

竞争市场新进企业的容量设施选址研究

俞武扬[†], 吕 静

(杭州电子科技大学 管理学院, 杭州 310018)

摘 要: 合理的设施选址方案对于企业进入新市场时占领市场份额具有重要的战略意义. 竞争设施选址是考虑竞争者运行现有设施时如何在市场中启动新设施的问题. 在实现特定市场份额条件下, 以最小化新进企业成本为目标提出一种容量设施选址模型; 设计一种双向选择机制, 以确定设施与消费者之间的服务关系, 并基于模拟退火框架, 结合双向选择机制给出求解模型的算法; 应用数值算例, 分析企业市场份额、成本与预期市场份额指标之间的关系, 并对原有企业的 3 种防御性选址策略进行有效性比较.

关键词: 竞争市场; 容量设施; 设施选址; 市场份额; 双向选择

中图分类号: TP273

文献标志码: A

Study on capacitated facility location of new enterprises in competitive market

YU Wu-yang[†], LYU Jing

(Management School, Hangzhou Dianzi University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: Reasonable facility location has great strategic significance to catch market share when an enterprise enters a new market. Competitive facility location considers the problem of how to launch new facilities in a market, where competitors run their existing facilities. A capacitated facility location model is proposed to minimize the cost of the new enterprise under the condition of achieving specific market share. A two-way selection mechanism is designed to determine the service relationship between facilities and consumers, and a simulated annealing framework combining the two-way selection mechanism is presented to solve the model. The relationship between enterprise's market share, cost and the expected market share indicator is analyzed using numerical example, and the validity of the three strategies of defensive location of the original enterprise is compared.

Keywords: competitive market; capacitated facility; facility location; market share; two-way selection

0 引 言

合理的设施选址在企业争夺市场、获取消费者的青睐中发挥着很大的作用. 竞争设施选址问题最早由 Hotelling 提出, 其针对两个厂商在直线形式位置上如何选址进行了研究. 近几年来, 随着市场竞争的全球化程度越来越高, 竞争性选址问题的研究得到了诸多学者的关注^[1].

Abolian 等^[2]研究了网络服务供应商在双寡头竞争市场中的选址服务模型, 其目标是最大化供应商利润, 提出了一种对于中小规模问题可以在合理时间得到精确解的有效算法; Godinho^[3]研究了两个决策者在互不知情条件下同时进行离散竞争设施选址的决策问题, 通过构建模型提出了寻找纳什均衡

的算法; Ashtiani 等^[4]研究了 Stackelberg 博弈框架下的鲁棒竞争设施选址问题, 其中先行者不知道跟随者将要建设的设施数量; Sasaki 等^[5]对竞争环境下的大规模多层级轴幅式运输网络设计进行了研究, 两个企业按 Stackelberg 博弈框架竞争消费者, 提出了基于相对效用的企业间流量分配算法; Zhang^[6]研究了竞争环境中零售商销售同质产品时的选址与定价问题, 假设商品价格与距离成本是消费者考虑的两个主要因素, 研究了 3 种选址的策略, 并提出了基于禁忌搜索算法的求解方法; Drezner 等^[7]研究了基于覆盖模型的 Stackelberg 竞争选址模型, 假设设施在其影响半径范围内吸引消费者, 得到了先行企业的最优选址策略; Mahmutogullari 等^[8]结合 Hub 所提供的服

收稿日期: 2017-05-22; 修回日期: 2017-10-19.

基金项目: 国家社会科学基金项目(17BGL182); 浙江省哲学社会科学规划项目(17NDJC053YB).

作者简介: 俞武扬(1974—), 男, 副教授, 博士, 从事应急管理、物流建模与优化计算等研究; 吕静(1992—), 女, 硕士生, 从事物流建模与优化的研究.

[†]通讯作者. E-mail: yu_wuyang@163.com

务水平,以顺序决策的方式研究了双寡头市场中的竞争性Hub选址问题;He等^[9]通过建立基于主体的竞争性O2O模型,在社会网络研究了O2O市场的演化竞争选址与定价行为;Fernández等^[10]研究了消费者行为符合二元及偏二元规则条件下的离散竞争选址问题,提出了基于候选点排序的两种启发式算法;Rohaninejad等^[11]研究了合作竞争选址问题,提出了基于博弈论的多目标模型,并设计了求解方法。

国内关于竞争设施选址的文献不多,杨丰梅等^[12]在考虑聚焦效应的基础上,以最大化市场份额为目标,建立了竞争设施选址模型,并设计了求解问题的分枝定界算法和贪婪算法;华国伟等^[13]建立了市场份额最大、费用最小和利润最大、利润率也最大的两类双目标竞争选址模型,并将两类双目标模型转化为单目标参数整数规划问题求解;张曦等^[14]建立了连锁企业市场份额最大和企业内已存设施市场吞并最小的新设施选址双目标模型,并给出了求解模型的遗传算法和案例;杨玉香等^[15]建立了随机需求情形下多层竞争型闭环供应链网络设施竞争选址模型,提出了遗传算法与修正投影算法相结合的求解策略;于宏涛等^[16]针对竞争选址问题,提出了一种混合和声搜索算法;朱华桂等^[17]针对产品或服务市场有协同效应的竞争设施选址问题,建立了有协同效应的最大俘获选址模型。

在以往的竞争设施选址研究中,还没有关于设施容量影响消费者以及设施之间服务关系的相关文献。为此,本文基于设施容量限制条件,考虑消费者与企业目标的不同,通过设计双向选择机制确定容量限制条件下设施与消费者之间的服务关系,研究竞争市场中新进企业选址决策问题,提出基于模拟退火框架的求解算法,并通过数值例子分析市场份额、成本等因素及现有企业的防御性选址策略等。

1 数学模型

1.1 问题描述

设有一个双寡头市场,已有两个企业通过合理选址占据了市场主要份额,由于企业设施具有容量限制,设施与消费者之间的服务关系由双方根据距离互动选择确定。现有新进企业准备通过合理选址进入该市场,在给定预期市场份额指标的条件下,新进企业以最小化其选址及服务的总成本为目标,则该企业如何选址,以及新进企业的选址方案会给原有企业带来怎样的影响是所要研究的内容。

为了对问题进行理论研究,现根据问题情况给出如下假设:1)双寡头企业设施(各1个)、消费者点以及

新建设施候选点的位置、设施容量及消费者需求量均已知;2)设施对消费者进行服务的成本与两者之间距离及数量成正比;3)新建设施候选点的建设成本已知;4)消费者的需求量可以分割,即可以由不同设施共同满足其需求;5)消费者满意度与其服务设施之间的距离成反比。

1.2 参数与变量设置

模型相关参数与变量设置如下。

A, B : 市场已有双寡头企业;

C : 市场新进企业;

I : 设施候选点集,其中可供新建设施数为 m ,元素 $i \in I$ 表示不同的设施候选点;

J : 消费者点集,其中消费者数为 n ,元素 $j \in J$ 表示不同的消费者点;

f_i : 选定候选点 i 新建设施所需的固定成本, $i \in I$;

d_{ij} : 设施点 i 到消费者点 j 的距离,其中 $i \in I \cup \{A, B\}, j \in J$;

C_i : 已有设施点与候选设施点的容量限制, $i \in I \cup \{A, B\}$;

D_j : 消费者点 j 的需求量, $j \in J$;

r_c : 新进企业 C 的预期市场份额指标;

y_i : 0-1变量,当新进企业 C 选择候选设施点 i 建立设施时,取值为1,否则取值为0, $i \in I$;

x_{ij} : 设施点 i 对消费者点 j 提供服务的数量, $i \in I \cup \{A, B\}, j \in J$ 。

2 模型构建

首先,研究当服务设施已经选定时,设施与消费者之间的服务关系匹配问题。从消费者的角度,其关注自身的满意度,由假设可知对于任意消费者点 $j \in J$,其满意度可以表示为 $\max \sum_{i \in I} \frac{x_{ij}}{(d_{ij})^\alpha}$,由于消费者之间并不存在有效的信息交流机制,每个消费者都是根据自身情况对设施提出服务请求;而从企业角度,则关注自身的成本,对于每个企业 $i \in I \cup \{A, B\}$ 而言,设其拥有的设施点集为 F_i ,则其目标为 $\max \sum_{j \in F_i} \frac{x_{ij}}{(d_{ij})^\beta}$,这里消费者与企业对于服务关系的满意度对于两者之间的距离都是呈反比例关系,意味着双方都倾向于距离较近的服务关系,其中 α 和 β 分别表示消费者及企业满意度对于服务距离的反比例系数。然后,研究新进企业的选址决策。新进企业 C 有其进入市场的预计市场份额指标,在保证其获得的市场份额不低于该指标的条件下,以最小化选址建设成本及服务成本之和为其优化目标进行选址,因此其

选址模型可以表示为

$$\begin{aligned} \min & \sum_{i \in I} \left\{ f_i + \sum_{j \in J} x_{ij} d_{ij} \right\} y_i. \\ \text{s.t.} & \left(\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} x_{ij} \right) / \sum_{j \in J} D_j \geq r_c; \\ & y_i \in \{0, 1\}, i \in I. \end{aligned} \quad (1)$$

该模型中的 x_{ij} 并不是由 C 企业自身可以确定的, 而是通过消费者满足度最大化模型 (2) 以及企业利益最大化模型 (3) 交互求解得到, 即为下列模型的最优解 x_{ij}^* .

首先, 对于任意的 $j \in J$, 有

$$\begin{aligned} \max & \sum_{i \in I} \bar{x}_{ij} / (d_{ij})^\alpha. \\ \text{s.t.} & \sum_{i \in I \cup \{A, B\}} \bar{x}_{ij} \geq D_j \delta_j, 0 \leq \delta_j \leq 1; \\ & \bar{x}_{ij} \leq C_i y_i, i \in I \cup \{A, B\}. \end{aligned} \quad (2)$$

其次, 对于任意的 $i \in I \cup \{A, B\}$, 有

$$\begin{aligned} \max & \sum_{i \in I} x_{ij} / (d_{ij})^\beta; \\ \text{s.t.} & \sum_{j \in J} x_{ij} \leq C_i y_i, x_{ij} \leq \bar{x}_{ij} \mu_j, 0 \leq \mu_j \leq 1, j \in J. \end{aligned} \quad (3)$$

模型 (2) 表示对于每个消费者而言, 其目标是最大化满意度; 模型 (3) 表示对于每一个设施而言, 在尽可能满足消费者需求的前提下最大化其满意度, 这里每个设施如何分配对消费者的服务量依赖于式 (2) 中消费者对该设施点提出的服务需求量请求, 假设消费者的需求是可以分割的, 即允许由多个设施提供服务.

3 算法设计

由前文的模型可知, 该模型可以看作一个双层规划模型, 上层模型即模型 (1), 而下层模型则由模型系统 (2) 和 (3) 所确定. 在给定选址方案的前提下, 关键是如何根据已选设施点集迅速有效地确定设施与消费者之间的服务关系. 现在的市场都是基于消费者拉动的模式, 因此假设给定可提供服务的设施集, 首先考虑消费者的需求: 由于消费者之间缺乏有效的信息交流, 可以假设每位消费者都仅从自身角度出发, 选择距离其最近的设施提出服务申请; 其次考虑设施对于收到的服务申请, 根据其自身的容量按照距离从小到大选择所服务的消费者, 直到消费者服务申请全部满足或是容量达到限制. 若可提供的服务设施还有多余服务能力, 且消费者需求未得到完全满足, 则重复以上过程. 具体过程见如下双向选择机制.

Step 1: 对于每一个消费者 $j \in J$, 在已建设施集

$F_a \cup \{A, B\}$ 中选择距离其最近的设施;

Step 2: 对于每个已建设施 $i \in F_a \cup \{A, B\}$, 在所有选择该设施的消费者集 Cu_i 中, 选择距离最近的消费者 (不妨设为 k), 令 $x_{ik} = \min\{C_i, D_k\}$;

Step 3: 更新 $C_i := C_i - x_{ik}, D_k := D_k - x_{ik}$, 若 $C_i > 0$, 则从消费者集 Cu_i 中删除消费者 k , 并返回 Step 2, 否则从设施集 $F_a \cup \{A, B\}$ 中删除设施 i ;

Step 4: 若消费者集为空或已建设施集为空, 则停止, 输出 $\{x_{ij}\}$, 否则转入 Step 1.

在给定上述双向选择机制之后, 企业需要考虑在满足市场份额指标条件下最小化设施建设及运行总成本, 现根据模型的形式设计结合双向选择机制的模拟退火算法如下.

Step 1: 设置初始数据以及模拟退火算法参数 T_s, T_{end}, r ; 随机选择满足 $\sum_{i \in I} C_i y_i \geq r_c$ 的一组 $y^{(1)} := \{y_i\}_{i \in I}$, 令 $F_a := \{i \in I | y_i = 1\}$, 则可知 $F_a \cup \{A, B\}$ 表示已选设施点集.

Step 2: 根据当前已选设施点集 $F_a \cup \{A, B\}$, 由双向选择机制生成设施与消费者的服务方案 $\{x_{ij}\}_{i \in F_a \cup \{A, B\}, j \in J}$. 根据服务方案判断 $\sum_{i \in F_a} \sum_{j \in J} x_{ij} / \sum_{j \in J} D_j \geq r_c$ 是否成立, 若不成立, 则 $\tilde{v} \in I \setminus F_a$, 令 $F_a := F_a \cup \{\tilde{v}\}$, 重新计算服务方案; 否则, 计算当前目标函数值并记其为 z_{\min} , 将当前的选址方案记为 y_{\min} . 令内循环计数变量 $k := 1$.

Step 3: 对当前的选址方案 y_{\min} 进行领域操作 $\forall \hat{i} \in F_a$, 若 $\sum_{i \in F_a \setminus \{\hat{i}\}} C_i < r_c$, 则持续 $\forall \hat{i} \in F_a$, 使得 $F_a := (F_a \setminus \{\hat{i}\}) \cup \{\hat{i}\}$, 直到满足 $\sum_{i \in F_a} C_i \geq r_c$; 否则, 直接令 $F_a := F_a \setminus \{\hat{i}\}$, 对应的新选址方案记为 y_{new} .

Step 4: 根据新选址方案 y_{new} 所对应的已知选址设施点集 $F_a \cup \{A, B\}$, 由双向选择机制生成设施与消费者的服务方案 $\{x_{ij}\}_{i \in F_a \cup \{A, B\}, j \in J}$, 判断 $\sum_{i \in F_a} \sum_{j \in J} x_{ij} / \sum_{j \in J} D_j \geq r_c$ 是否成立, 若成立, 则计算目标函数值, 记为 z_{new} ; 否则, 返回 Step 3.

Step 5: 计算 $\Delta z = \exp\left(-\frac{z_{\text{new}} - z_{\min}}{T_s}\right)$, 产生随机数 $\xi \in U(0, 1)$. 若 $\Delta z > \xi$, 则令 $z_{\min} := z_{\text{new}}, y_{\min} := y_{\text{new}}$, 否则保持 z_{\min} 和 y_{\min} 不变.

Step 6: 判断内循环计数变量 k 是否达到内循环次数 K , 若未达到, 则令 $k := k + 1$, 转入 Step 3;

Step 7: 更新 $T_s := T_s \cdot r$, 若 $T_s > T_{\text{end}}$, 则转入 Step 2; 否则, 停止, 输出最优目标函数值为 z_{\min} , 最优选址方案为 y_{\min} .

4 数值例子

现有某双寡头市场,已有 A、B 两家企业为市场中共 40 个消费者提供同样的服务,另有 8 个可供新建设施的候选点. 其中 A、B 以及候选点的坐标、建设成本和容量限制如表 1 所示.

表 1 市场现有企业及候选设施情况

	A 企业	B 企业	候选 3	候选 4	候选 5
服务设施	(26, 41)	(78, 63)	(17, 22)	(40, 31)	(18, 70)
建设成本	0	0	190 000	180 000	210 000
容量限制	48 000	45 000	20 000	21 000	19 000

	候选 6	候选 7	候选 8	候选 9	候选 10
服务设施	(83, 60)	(68, 83)	(40, 80)	(72, 24)	(25, 10)
建设成本	150 000	60 000	124 000	80 000	110 000
容量限制	15 000	10 000	12 000	11 000	18 000

各个消费者所在的坐标及需求量如表 2 所示.

表 2 消费者坐标及需求量情况

消费者	坐标	需求量	消费者	坐标	需求
#1	(1, 0)	1 000	#21	(56, 34)	7 000
#2	(33, 3)	1 000	#22	(86, 16)	2 000
#3	(35, 21)	4 000	#23	(17, 42)	1 000
#4	(50, 19)	1 000	#24	(69, 16)	2 000
#5	(70, 94)	4 000	#25	(53, 64)	3 000
#6	(27, 44)	3 000	#26	(62, 0)	3 000
#7	(10, 69)	1 000	#27	(78, 26)	3 000
#8	(56, 4)	12 000	#28	(46, 38)	2 000
#9	(12, 81)	4 000	#29	(37, 58)	5 000
#10	(68, 76)	3 000	#30	(60, 35)	3 000
#11	(82, 95)	3 000	#31	(17, 80)	9 000
#12	(21, 42)	4 000	#32	(21, 33)	5 000
#13	(95, 65)	3 000	#33	(40, 24)	2 000
#14	(92, 81)	2 000	#34	(41, 5)	4 000
#15	(45, 60)	2 000	#35	(49, 98)	1 000
#16	(66, 59)	3 000	#36	(0, 40)	4 000
#17	(54, 72)	2 000	#37	(6, 12)	2 000
#18	(11, 40)	1 000	#38	(25, 97)	2 000
#19	(12, 67)	2 000	#39	(35, 40)	3 000
#20	(58, 49)	3 000	#40	(19, 12)	5 000

4.1 双向选择机制对服务方案的影响

目前 A、B 两家企业由于自身服务能力限制并不能够满足所有消费者的需求,总体的消费者需求满足率为 79.49%(即当前两企业的市场份额总和),此时 A 企业占据市场份额为 41.03%, B 企业占据市场份额为 38.46%,而 20.51%的消费者需求由于市场供给能力不足无法得到满足(这里简单假设有 $\alpha = \beta = 1$).按照企业与消费者之间双向选择机制确定两家企业各自服务的消费者,结果如图 1 所示,企业对所有消费者服务所需总成本为 2 417 800/元.

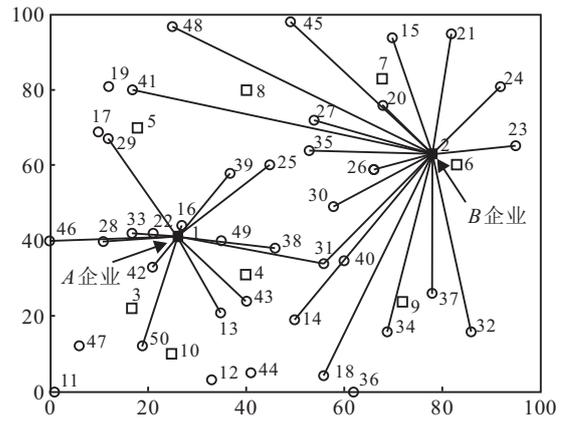


图 1 双向选择机制下的选址服务方案

若不考虑企业与消费者之间的双向选择机制,而是从总体成本最小化的角度确定企业与消费者之间的服务方案,则如图 2 所示,此时企业对所有消费者进行服务所需总成本为 2 295 000/元.

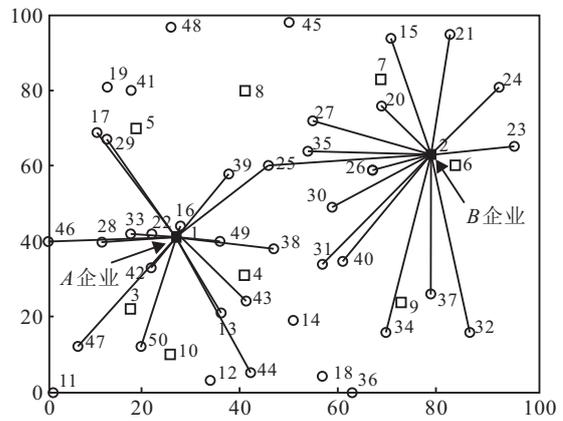


图 2 无双向选择机制的选址服务方案

从图 1 和图 2 可以看出,不考虑企业与消费者双向选择机制下的服务方案倾向于服务距离最接近企业的消费者,而存在双向选择机制下的服务方案则使相对远一些的消费者也有机会获得服务.

设新进市场企业为 C,根据模型设 C 企业进入市场的市场份额指标为 rc ,即 C 企业以至少占据 rc 的市场份额为约束条件,并以最小化其总成本(固定选址成本与服务成本)为目标确定其选址方案.图 3 显示了当 $rc = 20\%$ 时, C 的选址方案以及此时 A、B 服务的消费者情况.

由于当前市场的非饱和和性质,当 C 企业的市场份额指标不超过 20% 时, C 企业所选候选点的容量与消费者总需求之比即为其市场份额.因此,在满足 C 企业市场份额指标的前提下会选择成本最低的候选点,且由于不同选址方案之间服务成本的差异相比固定成本要低很多,基本上由满足份额指标的候选点的固定建设成本确定选址方案.另外,图 3 显示, C 企业在 7 和 10 这两处新建设施会导致 B 企业不得不对距

离更远的消费者提供服务(消费者11),显然这种情况下的B企业虽然保持了市场份额不变,但总体成本被迫上升。

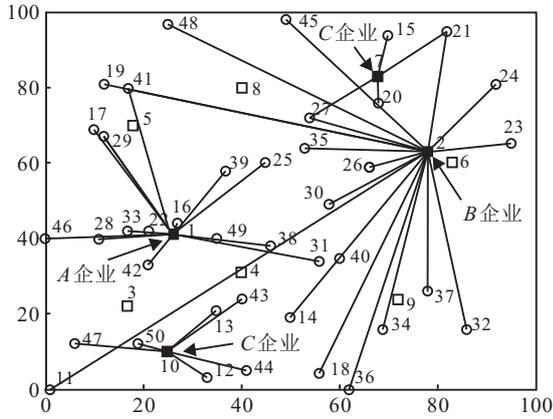


图3 rc = 20%时的选址服务方案

4.2 市场份额影响分析

下面分析C企业进入市场所制定的市场份额指标取值不同对于各个企业实际市场份额之间的影响关系. 令rc以1%为步长从0增加到74%,分别计算C企业在给定rc条件下的最小成本选址方案,结果如表3所示。

表3 C选址方案及实际份额

指标rc	选址	实际/%	指标rc	选址	实际/%
(0, 8%]	7	8.55	[42%, 43%]	7, 8, 9, 10	43.59
9%	9	9.40	[44%, 46%]	4, 7, 9, 10	46.15
[10%, 15%]	10	15.38	[47%, 49%]	5, 7, 9, 10	49.57
[16%, 17%]	7, 9	17.95	[50%, 52%]	4, 5, 7, 9	52.14
[18%, 23%]	7, 10	23.93	[53%, 55%]	5, 7, 8, 9, 10	55.56
24%	9, 10	24.79	56%	4, 7, 8, 9, 10	56.41
[25%, 26%]	4, 7	26.5	[57%, 58%]	4, 5, 7, 8, 9	58.12
27%	4, 9	27.35	[59, 62%]	4, 5, 7, 9, 10	62.39
[28%, 33%]	7, 9, 10	33.33	[63%, 64%]	4, 5, 7, 8, 10	64.10
34%	5, 7, 9	34.19	[65%, 68%]	4, 5, 7, 8, 9, 10	68.38
35%	4, 7, 9	35.90	[69%, 70%]	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	70.94
[36%, 40%]	4, 7, 10	40.17	71%	3, 4, 5, 7, 8, 9	71.79
41%	4, 8, 10	41.03	[72%, 74%]	3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	74.36

C企业最高可以占据的市场份额为74.36%,此时其选址方案为选择3~9这7处建立设施,在该种情况下,再增加10号候选点建立设施并不能给C企业增加市场份额. 由于企业与消费者之间的服务方案是由双向选择机制决定,C企业的不同选址方案事实上对于A、B两企业的服务消费者以及它们所占据的市场份额都有不同影响。

从图4可以看到:当C企业市场份额指标rc ≤ 18%时,C的实际市场份额增加并没有影响A、B两企业的市场份额. 这是因为当前市场的非饱和和性决

定了当C进入市场后,通过双向选择机制的自动调节使得未满足部分的消费者需求得到了满足,同时又没有影响A、B企业的市场份额. 当rc ≥ 19%时,C企业的市场份额增加,导致了A、B企业市场份额的下降,且随着C市场份额的增加,A、B企业的市场份额并非都是完全单调下降,而是偶有反弹. 这主要是因为,对于不同选址方案,C企业从A、B两企业中争夺而来的市场份额不一致。

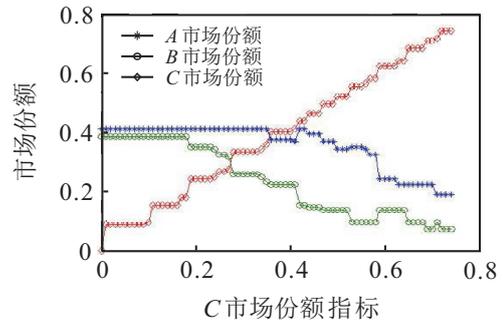


图4 市场份额与rc的关系

4.3 寡头企业防御性选址

对于市场现有的A、B企业而言,当前的市场份额面临着新进企业的威胁,因此它们都有动机进行防御性扩建. 现以A企业为例,研究其防御性扩建的策略. 假设A企业在现有双寡头市场情况下扩建1个新的设施,考虑如下3种不同策略:1)选择容量最大的候选点扩建设施;2)选择成本最小的候选点扩建设施;3)选择容量成本比最大的候选点扩建设施. 设A企业分别以这3种策略进行防御性选址,然后在此基础上考虑C企业市场份额指标不同对于A企业市场份额的影响关系,令rc以1%的步长从0变化到57%,得到各企业所占市场份额情况如图5所示。

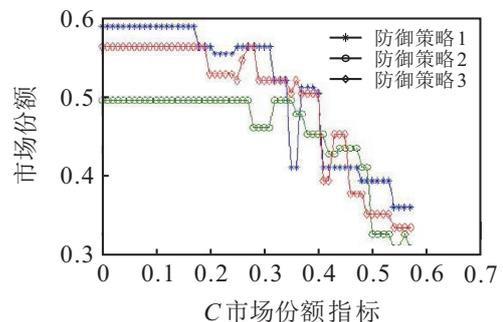


图5 企业防御策略与市场份额

对于不同策略下A企业在每个指标点的市场份额与成本做统计可知,A企业的市场份额在采用防御策略1时比采用防御策略2平均高5.39%,比防御策略3平均高1.58%. 因此,如果A企业更为重视市场份额,则应该以策略1进行防御性选址;而如果需要均衡考虑市场份额及付出的成本,则策略3是更好的选

择. 当然, 如果 A 企业能够准确地估计 C 企业进入市场时所设定的市场份额指标, 则可以非常明确地得到其最佳的防御选址方案, 否则从平均意义上衡量不同策略对于 A 企业的防御性效果更具现实意义.

5 结论

合理的选址决策对于企业进入新市场后争夺市场份额具有十分重要的战略意义. 通过构建新进企业实现预期市场份额指标条件下的最小化成本选址模型, 设计了确定设施与消费者之间服务关系的双向选择机制, 并结合模拟退火框架给出了求解模型的算法, 最后利用数值实验对企业的市场份额、成本等因素进行了分析, 得到一些有意义的结论: 1) 基于双向选择机制确定服务方案兼顾了企业与消费者的利益, 而不单纯从企业利益出发, 可以更好地获得市场的认同; 2) 新进企业市场份额的增加对于原有双寡头企业市场份额的影响有很大区别; 3) 双寡头企业进行防御性选址可以选择容量最大或容量成本比最大的候选点, 以防止市场份额的大幅下降.

参考文献(References)

- [1] Berman O, Drezner T, Drezner Z, et al. Modeling competitive facility location problems: New approaches and results[C]. *Tutorials in Operations Research*. San Diego CA, 2009: 156-181.
- [2] Aboolian R, Sun Y, Koehler G J. A location-allocation problem for a web services provider in a competitive market[J]. *European J of Operational Research*, 2009, 194(1): 64-77.
- [3] Godinho Dias J. A two-player competitive discrete location model with simultaneous decisions[J]. *European J of Operational Research*, 2010, 207(3): 1419-1432.
- [4] Ashtiani M G, Makui A, Ramezani R. A robust model for a leader-follower competitive facility location problem in a discrete space[J]. *Applied Mathematical Modelling*, 2013, 37(1/2): 62-71.
- [5] Sasaki M, Campbell J F, Krishnamoorthy M, et al. A Stackelberg hub arc location model for a competitive environment[J]. *Computers & Operations Research*, 2014, 47: 27-41.
- [6] Zhang Y. Designing a retail store network with strategic pricing in a competitive environment[J]. *Int J of Production Economics*, 2015, 159: 265-273.
- [7] Drezner T, Drezner Z, Kalczyński Z. A leader-follower model for discrete competitive facility location[J]. *Computers & Operations Research*, 2015, 64(C): 51-59.
- [8] Mahmutogullari A I, Kara B Y. Hub location under competition[J]. *European J of Operational Research*, 2016, 250(1): 214-225.
- [9] He Z, Cheng T C E, Dong J, et al. Evolutionary location and pricing strategies for service merchants in competitive O2O markets[J]. *European J of Operational Research*, 2016, 254(2): 595-609.
- [10] Fernández P, Pelegrín B, Lančinskas A, et al. New heuristic algorithms for discrete competitive location problems with binary and partially binary customer behavior[J]. *Computers & Operations Research*, 2017, 79(C): 12-18.
- [11] Rohaninejad M, Navidi M, Nouri B V, et al. A new approach to cooperative competition in facility location problems: Mathematical formulations and an approximation algorithm[J]. *Computers & Operations Research*, 2017, 83: 45-53.
- [12] 杨丰梅, 华国伟, 黎建强. 一个竞争选址问题的新模型及其求解算法[J]. *系统工程理论与实践*, 2006, 26(7): 18-24.
(Yang F M, Hua G W, Li J Q. A new model for competitive location and its algorithms[J]. *Systems Engineering — Theory & Practice*, 2006, 26(7): 18-24.)
- [13] 华国伟, 杨丰梅, 黎建强. 两个双目标竞争选址问题模型[J]. *系统工程理论与实践*, 2007, 27(1): 99-106.
(Hua G W, Yang F M, Li J K. Two bi-objective optimization models for competitive location problems[J]. *Systems Engineering — Theory & Practice*, 2007, 27(1): 99-106.)
- [14] 张曦, 杨超, 胡丹丹. 考虑市场扩张和吞并的新设施竞争选址模型[J]. *工业工程与管理*, 2009, 14(2): 43-47.
(Zhang X, Yang C, Hu D D. The competitive location problem with market expansion and cannibalization[J]. *Industrial Engineering and Management*, 2009, 14(2): 43-47.)
- [15] 杨玉香, 周根贵. 随机需求下闭环供应链网络设施竞争选址模型研究[J]. *控制与决策*, 2011, 26(10): 1553-1561.
(Yang Y X, Zhou G G. Study on location model of facility competition for closed-loop supply chain network with random demands[J]. *Control and Decision*, 2011, 26(10): 1553-1561.)
- [16] 于宏涛, 高立群, 吕勇军. 基于和声搜索算法求解竞争选址问题[J]. *控制与决策*, 2013, 28(7): 1083-1086.
(Yu H T, Gao L Q, LV Y J. Hybrid harmony search algorithm for competitive location problem[J]. *Control and Decision*, 2013, 28(7): 1083-1086.)
- [17] 朱华桂, 乔联宝. 有市场协同作用的竞争设施选址: 模型与比较[J]. *系统工程理论与实践*, 2013, 33(11): 2831-2838.
(Zhu H G, Qiao L B. Competitive facility location with market synergistic effect model and comparison[J]. *Systems Engineering — Theory & Practice*, 2013, 33(11): 2831-2838.)

(责任编辑: 齐 霁)