriceT=[];

for i=2:size(HorizotalD,2)

for j=2:size(VerticalD,2)

MiT=R(find(R(:,1)>HorizotalD(i-1)&R(:,1)<HorizotalD(i)),2);

MiTP=Price(find(R(:,1)>HorizotalD(i-1)&R(:,1)<HorizotalD(i)));

MiTP2=MiTP(find(MiT>VerticalD(j-1)&MiT<VerticalD(j)));

PriceT=[PriceT,mean(MiTP2)];

end

end

% 归一化处理

TotalTask=TotalTask(~isnan(TotalTask));

TotalTask=TotalTask(find(TotalTask~=0));

TaskCompleteRate=TaskCompleteRate(~isnan(TaskCompleteRate));

PriceT=PriceT(~isnan(PriceT));

PriceT=(PriceT-min(PriceT))/(max(PriceT)-min(PriceT));

TotalTask=(TotalTask-min(TotalTask))/(max(TotalTask)-min(TotalTask));

TaskCompleteRate=(TaskCompleteRate-min(TaskCompleteRate))/(max(TaskCompleteRate)-min(TaskCompleteRate));

corrcoef(PriceT,TaskCompleteRate)

corrcoef(PriceT,TotalTask)

附录4：会员接单意愿S形函数

```
clc
clear all
close all

LineWidth =2;
FontSize =30;
FontName ='Times New Roman';

q=-10:0.5:10
y1=1-1./(1+exp((-0.5)*(q+0)));
plot(q,y1,'-b*','LineWidth',LineWidth)
hold on;
y2=1-1./(1+exp((-0.5)*(q+5)));
plot(q,y2,'-gd','LineWidth',LineWidth)
hold on;
y3=1-1./(1+exp((-0.5)*(q+10)));
plot(q,y3,'-c+','LineWidth',LineWidth)
hold on;
y4=1-1./(1+exp((-0.5)*(q+15)));
plot(q,y4,'-ys','LineWidth',LineWidth)
hold on;
y5=1-1./(1+exp((-0.5)*(q+20)));
plot(q,y5,'-ro','LineWidth',LineWidth)
xlabel('实际定价与期望定价差值','fontsize',FontSize,'fontweight','bold')
ylabel('会员接单意愿','fontsize',FontSize,'fontweight','bold')
legend('Q=0','Q=5','Q=10','Q=15','Q=20')
set(gca,'LineWidth',2,'FontWeight','bold','FontSize',30)
set(gca,'fontsize',FontSize,'fontweight','bold')
set(gcf,'color','w')
set(gca,'LineWidth',LineWidth)
set(gca,'XMinorTick','on')
set(gca,'YMinorTick','on')
grid on
```

```
set(gcf, 'unit', 'normalized', 'position', [0.05,0.05,0.88,0.88]);
```

附录 5：问题 2：（灰色关联度计算程序）

```
%% 程序目标
```

```
%灰色关联度确定影响会员接单意愿三要素的权重
```

```
%% 清屏
```

```
clc
```

```
clear all
```

```
close all
```

```
%% 任务信息处理
```

```
[data,text,alldata]=xlsread('附件一：已结束项目任务数据.xls');
```

```
lat=data(:,1);
```

```
lon=data(:,2);
```

```
latlon20=[lat,lon];
```

```
axesm utm
```

```
Z=utmzone(latlon20);
```

```
setm(gca,'zone',Z)
```

```
h = getm(gca)
```

```
R=zeros(size(latlon20));
```

```
for i=1:length(latlon20)
```

```
    [x,y]= mfwdtran(h,latlon20(i,1),latlon20(i,2));
```

```
    R(i,:)=[x,y];
```

```
end
```

```
%% 以5000*5000米划分网格
```

```
HorizotalD=650000:5000:900000;
```

```
VerticalD=2450000:5000:2650000;
```

```
[Vertical Horizontal] =meshgrid(2450000+2500:5000:2650000-  
2500,650000+2500:5000:900000-2500);
```

```
%任务完成率
```

```
TotalTask=[];
```

```
for i=2:size(HorizotalD,2)
```

```

    for j=2:size(VerticalD,2)
        MiT=R(find(R(:,1)>HorizotalD(i-1)&R(:,1)<HorizotalD(i)),2);
        MiT2=find(MiT>VerticalD(j-1)&MiT<VerticalD(j));
        TotalTask=[TotalTask,size(MiT2,1)];
    end
end

TaskComplete=data(:,4);
TaskComplete2=[];
for i=2:size(HorizotalD,2)
    for j=2:size(VerticalD,2)
        MiT=R(find(R(:,1)>HorizotalD(i-1)&R(:,1)<HorizotalD(i)),2);
        MiTP=TaskComplete(find(R(:,1)>HorizotalD(i-1)&R(:,1)<HorizotalD(i)));
        MiTP2=MiT2(find(MiT>VerticalD(j-1)&MiT<VerticalD(j)));
        TaskComplete2=[TaskComplete2,sum(MiTP2)];
    end
end
TaskCompleteRate=TaskComplete2./TotalTask;

%定价信息
Price=data(:,3);
PriceT=[];
for i=2:size(HorizotalD,2)
    for j=2:size(VerticalD,2)
        MiT=R(find(R(:,1)>HorizotalD(i-1)&R(:,1)<HorizotalD(i)),2);
        MiTP=Price(find(R(:,1)>HorizotalD(i-1)&R(:,1)<HorizotalD(i)));
        MiTP2=MiT2(find(MiT>VerticalD(j-1)&MiT<VerticalD(j)));
        PriceT=[PriceT,mean(MiTP2)];
    end
end

%%
% 读取会员信息
[data,text,alldata]=xlsread('附件二：会员信息数据.xlsx');
Time=importdata('Time.txt');

% 对时间数据转化
TimeT=Time(:,1)*60+Time(:,2);

```

```

%接单预定时间
TimeDely=max(TimeT)-TimeT;
% TimeDely=data(:,1);

PositionStr=text(2:end,2);
PositionLat=[];
PositionLon=[];
for i=1:size(PositionStr,1)
    MidValue=PositionStr{i};
    SpacePosition=strfind(MidValue,' ');
    PositionLat=[PositionLat;str2num(MidValue(1:SpacePosition-1))];
    PositionLon=[PositionLon;str2num(MidValue(SpacePosition+1:end))];
end
lat=PositionLat;
lon=PositionLon;

latlon20=[lat,lon];
axesm utm
Z=utmzone(latlon20);
setm(gca,'zone',Z)
h = getm(gca)
R=zeros(size(latlon20));
for i=1:length(latlon20)
    [x,y]= mfwdtran(h,latlon20(i,1),latlon20(i,2));
    R(i,:)=x;y];
end

%% 以5000*5000米划分网格
HorizotalD=650000:5000:900000;
VerticalD=2450000:5000:2650000;
[Vertical Horizontal] =meshgrid(2450000+2500:5000:2650000-
2500,650000+2500:5000:900000-2500);
%会员信息
Member=[];
for i=2:size(HorizotalD,2)

```

```

    for j=2:size(VerticalD,2)
        MiT=R(find(R(:,1)>HorizotalD(i-1)&R(:,1)<HorizotalD(i)),2);
        MiT2=MiT(find(MiT>VerticalD(j-1)&MiT<VerticalD(j)));
        Member=[Member,sum(MiT2)];
    end
end

% 配额
PeiE=[];
PeiE0=data(:,1);
for i=2:size(HorizotalD,2)
    for j=2:size(VerticalD,2)
        MiT=R(find(R(:,1)>HorizotalD(i-1)&R(:,1)<HorizotalD(i)),2);
        MiTP=PeiE0(find(R(:,1)>HorizotalD(i-1)&R(:,1)<HorizotalD(i)));
        MiTP2=MiT(find(MiT>VerticalD(j-1)&MiT<VerticalD(j)));
        PeiE=[PeiE,sum(MiTP2)];
    end
end

%% 信誉值
XinYu=[];
XinYu0=data(:,3);
for i=2:size(HorizotalD,2)
    for j=2:size(VerticalD,2)
        MiT=R(find(R(:,1)>HorizotalD(i-1)&R(:,1)<HorizotalD(i)),2);
        MiTP=XinYu0(find(R(:,1)>HorizotalD(i-1)&R(:,1)<HorizotalD(i)));
        MiTP2=MiT(find(MiT>VerticalD(j-1)&MiT<VerticalD(j)));
        XinYu=[XinYu,sum(MiTP2)];
    end
end

%% 时间
Time=importdata('Time.txt');
% 对时间数据转化
TimeT=Time(:,1)*60+Time(:,2);
TimeYuDing=[];
TimeYuDing0=TimeT;
for i=2:size(HorizotalD,2)

```

```

for j=2:size(VerticalD,2)
    MiT=R(find(R(:,1)>HorizotalD(i-1)&R(:,1)<HorizotalD(i)),2);
    MiTP=TimeYuDing0(find(R(:,1)>HorizotalD(i-1)&R(:,1)<HorizotalD(i)));
    MiTP2=MiTTP(find(MiT>VerticalD(j-1)&MiT<VerticalD(j)));
    TimeYuDing=[TimeYuDing,sum(MiTP2)];
end
end

%% TimeYuDing,PeiE,XinYu,PriceT,TaskCompleteRate
TotalTask=TotalTask(~isnan(TotalTask));
TotalTask=TotalTask(find(TotalTask~=0));
TaskCompleteRate=TaskCompleteRate(~isnan(TaskCompleteRate));
TimeYuDing=TimeYuDing(~isnan(PriceT));
PeiE=PeiE(~isnan(PriceT));
XinYu=XinYu(~isnan(PriceT));
PriceT=PriceT(~isnan(PriceT));

%% 灰色关联
n=size(PriceT,2);
m=5; % 指标
X_0=zeros(n,m); % 数据矩阵
X_2=zeros(n,m); % 偏差结果的求取矩阵
X_3=zeros(n,m); % 相关系数计算矩阵

X_1=[TaskCompleteRate',PriceT',PeiE',TimeYuDing',XinYu'];

%1 寻找参考列
x0=[max(TaskCompleteRate),max(PriceT),max(PeiE),max(TimeYuDing),max(XinYu)];

%2 计算偏差结果
i=1;
while(i~=m+1)
    for j=1:n
        X_2(j,i)=abs(X_1(j,i)-x0(i));
    end;
    i=i+1;
end

%3 确定偏差的最值

```



```

error_min=min(min(X_2));
error_max=max(max(X_2));

%4 计算相关系数
i=1;
p=0.5;
while(i~=m+1)
    for j=1:1:n
        X_3(j,i)=(error_min+p*error_max)/(X_2(j,i)+p*error_max);
    end;
    i=i+1;
end
%X_3      %可以在此观察关联矩阵

%5 计算关联序
a=zeros(1,n);
for j=1:1:n
    for i=1:1:m
        a(j)=a(j)+X_3(j,i);
    end;
    a(j)=a(j)/m;
end

%6 排序
b=a';
[c,s]=sort(b);
for i=1:1:n
    d(i)=i;
end
d=d';
result=[d b c s]
mean(X_3 )

```

附录6：问题2：（计算任务1的花费金额及任务完成率）

```
%% 功能介绍
% 该程序的计算任务1的花费金额以及任务完成率
%% 清楚变量
clc
clear all
close all

%% 任务信息处理

[data,text,alldata]=xlsread('附件一：已结束项目任务数据.xls');

%% 任务花费人均金额与总的 任务完成率
CostData=data(:,3);
Cost=sum(data(:,3))/size(data(:,3),1)
State=data(:,4);
Suc=State(find(State==1));
Fin=State(find(State==0));
Rate=size(Suc,1)/size(State,1)

%% 分区域计算（佛山、东莞、深圳）人均花费金额及任务完成率
%佛山市112.8000-113.5000    22.76000-23.330000
lat=data(:,1);
lon=data(:,2);
IndexXulie=1:size(data,1);
FoShan1=IndexXulie(find(lat>22.76&lat<23.33));
FoShan2=IndexXulie(find(lon>112.8&lon<113.5));
Index=[];
for i=1:size(FoShan1,2)
    for j=1:size(FoShan2,2)
        if FoShan1(i)==FoShan2(j)
            Index=[Index,FoShan1(i)];
        end
    end
end
end
CostFoShan=sum(CostData(Index))/size(Index,2)
StateFoShan=State(Index);
SucFoShan=State(find(StateFoShan==1));
```

```

Fin=StateFoShan(find(StateFoShan==0));
RateFoShan=size(SucFoShan,1)/size(StateFoShan,1)

% 东莞市113.5000-114.14000 22.82000-23.270000
DongGuan1=IndexXulie(find(lat>22.82&lat<23.27));
DongGuan2=IndexXulie(find(lon>113.5&lon<114.14));
Index=[];
for i=1:size(DongGuan1,2)
    for j=1:size(DongGuan2,2)
        if DongGuan1(i)==DongGuan2(j)
            Index=[Index,DongGuan1(i)];
        end
    end
end
CostDongGuan=sum(CostData(Index))/size(Index,2)
StateDongGuan=State(Index);
SucDongGuan=State(find(StateDongGuan==1));
Fin=StateDongGuan(find(StateDongGuan==0));
RateDongGuan=size(SucDongGuan,1)/size(StateDongGuan,1)

% 深圳市113.705000-114.49000 22.4556--22.81642
ShenZhen1=IndexXulie(find(lat>22.76&lat<23.33));
ShenZhen2=IndexXulie(find(lon>112.8&lon<113.5));
Index=[];
for i=1:size(ShenZhen1,2)
    for j=1:size(ShenZhen2,2)
        if ShenZhen1(i)==ShenZhen2(j)
            Index=[Index,ShenZhen1(i)];
        end
    end
end
CostShenZhen=sum(CostData(Index))/size(Index,2)
StateShenZhen=State(Index);
SucShenZhen=State(find(StateShenZhen==1));
Fin=StateShenZhen(find(StateShenZhen==0));
RateShenZhen=size(SucShenZhen,1)/size(StateShenZhen,1)

```

附录7：问题3：计算个指标权重

%% 程序目的：计算个指标权重

%%清屏

clc

clear all

close all

%% 层次分析法

Matrix=[1,5,4,2;1/5,1,1/3,1/4;1/4,3,1,1/3;1/2,4,3,1];

[n,n]= size (Matrix);

x= ones (n, 100);

y= ones (n, 100);

m= zeros(1,100);

m(1) =max(x(:, 1));

y(: ,1) =x(: ,1);

x(: ,2) = Matrix*y(: ,1);

m(2)=max(x (:,2));

y(: ,2) = x(:,2)/m (2);

p= 0.0001;i=2; k= abs (m(2)-m(1));

while k> p

 i=i+1;

 x(:,i) = Matrix*y (:,i-1);

 m(i) =max(x(:,i));

 y(:,i) =x(:,i)/m (i) ;

 k=abs (m (i)-m (i-1)) ;

end

a= sum(y(:,i)) ;

w= y (:,i)/ a ;

t= m (i) ;

disp('权向量') ; disp(w) ;

disp('最大特征值') ; disp(t);

%以下是一致性检验

CI = (t-n)/(n-1);

RI= [0 0 0.52 0.89 1.12 1.26 1.36 1.41 1.4 6 1.49 1.52 1.54 1.56 1.58 1.59] ;

CR = CI/ RI(n);

if CR < 0.10

 disp('此矩阵的一致性可以接受 ! ');

 disp('CI = ') ; disp(CI);

 disp('CR =') ; disp(CR);

```

else
    disp('此矩阵的一致性不可以接受!');
end

%% 模糊综合评价
R=[3/4,1/4,0,0,0;1/2,1/2,0,0,0;2/5,7/20,1/4,0,0;1/2,1/4,1/4,0,0];
w'*R

```

附录8:问题4: 供需指数计算

```

%% 功能介绍
% 该程序计算任务完成率分布图

```

```

%% 清楚变量

```

```

clc

```

```

clear all

```

```

close all

```

```

%% 任务信息处理

```

```

[data,text,alldata]=xlsread('附件三：新项目任务数据.xls');
lat=data(:,1);
lon=data(:,2);

```

```

latlon20=[lat,lon];

```

```

axesm utm

```

```

Z=utmzone(latlon20);

```

```

setm(gca,'zone',Z)

```

```

h = getm(gca)

```

```

R=zeros(size(latlon20));

```

```

for i=1:length(latlon20)

```

```

    [x,y]= mfwdtran(h,latlon20(i,1),latlon20(i,2));

```

```

    R(i,:)=[x;y];

```

```

end

```

```

figure(2)

```

```

%% 以5000*5000米划分网格
% HorizotalD=650000:1000:900000;
% VerticalD=2450000:1000:2650000;
% [Vertical Horizontal] =meshgrid(2450000+500:1000:2650000-
500,650000+500:1000:900000-500);

% HorizotalD=650000:3000:900000;
% VerticalD=2450000:3000:2650000;
% [Vertical Horizontal] =meshgrid(2450000+1500:3000:2650000-
1500,650000+1500:3000:900000-1500);

HorizotalD=650000:4000:900000;
VerticalD=2450000:4000:2650000;
[Vertical Horizontal] =meshgrid(2450000+2000:4000:2650000-
2000,650000+2000:4000:900000-2000);
%任务分布
TotalTask=[];
for i=2:size(HorizotalD,2)
    for j=2:size(VerticalD,2)
        MiT=R(find(R(:,1)>HorizotalD(i-1)&R(:,1)<HorizotalD(i)),2);
        MiT2=find(MiT>VerticalD(j-1)&MiT<VerticalD(j));
        TotalTask=[TotalTask,size(MiT2,1)];
    end
end

%% 会员信息处理
[data,text,alldata]=xlsread('附件二：会员信息数据.xlsx');

PositionStr=text(2:end,2);
PositionLat=[];
PositionLon=[];
for i=1:size(PositionStr,1)
    MidValue=PositionStr{i};
    SpacePosition=strfind(MidValue,' ');
    PositionLat=[PositionLat;str2num(MidValue(1:SpacePosition-1))];
    PositionLon=[PositionLon;str2num(MidValue(SpacePosition+1:end))];
end

```

```

end
lat=PositionLat;
lon=PositionLon;

latlon20=[lat,lon];
axesm utm
Z=utmzone(latlon20);
setm(gca,'zone',Z)
h = getm(gca)
R=zeros(size(latlon20));
for i=1:length(latlon20)
    [x,y]= mfwdtran(h,latlon20(i,1),latlon20(i,2));
    R(i,:)=[x;y];
end

```

%会员信息

```

Member=[];
for i=2:size(HorizotalD,2)
    for j=2:size(VerticalD,2)
        MiT=R(find(R(:,1)>HorizotalD(i-1)&R(:,1)<HorizotalD(i)),2);
        MiT2=MiT(find(MiT>VerticalD(j-1)&MiT<VerticalD(j)));
        Member=[Member,sum(MiT2)];
    end
end

```

%配额

```

PeiE=[];
PeiE0=data(:,1);
for i=2:size(HorizotalD,2)
    for j=2:size(VerticalD,2)
        MiT=R(find(R(:,1)>HorizotalD(i-1)&R(:,1)<HorizotalD(i)),2);
        MiTP=PeiE0(find(R(:,1)>HorizotalD(i-1)&R(:,1)<HorizotalD(i)));
        MiTP2=MiTP(find(MiT>VerticalD(j-1)&MiT<VerticalD(j)));
        if length(MiTP2)==0
            PeiEY=[];
        else
            PeiEY=MiTP2(find(MiTP2>TotalTask(i*j)|MiTP2==TotalTask(i*j)));
        end
    end
end

```

```

        end
        PeiE=[PeiE,length(PeiEY)];
%         PeiE=[PeiE,sum(MiTP2)];
    end
end

Index=PeiE;
% Index(find(Index>1))=nan;
% Index=PeiE./TotalTask;
% Index(find(Index==inf))=nan;
% Index(find(Index>10))=nan;
    Index(find(Index<1))=nan;
Index=reshape(Index,size(VerticalD,2)-1,size(HorizotalD,2)-1);
MaxValue=max(max(Index));
MinValue=0.08*MaxValue;
% MinValue=min(min(Index));
Step=(MaxValue-MinValue)/30;
LevelList=[MinValue:Step:MaxValue];
%绘图准备

LineWidth =1;
FontSize =30;
FontName ='Time news roman';

figure(2)
contourf(Horizontal/1000,Vertical/1000, Index',...
    'LineStyle','none')
shading interp;
colormap jet
colorbar
[cmin,cmax] = caxis;
c = colorbar('eastoutside');
set(c,'YTick',[cmin:(cmax-cmin)/6:cmax]);
    set(c,'TickLength',0.01);
        TickLabel = get(c,'TickLabels');
        for i =1:size(TickLabel,1)
            OrigrinTickLabel = TickLabel {i};
            OriginNumber =str2num(OrigrinTickLabel );

```



```

if OriginNumber >=10
    if length(OrigrinTickLabel)<3
        TickLabel{i}= [OrigrinTickLabel,'.0'];
    else
        TickLabel {i}= OrigrinTickLabel(1:4);
    end
elseif OriginNumber <-10
    if length(OrigrinTickLabel)<4
        TickLabel {i}= [OrigrinTickLabel,'.0'];
    else
        TickLabel {i}= OrigrinTickLabel(1:5);
    end
elseif OriginNumber <10&&OriginNumber >=0
    if length(OrigrinTickLabel)<2
        TickLabel {i}= [OrigrinTickLabel,'.0'];
    else
        TickLabel {i}= OrigrinTickLabel(1:3);
    end
elseif OriginNumber <0&&OriginNumber >-10
    if length(OrigrinTickLabel)<3
        TickLabel {i}= [OrigrinTickLabel,'.0'];
    else
        TickLabel {i}= OrigrinTickLabel(1:4);
    end
end
end
set(c,'TickLabels',TickLabel );
axis on

ylabel('垂直位置(千米)')
xlabel('水平位置(千米)')
title('供需指数分布图(16km^2)','fontsize',FontSize,'fontname',FontName)
set(gca,'fontsize',FontSize,'fontname',FontName)
set(gcf,'color','w')
set(gca,'LineWidth',LineWidth)
set(gca,'XMinorTick','on')
set(gca,'YMinorTick','on')

```

```
set(gcf, 'unit', 'normalized', 'position', [0.05,0.05,0.90,0.78]);  
grid on  
set(gca, 'GridLineStyle', '-.')  
set(gca, 'yTick', 2450:50:2650)  
set(gca, 'yTickLabel', [2450:50:2650])  
set(gca, 'xtick', [650:50:900])  
set(gca, 'xticklabel', [650:50:900])  
ylim([2450,2650])  
xlim([650,900])
```