文章编号:1003-207(2011)05-0109-06

不完全信息下基于 GSP 的竞价排名问题研究

曹文彬,浦徐进,李 磊

(江南大学商学院,江苏 无锡 214122)

摘 要:本文研究对象是不完全信息下搜索引擎基于 GSP 拍卖的竞价排名问题。基于静态博弈模型,首先给出了按点击付费情况下广告商的贝叶斯均衡出价函数;其次为了保证均衡存在,给出了关于点击率的充分条件,并分析了点击率与均衡存在的关系;最后分析了点击率变化对搜索引擎收益的影响。结果对不完全信息下广告商的出价策略和搜索引擎的广告位置拍卖策略提供了决策依据。

关键词:广义第二价格拍卖;竞价排名;贝叶斯-纳什均衡;不完全信息

中图分类号:C931;F224 文献标识码:A

1 引言

在多物品拍卖中,基于 GSP(Generalized Second-Price)规则的拍卖近年来被应用于很多方面,例如固定和无线网络的路由问题、电力市场容量的分配问题,搜索引擎中的竞价排名问题等。广告收入是搜索引擎企业的重要收入来源,竞价排名作为一种广告位置的拍卖机制是搜索引擎企业的主要赢利模式。文献[1]基于优化理论从企业广告投放的角度提出了三种网络广告的定价模式。但从网站或搜索引擎企业的角度看,广告位置定价的目标是不同的。竞价排名机制历经了“广义第一价格拍卖”和“广义第二价格拍卖”两个阶段。Google 在其 Adwords 计划中针对第一价格拍卖存在的问题采用了“广义第二价格拍卖”的机制。在最简单的 GSP 拍卖中,广告商的位置按照竞价递减的顺序排列,但是广告商的支付等于排名紧随其后的广告商开出的竞价。文献[2]对完全信息下的基于 GSP 的关键字拍卖进行了大量的研究,虽然和第二价格拍卖很相似,但说真话机制不是 GSP 的一个均衡。国内有关 GSP 拍卖文献[3-6]也是在具有完全信息的条件下进行的研究,但实际情况是广告商的有关信息是不完全的,如广告商的位置价值等。张娥等(2006)采取类似的方法证明了若干不同情形下 Winner-pay 和 All-pay 支付规则关于拍卖收益的等价性[4]。在不完全信息下,文献[7]假设广告商的点击价值是共同信息,把 GSP 拍卖看成多物品的广义英式拍卖,其结果表明,该拍卖的唯一完美贝叶斯均衡执行 VCG 支付。文献[8]利用不完全信息博弈分析了关键字拍卖模型,但其模型中只有一个广告位置。本文主要研究当广告商的出价同时提交,其点击价值是私有信息,并且与位置独立时,基于 GSP 拍卖的竞价排名问题。另外,付费搜索拍卖是连续进行的重复拍卖,其本质上是动态的。但是静态博弈分析的方法可以找到那些可能的稳定点,并研究稳定状态的广告商策略、搜索引擎策略和经济效率等问题[3],本文对在竞价排名中普遍采用的 GSP 拍卖规则在不完全信息条件下的静态博弈模型进行分析,研究结果对其它相关问题的拍卖双方制定拍卖策略具有一定价值。

收稿日期:2010-04-19;修订日期:2011-07-05

基金项目:国家自然科学基金资助项目(70901034);教育部人文社会科学规划项目(09YJA630050);中央高校基本科研业务费专项资金资助(JUSRP211A65)

作者简介:曹文彬(1967-),男(汉族),江苏泰兴人,江南大学商学院,博士,副教授,研究方向:电子商务、供应链管理、博弈论.

2 模型假设与有效均衡

考虑一个搜索引擎将 S 个广告位置基于 GSP 拍卖机制卖给 $N>S$ 个广告商,用 c_s 表示第 s 个位置的点击率,$b^{(s+1)}$ 表示第 $s+1$ 高的出价,假设广告商对位置具有一致性的偏好顺序,基于被普遍采用的按点击收费的出价规则[4],则第 s 个广告商的全部支付为 $c_s b^{(s+1)}$。假设广告商 i 对每个位置 s 的点击价值是相同的,用 v^i 表示,并归一化到区间[0,1]。同时假设广告商的点击价值是独立同分布的,用区间[0,1]上的分布函数 F 表示,其密度函数为 f。广告商的实际点击价值是私有信息,各广告商

向搜索引擎同时出价，因此文中的均衡是贝叶斯-纳什均衡（文后简称"均衡"）。当 $c_1 \geqslant c_2 \geqslant \cdots \geqslant c_S$ 时将第 s 高的位置分配给点击价值为第 s 高的广告商，则称分配为有效分配。基于收益等价定理，对称有效均衡的出价策略如命题 1 所示。

命题 1　考虑 N 个广告商和 S 个位置的 GSP 拍卖问题，S 个位置的点击率满足 $c_1 \geqslant c_2 \geqslant \cdots \geqslant c_S > 0$。如果有效对称均衡存在，则点击价值 $v^i = v$（为表达方便起见）的出价函数 $\beta(\cdot)$ 满足下列积分方程：

$$\beta(v) = v - \sum_{s=2}^{S}\gamma_s(v)\int_0^v (v-\beta(x))F^{N-s-1}(x)f(x)dx \tag{1}$$

其中：

$$\gamma_s(v) = \frac{\binom{N-2}{s-1}(s-1)(1-F(v))^{s-2}c_s}{\sum_{t=1}^{S}\binom{N-2}{t-1}(1-F(v))^{t-1}F^{N-t-1}(v)c_t}$$

$$s = 2,\cdots,S \tag{2}$$

证明：令 $v^{-i} \equiv (v^1,\cdots,v^{i-1},v^{i+1},\cdots,v^N)$，$z_s^i(v^i,v^{-i})$ 表示广告商 i 取得位置 s 的概率，用向量 $\vec{z}^i(v^i,v^{-i}) \equiv (z_1^i(v^i,v^{-i}),\cdots,z_S^i(v^i,v^{-i}))$ 表示位置的分配规则。与文献[7]相似，首先考虑一个多物品拍卖，广告商 i 有单一位置需求，每个位置 s 的价值为 $c_s v^i$，广告商 i 的位置价值向量记为 $V(v^i) \equiv (c_1 v^i, c_2 v^i,\cdots,c_S v^i)$。根据文献[9]中的 Myerson 定理可知，在由贝叶斯均衡所对应的分配规则 $\vec{z}^i(v^i,v^{-i})$ 之下，广告商的期望支付为：

$$E[P(v)] = E_{v^{-i}}[z^i(v^i,v^{-i}) \mid v^i = v]\cdot V(v)^T - \int_0^v E_{v^{-i}}[z^i(v^i,v^{-i}) \mid v^i = v]\cdot[\frac{d}{dx}V(x)]^T dx$$

其中 $V(v)^T$ 为向量 $V(v)$ 的转置。其取得第 s 个位置的概率为：

$$z_s^i(v) \equiv E_{v^{-i}}[z_s^i(v^i,v^{-i}) \mid v^i = v] = \binom{N-1}{s-1}(1-F(v))^{s-1}F^{N-s}(v) \tag{3}$$

根据 Myerson 定理，期望支付可改写为：

$$E[P(v)] = \sum_{s=1}^{S}c_s(z_s^i(v)v - \int_0^v z_s^i(x)dx) \tag{4}$$

令 $v^{j:k}$ 表示从第 j 个到第 k 个（$k \geqslant j$）独立同分布的随机变量 v 的顺序统计量。根据 GSP 规则，点击价值为 v 的广告商的期望支付为：

$$E[P^{GSP}(v)] = \sum_{s=1}^{S}z_s^i(v)c_s E[\beta(v^{1:N-s}) \mid v \geqslant v^{1:N-s}] \tag{5}$$

$$= \sum_{s=1}^{S}z_s^i(v)c_s\cdot\int_0^v \beta(x)\frac{(N-sF^{N-s-1}(x)f(x)}{F^{N-s}(v)}dx$$

由于均衡时，$\forall v$，$E[P(v)] = E[P^{GSP}(v)]$，等式两边分别对 v 求导得：

$$\frac{d}{dv}E[P(v)] = \sum_{s=1}^{S}c_s\frac{dz_s^i(v)}{dv}v$$

$$\frac{d}{dv}E[P^{GSP}(v)] = \beta(v)\frac{f(v)}{F(v)}\sum_{s=1}^{S}(N-s)z_s^i(v)c_s + \sum_{s=1}^{S}c_s\{\frac{dz_s^i(v)}{dv}\frac{(N-s)}{F^{N-s}(v)} - z_s^i(v)\frac{(N-s)^2 f(v)}{F^{N-s+1}(v)}\} \times \int_o^v \beta(x)F^{N-s-1}(x)f(x)dx$$

对式(3)进行微分得：

$$\frac{dz_s^i(v)}{dv} = (N-s)\frac{f(v)}{F(v)}z_s^i(v) - (s-1)\frac{f(v)}{1-F(v)}z_s^i(v)$$

从而有：

$$(\beta(v)-v)\frac{f(v)}{F(v)}\sum_{s=1}^{S}(N-s)z_s^i(v)c_s = -v\sum_{s=1}^{S}c_s(s-1)\frac{f(v)}{1-F(v)}z_s^i(v) + \sum_{s=1}^{S}c_s\{(s-1)(N-s)\frac{f(v)}{F^{N-s}(v)(1-F(v))}z_s^i(v)\} \times \int_o^v \beta(x)F^{N-s-1}(x)f(x)dx$$

令：

$$\gamma_s(v) = \frac{c_s(s-1)(N-s)\frac{z_s^i(v)}{F^{N-s}(v)(1-F(v)}}{\sum_{t=1}^{S}(N-t)\frac{z_t^i(v)}{F(v)}c_t}$$

把公式(3)代入 $\gamma_s(v)$ 可得：

$$\beta(v) = v - \sum_{s=2}^{S}\gamma_s(v)\cdot\int_0^v (v-\beta(x))F^{N-s-1}(x)f(x)dx$$

（证毕）

如果只有一个位置，即当 $s \geqslant 2$ 时，令 $c_s = 0$，公式(1)变成 $\beta(v) = v$，则 GSP 变成一个简单的第二价格（Vickrey）拍卖，说真话出价机制为唯一的有效均衡。从命题 1 可知，如果一个对称贝叶斯-纳什均衡存在，其出价函数必须满足方程(1)。但是，当其他的广告商根据 $\beta(\cdot)$ 出价时，具有价值 v 的广告商

出价 $\beta(v)$ 是否是最优的？

推论 1　如果积分方程(1)的唯一解是严格递增的，则它是 GSP 的一个有效均衡解。否则没有有效均衡解。

证明：通过构造，把积分包络定理应用于广告商支付，方程(1)的解 $\beta(v)$ 满足收益等价(即式(4))。由于广告商的收益函数满足严格递增条件，运用约束简化理论可知，所有出价 b 落在区间 $[0,\beta(1)]$ 当且仅当 $\beta(v)$ 是严格递增的，因此出价 $b>\beta(1)$ 不是最优的。所以 $\beta(v)$ 是一个有效对称贝叶斯纳什均衡解，当且仅当 $\beta'(v)>0$。否则，没有与有效均衡相一致的对称出价函数。(证毕)

上面的推论说明，方程(1)的解构成一个均衡出价函数当且仅当 $\beta(\cdot)$ 是严格递增的。也意味着如果方程(1)没有严格单调解，则 GSP 没有有效贝叶斯纳什均衡。

3　点击率与均衡解的关系

从推论 1 可知，方程(1)的严格递增解(即 GSP 的一个有效均衡)的存在性主要取决于各个位置的点击率如何。

考虑只有 2 个位置可用的基于 GSP 拍卖的竞价排名问题。其点击率分别为 c_1 和 c_2，当 c_2 与 c_1 比较接近时，广告商取得第二个位置是比较好的，因为点击支付更少，但和第一的位置相比，其点击数相差非常少。由于具有较高点击价值的广告商更愿意遮蔽它们的出价以取得第二个位置，这将导致广告商降低出价。在极端情况下，设 $c_1=c_2$。由命题 1，如果一个有效均衡存在，则出价函数 $\beta(\cdot)$ 满足：

$$\beta(v)=v-\int_0^v(v-\beta(x))f(x)dx$$

估值最高的广告商将出价：

$$\beta(1)=1-E[1-\beta(v)]=E[\beta(v)]$$

$\beta(1)$ 不是严格递增的。根据推论 1，当 $c_1=c_2$ 时，GSP 没有有效贝叶斯纳什均衡。这是因为当 $c_1=c_2$ 时，所有的广告商都喜欢取得第二位置，获得相同的点击率，但支付将肯定减少。这样点击价值最高的广告商遮蔽更多的出价，从而方程(1)的解不是单调的，也意味着有效均衡被打破。

假设具有 S 个位置的 GSP 存在一个命题 1 所示的有效均衡，当一个额外的位置($S+1$)引入以后，有效均衡是否还存在？

命题 2　设有 S 个位置，点击率为 $\vec{c}\equiv(1,c_2,\cdots,c_S)$ 的 GSP 拍卖存在一个有效均衡，其出价函数为 $\beta_S(v)$，$\beta'_S(v)>0,\forall v\in[0,1]$。现在考虑有 $S+1$ 个位置的 GSP 拍卖，其点击率是 $(\vec{c},c_{S+1})$。则存在一个临界值 $\bar{c}_{S+1}\in(0,c_S)$，新拍卖存在一个有效均衡的充要条件是 $c_{S+1}\leqslant\bar{c}_{S+1}$。

证明：为简单起见，考虑 2 个位置的情况。一般情况下的证明步骤相似。

令 $c_1=1$，$c_2\in[0,1]$。从积分方程(1)可知：

$$\beta(v)=v-\frac{c_2}{F(v)c_1+(1-F(v))c_2}\int_0^v(v-\beta(x))f(x)dx$$

求导得：

$$\beta'(v)=1+\frac{c_2f(v)(c_1-c_2)}{(F(v)c_1+(1-F(v))c_2)^2}\int_0^v(v-\beta(x))f(x)dx-\frac{c_2}{F(v)c_1+(1-F(v))c_2}(F(v)+(v-\beta(v))f(v))$$

整理得：

$$\beta'(v)=\frac{F(v)(c_1-c_2)+(1-F(v))c_2}{F(v)(c_1-c_2)+c_2}+\frac{f(v)(c_1-2c_2)}{F(v)(c_1-c_2)+c_2}(v-\beta(v))$$

上面第一项总是正的，所以仅当第二项是负的，整个表达式才能是负的。这意味着 $c_2>1/2$。

下面考虑 $\tilde{c}_2>c_2>1/2$ 时的情况。对应于 $\tilde{c}_2$ 的方程(1)的解用 $\tilde{\beta}(v)$ 表示。如果 $\beta(v)\geqslant\tilde{\beta}(v)$，则有：

$$\beta'(v)=\frac{F(v)(c_1-c_2)+(1-F(v))c_2}{F(v)(c_1-c_2)+c_2}+\frac{f(v)(c_1-2c_2)}{F(v)c_1+(1-F(v))c_2}(v-\beta(v))$$

由于当 $\beta(v)\leqslant v$ 时，等式右边两项都是 c_2 的递减函数，则有：

$$\beta'(v)\geqslant\frac{F(v)(c_1-\tilde{c}_2)+(1-F(v))\tilde{c}_2}{F(v)(c_1-\tilde{c}_2)+\tilde{c}_2}+\frac{f(v)(c_1-2\tilde{c}_2)}{F(v)c_1+(1-F(v))\tilde{c}_2}(v-\beta(v))$$

由于：

$$\frac{f(v)(c_1-2\tilde{c}_2)}{F(v)c_1+(1-F(v))\tilde{c}_2}\leqslant 0$$

$$v-\beta(v)\leqslant v-\tilde{\beta}(v)$$

则有：

$$\beta'(v)\geqslant\frac{F(v)(c_1-\tilde{c}_2)+(1-F(v))\tilde{c}_2}{F(v)(c_1-\tilde{c}_2)+\tilde{c}_2}+\frac{f(v)(c_1-2\tilde{c}_2)}{F(v)c_1+(1-F(v))\tilde{c}_2}(v-\beta(v))$$

$= \tilde{\beta}'(v)$

所以当 $\tilde{c}_2 > c_2 > 1/2$ 时，$\forall v \in [0,1]$，有 $\beta'(v) > \tilde{\beta}'(v)$，这意味着出价函数 β 从下方与 $\tilde{\beta}$ 交叉一次。因此，如果对 $\tilde{c}_2$ 存在一个有效均衡，则 $\forall c_2 \leqslant \tilde{c}_2$，也存在一个有效均衡。（证毕）

从命题 2 可知，如果新的位置的点击率 c_{S+1} 与 c_S 充分远，有效均衡是存在的。即如果 GSP 没有有效均衡，则一定有 2 个位置的点击率彼此太靠近，这是影响 $\beta(\cdot)$ 的单调性和引起遮蔽出价而打破有效均衡的原因。

算例 1：考虑 $S=2$ 个位置和 $N=3$ 个广告商的 GSP 拍卖，不失一般性，令 $c_1 = 1$。积分方程(1)可以写成：

$$c_2\int_0^v \beta(x)f(x)dx$$
$$= c_2F(v)v-(v-\beta(v))[F(v)+(1-F(v))c_2]$$

可得微分方程：

$$1-\frac{c_2F(v)}{F(v)c_1+(1-F(v))c_2}$$
$$= \beta'(v)-(v-\beta(v))\frac{f(v)c_1+(1-2f(v))c_2}{F(v)c_1+(1-F(v))c_2}$$

该方程有一个唯一解：

$$\beta(v) = \frac{\int_0^v \exp\{\int_0^u h(t)dt\}(g(u)+h(u))du}{\exp\{\int_0^v h(t)dt\}}$$

若 $v \sim U[0,1]$，则 $\beta(v)$ 可用解析法计算，如图 1 所示。

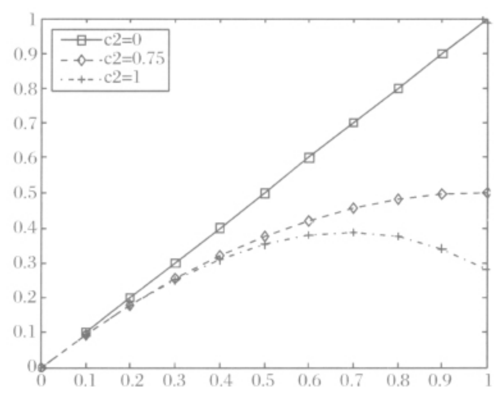

图 1　当 $v \sim U[0,1]$ 的出价函数

一个有效贝叶斯纳什均衡存在当且仅当 $\beta(v)$ 是严格递增的，即 $c_2 \leqslant 3/4$。

推论 2　对任意位置的数量 S，在各位置点击率满足 $c_1 \geqslant c_2 \geqslant \cdots, \geqslant c_S > 0$ 的某些情况下，GSP 存在一个有效均衡。（证明略）。

从推论 2 可知，虽然直观上认为广告位置从第一个到最后一个的点击率依次递减，但不是所有情况下有效均衡解都存在。只有各位置点击率满足一定条件时，均衡才存在。

4　点击率对搜索引擎收益的影响

关于搜索引擎的收益问题，直觉上看，如果第一位置的点击率增加，对广告商来说，这个位置是最好的选择，因此它们向上调整出价，搜索引擎的收益增加。但是各个位置点击率的变化如何影响搜索引擎的收益？如果保持均衡出价不变，要增加收益只能增加点击率。然而，广告商的出价是一个动态博弈的过程，可以根据点击率的变化改变它们的均衡出价策略。这些变化最后的影响是什么？

将公式(5)两边对 c_s 求导得：

$$\frac{\partial}{\partial c_s}E[P^{GSP}(v)] =$$
$$z_s^i(v)E[\beta(v^{1:N-s}) \mid v \geqslant v^{1:N-s}]$$
$$+\sum_{t=1}^{S} z_t^i(v)c_t(\frac{\partial}{\partial c_s}E[\beta(v^{1:N-t}) \mid v \geqslant v^{1:N-t}])$$

右边第一项表示当保持出价不变时点击率的边际效应，该项是正的，称为数量效应。第二项解释了不同的点击率所反映的均衡出价的变化情况。一般较低位置具有较高点击率时，均衡出价可能会降低，因为广告商会遮蔽出价，称为遮蔽效应。

为说明数量效应和遮蔽效应，考虑 N 个广告商和 S 个位置的 GSP 拍卖，令 $c_1 = 1$。基于收益等价，在有效均衡存在的所有情况下有：

$$E[P(v)] = E[P^{GSP}(v)]$$

因此，对 c_s 求导，当 v=1 时，有：

$$\frac{\partial}{\partial c_s}E[P(1)] = \frac{\partial}{\partial c_s}E[P^{GSP}(1)]$$

即 $\frac{\partial}{\partial c_s}E[\beta(v^{1:N-1})] = -\int_0^1 z_s^i(x)dx < 0$

表示对具有最高价值的广告商而言，遮蔽效应总是负的。那么是数量效应还是遮蔽效应占优势呢？下面的命题给出了位置 s 的点击率的增加如何影响搜索引擎的收益。

命题 3　设 N 个广告商和 S 个位置的 GSP 拍卖存在一个有效贝叶斯均衡，则搜索引擎的期望收益：(1)随着第一个位置的点击率 c_1 的增加而增加；(2)随着第 s 个位置的点击率 c_s 的增加而增加当且仅当

$$\int_0^1 (1-F(v))^{s-1}F^{N-s}(v)(v-\frac{(1-F(v))}{f(v)})f(v)dv \geqslant 0 \quad (6)$$

证明:根据式(4),搜索引擎的期望收益如下:

$$E[R] = N\int_0^1 E[P(v)]f(v)dv$$
$$= \int_0^1 \sum_{s=1}^{S} \binom{N-1}{s-1}(1-F(v))^{s-1}F^{N-s}(v)c_s(v-\frac{(1-F(v))}{f(v)})f(v)dv \quad (7)$$

对 c_1 求偏导得:

$$\frac{\partial E[R]}{\partial c_1}$$
$$= N\int_0^1 F^{N-1}(v)(v-\frac{(1-F(v))}{f(v)})f(v)dv$$
$$= N\int_0^1 \{F^{N-1}(v)v-\int_0^v F^{N-1}(y)dy\}f(v)dv$$
$$= N\int_0^1 A(v)f(v)dv$$

其中:

$$A(v) = F^{N-1}(v)v-\int_0^v F^{N-1}(y)dy$$

由于 $A(0)=0$ 且:

$$A'(v) = (N-1)F^{N-2}(v)f(v)v \geqslant 0$$

所以 $A(v) \geqslant 0$,从而 $\frac{\partial E[R]}{\partial c_1} \geqslant 0$,第一条成立。

进一步,从式(7)可得:

$$\frac{\partial E[R]}{\partial c_s} = \int_0^1 \sum_{s=1}^{S} \binom{N-1}{s-1}(1-F(v))^{s-1}F^{N-s}(v)(v-\frac{(1-F(v))}{f(v)})f(v)dv$$

容易证明第二条成立(证毕)。

算例 2:为说明点击价值分布对搜索引擎收益的影响,考虑 N=3 和 S=2 的 GSP 拍卖。设广告商的价值分布的密度函数为:

$$f_a(v) = av+(1-\frac{a}{2}) \quad -2 \leqslant a \leqslant 2$$

如果 $a=0$,广告商的价值分布是均匀分布,且 $\frac{\partial E[R]}{\partial c_2} = 2\int_0^1 v(1-v)[2v-1]dv = 0$,这是因为积分函数是关于 $\frac{1}{2}$ 反对称的。如果 $a>0$,F_a 集中在高价值位置;如果 $a<0$,F_a 集中在低价值位置。所以 $\frac{\partial E[R]}{\partial c_2} \geqslant 0$ 当且仅当 $a \leqslant 0$ 。

遮蔽效应对具有高点击价值的广告商是明显的,同时,具有较低价值的广告商至多获得较低的位置,遮蔽效益要小。从命题 3 可知,如果式(6)是负的,表示当较低位置的点击率增加时,收益减少。因此,在实际竞价排名过程中搜索引擎应更多的关注高价值广告商的价值分布情况对搜索引擎收益的遮蔽效应。

5 结语

本文的研究对象是不完全信息下搜索引擎基于 GSP 拍卖的竞价排名问题。首先分析了 GSP 机制下广告商的贝叶斯均衡存在的特征。为了保证均衡存在,给出了关于点击率的充分条件,并分析了点击率与均衡存在的关系,即如果任意 2 个位置的点击率相差比较远时,一个有效均衡是存在的;如果 GSP 没有有效均衡,则一定有两个位置的点击率彼此太靠近,这是影响 $\beta(\cdot)$ 的单调性和引起遮蔽出价而打破有效均衡的原因。结果表明贝叶斯均衡解的有些特性与完全信息条件下是完全不同的。最后分析了点击率与搜索引擎收益之间的关系。说明了不是在任何情况下点击率的增加都会引起收益的增加,搜索引擎要增加收益,需要区分数量效应和广告商出价遮蔽效应。同时当搜索引擎设定最优保留价格时上面的结果也可能不成立,即较低位置的点击率增加也许减少收益,在这个新的机制中,第 s 高的广告商取得第 s 高的位置,必须要高于保留价。这可能使得一些位置空着,在这个情况下,搜索引擎需要改变规则来分配广告位置才能达到均衡。当相邻的 2 个位置的点击率很接近时,是否有其他的(可能无效)纯策略均衡?搜索引擎提供的广告位置的最优数量是多少?随着较低位置的点击率增加,有的情况下搜索引擎收益是减少的,如何消除这种情况?是需要进一步研究的问题。

参考文献:

[1] 曹文彬．企业网络广告的定价策略研究[J]. 中国管理科学,2006,14(1):94－99.

[2] Edelman, B., Ostrovsky, M., Schwarz, M.. Internet advertising and the generalized second-price auction[J]. American Economic Review, 2007,(97)1:242－259.

[3] 姜晖,王浣尘,高朝伟. GSP 机制下付费搜索拍卖有效均衡的存在性研究[J]. 软科学, 2009, 23(7):12－16.

[4] 张娥,汪应洛. 关键字广告位拍卖的收益等价性研究[J]. 中国管理科学,2006,14(3):92－96.

[5] 姜晖,王浣尘,关树永. 基于 GSP 拍卖模型的搜索引擎竞

价排名机制研究[J]. 软科学，2008，16(12)：23－28.

[6] 姜晖，王浣尘，关树永. 付费搜索拍卖建模与两类排名机制比较研究[J]. 软科学，2009，17(3)：142－149.

[7] Varian. Position auctions[J]. International Journal of Industrial Organization，2007，25：1163－1178.

[8] Liu，D.，Chen，J.. Designing online auctions with past performance information[J]. Decision Support Systems，2006，42 (3)：1307－1320.

[9] Milgrom，P. R.. Putting Auction Theory to Work[M]. Cambridge University Press，2004.

Study on Bidding Rank Based on GSP Auction in Incomplete Information

CAO Wen-bin，PU Xu-jin，LI Lei

(School of business，Jiangnan University，Wuxi 214122，China)

Abstract：This paper discusses the bidding rank of search engines based on GSP auction in an incomplete information setting，differently from extensively studied by the literature in a complete information setting. Based on static game theory，the existence and performance of Bayes-Nash equilibrium of advertisers on GSP auction and its sufficient condition about click through rate have been discussed. The relation among click through rate and existence of equilibrium has been analyzed. Lastly the effects of click-through on the search engine's revenue have been analyzed. Interestingly，our results are in sharp contrast with the previous literature that adopts a complete information framework and provide decision basis for bidding strategy of bidders and auction mechanism of search engine under incomplete information.

Key words：GSP auction；bidding rank；bayes-nash equilibrium；incomplete information