

文章编号:1005-9679(2018)01-0045-05

# 基于拍卖理论的 RTB 平台优化研究

罗莉娟<sup>1</sup> 郑 玥<sup>2</sup> 吴联仁<sup>3</sup>

(1. 上海外国语大学 国际工商管理学院, 上海 200083; 2. 墨尔本大学 墨尔本商学院, 墨尔本 3010;  
3. 上海对外经贸大学 工商管理学院, 上海 201620)

**摘要:** 在实时竞价广告交易时, 广告主对广告投放流程的掌控力度会下降, 会给广告主带来许多不确定因素, 实时竞价广告拍卖环节如何优化才能够保证供方的利润, 确保广告投放的精准度? 为解决这个问题, 本文基于实时竞价广告模型, 研究了拍卖环节的改进方法, 提出了交易平台的优化策略。针对供应方, 设置最优保留价的建议; 针对交易平台, 提出相似性分析的优化意见, 针对需求方, 运用期望效用函数为出价提供参考, 从而提高广告投放的精准度。实时竞价广告交易平台的优化策略, 可吸引更多的媒体商和广告主加入, 增强广告精准投放的效果, 进而促进实时竞价广告在中国的发展。在数据挖掘基础上开发潜力巨大的互联网广告市场, 此研究有利于增加媒体商和广告主的利润, 也为网络拍卖的发展提供了新的思路。

**关键词:** 实时竞价; 出价策略; 拍卖; 交易平台

**中图分类号:** F 760      **文献标志码:** A

## Optimizing Study of Real-Time Bidding Trading Platform based on Auction

LUO Lijuan<sup>1</sup> ZHENG Yue<sup>2</sup> WU Lianren<sup>3</sup>

(1. Shanghai International Studies University, School of Business and Management, Shanghai 200083, China;  
2. The University of Melbourne, Melbourne Business School, Melbourne 3010; 3. School of Management, Shanghai University of International Business and Economics, Shanghai 201620, China)

**Abstract:** In the real-time bidding trading process, advertisers can't control the process very well, it will bring a lot of uncertainty to them. How to optimize the real-time bidding auction strategy becomes a problem. In order to solve the problem of how it can guarantee profits of suppliers and ensure the accuracy of advertising, the paper provides optimizing strategy of Real-Time Bidding trading platform, and give some suggestions to improve performances in Supply-Side platform (SSP), Demand-Side platform (DSP) and auction trading process. In the supply side, they can set optimal reserve price in trading platform. In the trading platform, it proposes optimization of similar analysis. In the demand side, we provide recommendations of bidding based on expected utility function to improve the accuracy of advertising. With the Optimization strategy of real-time bidding trading platform, it could attract more media providers and advertisers to join, which also enhance the precision of advertising and eventually promotes the development of real-time bidding advertising in China. The research is good to increase business profits for media and advertisers in the Internet advertising market based on data mining, it also offers a new idea to online auction in future.

**Key words:** real-time bidding; bidding strategy; auction; trading platform

收稿日期: 2017-12-12

作者简介: 罗莉娟(1987—), 女, 江西南昌人, 上海外国语大学国际工商管理学院讲师, 研究方向为电子商务及商务分析。

E-mail: luolijuan100@126.com; 郑玥(1995—), 女, 四川乐山人, 墨尔本大学墨尔本商学院研究生, 研究方向为信息管理与信息系统; 吴联仁(1985—), 男, 江西上饶人, 上海对外经贸大学工商管理学院讲师, 研究方向为数据科学与决策。

## 1 理论基础与文献回顾

### 1.1 实时竞价广告

现在实时竞价广告也出现在了众多主流媒体上,引起了众多消费者和媒体的注意,也有许多学者纷纷加入实时竞价领域的研究,希望能够进一步推动其在国内的发展。吴勇毅<sup>[1]</sup>、罗雄伟等<sup>[2]</sup>对实时竞价广告的特点进行了研究,提出 RTB 广告有三大特点,分别是精准性、大数据和平台化。总体来说,针对实时竞价广告的研究成果很丰富,一个完整的实时竞价广告包括两个环节:用户分析环节和拍卖环节<sup>[3]</sup>。在用户分析环节,刘亚超等<sup>[4]</sup>研究过运用用户行为分析的竞价广告投放的效果,通过网民在工具栏上浏览的记录,搜索日志与网页链接点击量的研究得出结论,即顶端的广告位效果要优于侧面的广告位,广告按照搜索相关性来排序。蒋在帆和王斌<sup>[5]</sup>通过研究用户的查询行为和文件访问行为,提出了一种比传统排序方法更有效的结果排序法,有助于提高广告的精准度。

### 1.2 拍卖环节

从拍卖的卖方来看,学者 Roger Myerson<sup>[6]</sup>得出了最优拍卖的理论,McAfee, McMillan<sup>[7]</sup>曾经提出拍卖中经济租金的数学期望,在拍卖的交易平台方面,张文明<sup>[8]</sup>研究得出了拍卖环节相似度的计算方法,但是他所列出的数学公式存在漏洞,尤其是对语义型属性相似度的分析不够全面,研究在此基础上进行改进和优化。针对该平台的买方,徐雅卿<sup>[9]</sup>对买方的出价成功概率进行了研究。

从拍卖理论来看,拍卖分为公开式拍卖和密封式拍卖。实时竞价通常采用第二价格密封式拍卖,在交易中,参与方按照该用户与目标顾客的相似度和价值提出竞价,确保广告位的高效利用,进一步提高了广告的精准度,第二价格拍卖更能体现出这条访问流量的真正价值<sup>[10-11]</sup>。

虽然网络广告在中国已经得到了很好的发展,但是实时竞价技术在中国还是一个比较新颖的概念,有较多文章浅显地介绍了实时竞价广告概念<sup>[12]</sup>,但是缺少深入研究实时竞价广告拍卖环节优化策略的成果,尤其是如何对实时竞价广告涉及的三方进行改进的研究更加匮乏。本研究基于最优拍卖理论和上述数学期望对实时竞价广告中的供方提出了改进意见,并将结合拍卖成功的概率公式和期望效用函数研究买方如何优化出价策略。

### 1.3 实时竞价广告交易模型

实时竞价广告又被称为 real-time bidding ad

(RTB 广告),是大数据挖掘技术发展带来的新型广告形式,它标志着广告由传统媒介购买转变为单个访问者购买,需求方平台代表广告主完成竞价,竞价最高者获得在该广告位投放广告的机会,这一系列过程都在瞬间完成,不仅省去了广告主与媒体协商广告投放时间和位置的工作,节省了时间,有利于时间资源的有效利用,而且实时竞价广告包含了对用户行为分析的工作,有利于判断用户的购买需求,实现广告的精准投放。

本研究包括拍卖环节涉及的五个角色:媒体商、SSP 供应方平台、AD Exchange 交易平台、DSP 需求方平台和广告主。本文提出的实时竞价广告模型见图 1,由媒体商提出拍卖需求,SSP 代为拍卖并将网站访问者的个性化信息和广告位的保留价传送给交易平台。广告主提出广告投放请求,DSP 代为拍卖并将目标人群的信息传送给交易平台。交易平台对 SSP 提供的访问者信息和 DSP 提供的目标人群信息进行相似性分析并设置一个有效值,当相似度小于有效值时,需求方直接退出竞价环节,竞价环节采用第二价格密封式拍卖的竞价方法,需求方按照预算分配以及出价策略对该广告位提出竞价,提出最高价格的投标人可以中标投放广告。

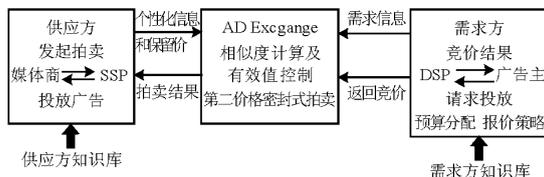


图 1 实时竞价广告模型

实时竞价广告运作过程可以分为二个部分,第一部分是用户分析和定位,由 DMP 根据网站访问者以往的访问记录等数据分析访问者的年龄区间、性别、爱好等特征和购买需求,用以匹配适合的广告主;第二部分是竞价环节,SSP 将访问者信息、展示广告位置以及时段等信息发送到 AD Exchange 广告交易平台,广告主综合考虑产品的目标顾客和该访问者特征相似度、展示广告位置、营销方案和预算等方面返回价格,AD Exchange 广告交易平台收集各个 DSP 需求方平台返回的价格并进行比较,选出价格最高的广告主投放其广告。当访问者刚打开网页或者 APP 的那一刻,网页上的广告是未知的,只有在竞价结束后,提出最高竞价的广告主才能投放广告。

## 2 实时竞价广告平台优化策略

### 2.1 面向供应方的优化

在优化模型之前要考虑假设,Wang, Jun 提出

影响拍卖的主要有以下几个因素: 拍卖者的风险态度、对拍卖品的价值评估方法、买方的相似性和支付方式。

拍卖是一个充满不确定的过程, 不同的人会对风险做出不同的反应。其次, 估价方式不同会影响拍卖的过程, 在这里有两种情况, 一是商品具有不固定价值, 每个人都有估价; 二是商品具有固定价值, 由于在实时竞价广告中广告主互相不知道对方的估价, 因此在这里可以假设在实时竞价广告中商品是具有不固定价值的。这种情况符合 IPV 模型, 又称为独立私人价值模型, 虽然买方的估价对别人是未知的, 但是已知估价符合某个概率分布, 因此投标人的估价不会很大程度上受其他需求方信息的影响。这种情况也可以表示为需求方  $i(i=1, 2, \dots, n)$  知道自己对该访问者的估价  $v_i$ , 同时也知道其他需求方的估价  $v_j(j=1, 2, \dots, n)$  符合概率分布  $F_j$ 。除此之外, 需求方之间的相似性会影响估价的概率分布, 也是必须考虑的因素。最后, 支付价格可能受到除中标价以外的变量的影响, 因此也会对拍卖模型产生影响。

为了对以上的影响因素进行限制, 实时竞价广告拍卖模型进行了以下假设:

**H1:** 需求方和供方都符合风险中性;

**H2:** IPV 模型中提出的需求方估价符合概率分布始终成立;

**H3:** 需求方属于同一类型;

**H4:** 支付价格不受其他变量的影响。

接下来主要从供方的角度来分析模型。在第二价格密封式拍卖中, 常常用经济租金来表示最高估价减去第二高估价的值, 中标者是出价最高的人, 但是当报价达到次高估价时提出次高估价的需求方不会以高于自己估价的价格继续参与拍卖而是退出拍卖。因此, 实际的中标价是次高估价的期望值。假设在市场中有  $n$  个同类型的需求方要参与拍卖, 他们对该网站访问者的价值估计用  $v_1, v_2, \dots, v_n$  来表示,  $v_n$  为最高估价,  $v_{n-1}$  为次高估价,  $v_1$  到  $v_n$  呈递增趋势, 并且由 IPV 模型可知需求方对该访问者价值的估计服从概率分布  $F$ 。Mcmillan & McAfee<sup>[7]</sup> 已经得出经济租金的数学期望为:

( $f$  为概率密度), 因此最高估价  $v_n$  减去经济租金就是中标价, 即供方的期望收入, 数学公式表示如下:

$$R(v_n) = v_n - [1 - F(v_n)] / f(v_n)$$

由上式可知  $R$  函数是递增函数, 随着  $v_n$  的增加  $R(v_n)$  也会增加, 那么供方的期望收入与最高估价

是成正比的。

因此, 对供方环节的改进可以包括设置最优保留价, 只有高于保留价的竞价才是有效的竞价, 这样可以提高资源配置的效率, 达到最优拍卖。保留价的设置取决于未实行实时竞价时的支付价格。最优拍卖不仅限于此, 当拍卖方设置最优保留价、并以高于该价格进行拍卖时, 诚信原则下的拍卖结果都能够对资源进行有效的配置, 都属于最优情况。如果供方以高于需求方估价的保留价进行拍卖, 需求方均退出拍卖, 则拍卖失败。因此, 假设供方设置理性的保留价, 需求方也提出理性的出价, 则拍卖达到最优。

## 2.2 交易平台的优化

实时竞价广告的最大特点就是实现广告的精准投放, 因此实时竞价广告的好坏很大程度上取决于交易平台对信息相似性的处理能力。其中, 信息包括供方提供的广告位信息、访问者特征和需求方平台目标顾客的特征信息。在确保能够进行有效的相似度分析之前, 需要对需求方进行小组聚合, 将需求相似的需求方聚合在一个小组里, 之后对信息进行分类并分别进行相似性分析。基于 Wang Jun 对相似度计算的研究, 本研究提出以下针对不同信息类型相似性的计算方法:

1. 区间型信息, 例如年龄。假设网站访问者年龄在  $a_1$  和  $b_1$  之间, 需求方的目标顾客年龄在  $a_2$  和  $b_2$  之间, 则年龄相似性的计算方法如下:

$$S_1 = \begin{cases} 0 & b_1 < a_2 \text{ 或 } a_1 > b_2 \\ (b_1 - a_2) / (b_2 - a_1) & a_2 \leq b_1 \leq b_2 \text{ 且 } a_1 < a_2 \\ (b_1 - a_1) / (b_2 - a_2) & a_1 \geq a_1 \text{ 且 } b_1 \leq b_2 \\ (b_2 - a_1) / (b_1 - a_2) & a_2 \leq a_1 \leq b_2 \text{ 且 } b_1 < b_2 \end{cases}$$

如果二者的年龄完全无相交, 例如访问者年龄在  $[20, 30]$ , 目标顾客年龄在  $[40, 50]$ , 则信息相似度为 0; 如果二者的年龄存在部分相交, 例如访问者年龄在  $[20, 40]$ , 目标顾客年龄在  $[30, 50]$ , 则信息相似度为重合部分在整个年龄区间的占比, 即  $(40 - 30) / (50 - 20) = 1/3 = 33\%$ 。

2. 语义型信息, 例如爱好。在这里运用语义树来计算相似性, 首先将二叉树简单地分为同支二叉树和异支二叉树, 假设  $x_1$  是访问者的语义型信息,  $x_2$  是需求方顾客的信息。如果  $x_1$  是  $x_2$  的祖先, 二者是同支的关系; 如果二者互相不为对方的祖先, 则是异支的关系。

以下分为同支和异支两种情况来计算相似性,  $x_1$  和  $x_2$  同支时, 同支计算公式如下:

$$S_2 = \text{depth}(\text{Sp}(x_1, x_2)) / \max(\text{depth}(x_1), \text{depth}(x_2))$$

其中,  $Sp(x_1, x_2)$  表示离  $x_1, x_2$  最近的根节点,  $depth(Sp(x_1, x_2))$  指的是最近根节点的深度, 最近根节点也表示两个信息之间相重合的部分。就  $x_1$  “运动”和  $x_2$  “羽毛球拍”两个节点来举例, 距离最近的根节点是“运动”节点, “运动”节点以上的节点是  $x_1$  和  $x_2$  重合的节点, 因为运动和羽毛球都属于运动, 也都可以帮助减肥。  $\max(depth(x_1), depth(x_2))$  指的  $x_1$  和  $x_2$  两者中最大的深度, “羽毛球拍”节点的深度最大, 数值为 5, 也就是说“运动”节点和“羽毛球拍”节点以上的节点总数为 5。两个信息重合的节点除以两个信息节点以上的节点总数就等于信息重合度, 也就是相似度。例如访问者最近搜索过运动相关的网页, 广告主投放的是羽毛球拍的广告, 则需要交易平台计算运动和羽毛球拍的相似度, 按照以上提出的公式, 计算得出相似度  $S_2 = 2/5 = 40\%$ 。

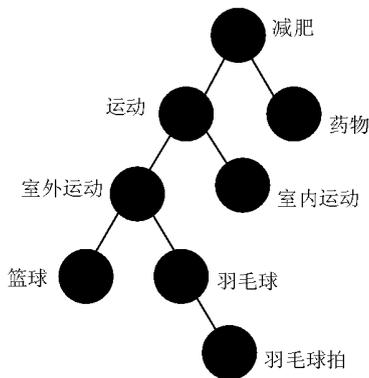


图 2 语义信息的二叉树结构

同理, 在异支二叉树中重合节点数除以两个信息节点以上的节点总数表示重合的节点在所有有关节点之中所占的比重, 也就是信息相似度。异知计算公式如下:

$$S_3 = \text{depth}(Sp(x_1, x_2)) / (\text{depth}(x_1) + \text{dist}(N, x_2))$$

其中,  $N$  指代  $x_1, x_2$  最近的根节点,  $\text{dist}(N, x_2)$  是指  $x_2$  节点和  $N$  节点之间的距离, 等于  $\text{depth}(x_2) - \text{depth}(N)$ 。以二叉树中“篮球”和“药物”为例, 离这两个信息节点最近的根节点是“减肥”节点, “减肥”节点及以下的节点是重合的部分。由于在这个二叉树中最近根节点深度为 1, 因此重合节点数为 1, 两个信息节点以上的节点总数是  $x_1$  的深度加上  $x_2$  的深度并减去重复计数的节点数, 即  $x_1$  的深度加上  $x_2$  到  $N$  之间的节点数, 因此“篮球”和“药物”两个信息的相似度计算如下:  $S_3 = 1 / (2 + 4) = 17\%$ 。

3. 枚举型信息, 例如性别, 当信息相符合时相似性为 1, 不相符合就为 0。

有相关学者提出了整体相似度, 即将每个类型的信息相似度乘以权重然后加总平均。但此计算方法中, 加总的相似度无法清晰地反映各个类型的相似性, 不利于精准投放。因为, 不同的需求方小组对信息类型有不同的倾向也有不同的优先次序。例如在产品为化妆品的需求方小组内, 化妆品的面向对象有男有女, 因此首先要对性别进行比对, 如果该访问者是女性, 那么面向男性的化妆品广告则无法参与竞价。从以上的例子可知, 进行相似性分析的信息有先后之分, 并且对各个类型的相似度进行限制会更加有效, 因此交易平台需要依据需求方小组的特性对相似性分析的信息进行排序, 还需要对各个类型分别设置有效值  $[0, 1]$ , 即相似度均高于有效值的需求方才能够参与竞价。例如, 对女性化妆品需求方而言, 首先访问者是女性的情况下购买的可能性更大, 因此将性别的有效值设为 1, 其次考虑年龄, 化妆品一般针对不同年龄段的顾客, 因此年龄是影响相似度的又一大因素, 因此可以将有效值设置为 0.5。

为了验证以上相似性计算方法的正确性, 本研究运用 Simulink 软件对拍卖过程中的相似性分析环节进行了仿真模拟, 模拟结果证明该计算公式运行快捷, 得出的结论比前人的计算公式更加准确, 充分验证了该研究成果的科学性。

### 2.3 面向需求方的优化

冯·诺依曼等在解决不确定条件下决策时提出期望效用函数, 假设做事情 A, 第一个结果的概率为  $P_1$ , 带来的价值为  $V_1$ , 第二个结果的概率为  $P_2$ , 带来的价值为  $V_2$ , 那么 A 带来的期望效用  $U$  则为  $P_1 V_1 + P_2 V_2$ 。对于需求方而言, 出价的目的是为了得到最大的期望效用, 因此基于期望效用函数的出价更为科学。首先, 实时竞价广告中一个需求方会收到很多的竞价需求, 即很多个广告位, 那么合理地分配预算极为重要。假设需求方 A 的预算为  $\theta$ , 如果不出价, 则期望效用  $U$  为 0, 假设 A 出价, 价格为  $i$ , 并且市场中有  $n$  个竞争者, 竞争者的出价服从概率分布  $F$ ,  $f_i$  表示投标价格为  $i$  的概率,  $j_n (n=1, 2, \dots, n) < i$ , 则 A 赢得这场拍卖的概率乘上拍卖带来的价值就是 A 出价的期望效用。基于期望效用函数, 本研究提出以下公式来优化出价策略:

$$U = \begin{cases} 0 & i = \Phi (\Phi \text{ 表示不出价}) \\ a_1(\theta - i)(f_{j_1} + f_{j_2} + f_{j_3} + \dots + f_{j_n})^{(n-1)} + a_2V_{ad} + a_3V_p & i \neq \Phi \end{cases}$$

在上述数学公式中,  $a_1, a_2, a_3$  表示权重并且相加之和等于 1,  $(f_{j_1} + f_{j_2} + f_{j_3} + \dots + f_{j_n})^{(n-1)}$  表示 A 出价比其他竞争者都高赢得竞价的概率。竞价的结果

有两种,成功或者失败。竞价成功带来的价值不仅仅是支付价格低于预算带来的价值,还包括广告位本来就具备的宣传价值  $V_{ad}$ ,并且实时竞价广告摆脱了传统的购买广告位的方式,转而实现了对访问者的购买,因此该广告还会带来访问者价值  $V_p$ ,即访问者可能购买产品带来的利润,如果竞价失败则无价值,期望效用为 0。上面提到的权重会根据需求方的需求进行调节,但是一般而言需求方会将预算作为首要考虑的因素,因为需求方可能面临很多广告位需求,其次需求方会较多地重视广告位的宣传价值,比如广告位的位置和曝光度等,最后再考虑访问者价值。因为访问者购买产品的可能性未知,并且在正式竞价之前访问者与该产品目标顾客的相似性已经达到了有效值,因此可以设置较小的权重。

### 3 结论和建议

本研究对供应方机制进行优化,有利于消除媒体商的顾虑,吸引更多的媒体商进入实时竞价广告的领域。另外,对于需求方而言,碍于缺乏完善的出价策略,需求方不愿意使用实时竞价技术投放广告,因此本文针对这个问题对需求方的出价策略提出了优化意见,有利于增强需求方对竞价的控制,运用合理的竞价策略来提高竞价的效率,减少广告成本。在实时竞价广告中最重要的是广告交易平台,广告投放的效果和精准度取决于交易平台的运行机制。本文用相似性分析的方法来解决这个问题,有利于对供需双方进行合理的比对,将广告精准地投放给有需求的访问者。总体来说,本文能够为优化实时竞价广告拍卖环节提供建议,减少无效广告,使得每一条广告物有所值,充分发挥其宣传的作用。

本文在拍卖理论的基础上对实时竞价广告的优

化策略进行了研究,未来可以对拍卖算法进行研究,提出更有效的算法,为实时竞价广告的发展提供支持。其次,第二价格密封式拍卖运用到现实生活中,如果广告主串通压低支付价格,势必会减少媒体的收入,影响实时竞价广告的生态环境。未来可进一步研究,找出更公平有效的拍卖方式。

#### 参考文献:

- [1] 吴勇毅. 颠覆互联网传统营销模式,RTB 实现顾客识别[J]. 信息与电脑,2014(1):53-57.
- [2] 罗雄伟. RTB 广告的运作特点及其未来发展隐忧[J]. 中国传媒科技,2013(12):45-47.
- [3] 董征艺. 程序化网络自动化拍卖技术的理论研究与应用[D]. 北京:北京邮电大学,2015.
- [4] 刘亚超. 中国程序化广告投放模式研究——以 RTB 广告为例[J]. 新闻研究导刊,2016,7(19).
- [5] 蒋在帆,王斌. 基于用户行为分析的个人信息检索研究[J]. 中文信息学报,2011,25(1):9-15.
- [6] ROGER B. Myerson, optimal auction design [J]. Mathematics of Operations Research, 1981, 6(1):58-73.
- [7] MCAFEE R P, MCMILLAN J. Auction and Bidding [J]. JEL,1987(25):699-738.
- [8] 张文明,王小平. 一种基于多 Agent 系统的在线广告竞价模型[D]. 上海:同济大学,2017.
- [9] 徐雅卿. 电子商务环境下的网上拍卖理论研究[D]. 西安:西安电子科技大学,2004.
- [10] 陈剑,陈熙龙,宋西平. 拍卖理论与网上拍卖[M]. 北京:清华大学出版社,2005.
- [11] 马俊. 拍卖模型及其应用研究[M]. 北京:中国财政经济出版社,2004.
- [12] 安建成,武俊丽. 基于语义树的概念语义相似度计算方法研究 [J]. 微电子学与计算,2011,28(1):138-141.