



2016 湖南省研究生数学建模竞赛参赛承诺书

我们仔细阅读了湖南省研究生数学建模竞赛的竞赛规则。

我们完全明白，在竞赛开始后参赛队员不能以任何方式（包括电话、电子邮件、网上咨询等）与队外的任何人（包括指导教师）研究、讨论与赛题有关的问题。

我们知道，抄袭别人的成果是违反竞赛规则的，如果引用别人的成果或其他公开的资料（包括网上查到的资料），必须按照规定的参考文献的表述方式在正文引用处和参考文献中明确列出。

我们郑重承诺，严格遵守竞赛规则，以保证竞赛的公正、公平性。如有违反竞赛规则的行为，我们将受到严肃处理。

我们授权湖南省研究生数学建模竞赛组委会，可将我们的论文以任何形式进行公开展示（包括进行网上公示，在书籍、期刊和其他媒体进行正式或非正式发表等）。

我们参赛选择的题号是（从组委会提供的试题中选择一项填写）：A 题

我们的参赛报名号为（如果组委会设置报名号的话）：201518001018

所属学校（请填写完整的全名）：国防科学技术大学

参赛队员（打印并签名）：

1.

2.

3.

指导教师或指导教师组负责人(打印并签名)：

日期： 年 月 日

评阅编号（由组委会评阅前进行编号）：

2016 湖南省研究生数学建模竞赛

编号专用页

评阅编号（由组委会评阅前进行编号）：

评阅记录（可供评阅时使用）：

评阅人										
评分										
备注										

湖南省第二届研究生数学建模竞赛

题目

国家电网电容器投标报价策略

摘 要：

招标投标在现代商业采购行为中运用得越来越广泛。随着社会的发展, 招投标所面对的经济对象不断大型化、复杂化, 招投标行为多批次化, 给投标决策提出了新的问题。如何构建并实施有效的投标报价策略、以此为依据制定出既有合理利润又有竞争优势的报价, 关系着投标企业的经济效益乃至企业的生死存亡。本文的研究对象是国家电网2013年至2014年举行的共6批电容器类货物的招标问题, 其中, 每批货物中包含的电容器规格和数量不同。在只考虑10kv框架式电容器的基础上, 建立了投标企业的投标报价模型, 并验证了模型的有效性。论文的主要工作和取得的创新点包括:

(1) 在分析国家电网采用的区间平均下浮双边曲线算法的价格招标方法的基础上, 详细论述了下浮指数和减分速率对投标方报价得分的影响。从中可以发现, 一次竞标过程中当投标方的报价越接近于基准价时, 它中标的可能性越大; 投标方的报价得分随着减分速率的增大而降低, 且与基准价偏差越大的报价价格得分下降的速率也越快。基于以上结论, 给出了投标方在进行报价时的建议。

(2) 通过对历史上不同批次投标报价模型进行分析, 充分考虑连续两批次报价之间的相互关系, 利用前一批次的数据和下调指数参数来直接预测下一批次中各物品的单价, 进而为投标方提供合理的参考报价。实验结果表明, 通过此模型得出的报价可以显著提高投标方的中标率。

(3) 针对国家电网在现行招标中采用的综合评标法的特点以及运用区间平均下浮双边曲线算法进行价格评估上可能存在的问题, 给出了国家电网在招标改革的几条建议。

关键字: 招标投标, 下浮指数, 减分速率, 报价模型

1. 问题背景

招标投标已经广泛应用于各种商业采购行为中，目前主流的投标报价模型有最低价评标法、综合评标法和性价比评标法三大类[1]。不同的评标法往往对应着不同的最优投标策略，针对实际应用问题研究具体投标模型下的投标策略具有重要的现实意义，国内外学者对此进行了大量研究，取得了许多成功[2][3][4]。本文考虑国家电网电容器投标报价策略问题。国家电网在 2013 年-2014 年采用的是综合评标法进行招标。在该评标方法中，投标公司的技术、价格、商务占的比例分别为 30%、60%、10%，以总分 100 分计。在假定各投标公司在技术、商务两个方面的实力相当的基础上，各厂家仅需要考虑通过合理的报价来提高价格得分，只要价格得分第一就认为中标。投标厂家的价格得分采用区间平均下浮双边曲线算法。

在实际投标过程中，受竞争对手投标策略的改变以及市场环境和自身条件的变化，对同一类型和数量的包，投标公司在不同批次的报价也可能不同。另外，由于利用区间平均下浮双边曲线算法计算每个投标公司的价格得分，减分速率和价格下浮比例对每个公司的报价也有一定的影响。那么如何构造稳健的投标报价策略，使公司在每一次竞标过程中获得较高的价格得分，是关系每个投标公司经济效益的关键问题。本文针对国家电网在 2013 年至 2014 年期间共 6 批货物的投标问题，只考虑 10kv 规格的框架式电容器，需要解决以下 4 个问题：

问题一：对国家电网采用的区间平均下浮双边曲线算法进行全面分析，讨论下浮指数和减分速率两个变量的调整对报价有何影响，同时给出对投标方有价值的研究结论。

问题二：以合容电气公司为对象，在对 2013 年第 5 批至 2014 年第 3 批共 5 批数据分析的基础上，建立该公司的报价模型以提高命中率，

问题三：根据建立的投标模型，给出合容电气公司对 2014 年第 4 批指定各包的报价；

问题四：在分析研究的基础上给出关于国家电网招标方法改革的合理化建议。

2. 问题分析

针对待解决的 4 个问题，本节将重点分析第一个问题，第二个和第三个问题将重点放在论文第四章进行分析讨论。

2.1 区间平均下浮双边曲线算法的相关概念

算数平均值 A ：设某种货物共有 n 家公司参与投标，每个公司的投标报价分别为 $x_i (i=1,2,\dots,n)$ ，则

$$A = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (1)$$

算数平均值 A_1 ：设参加该种配置货物的 n 个投标公司的报价共有 m 个落于有效区间 $(0.8A, 1.5A)$ 内，其报价分别为 $x'_i (i=1,2,\dots,m)$ ，则

$$A_1 = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m x_i \quad (2)$$

特殊地，当所有投标公司的报价均落于有效区间内时，有 $A_1 = A$ 。

则该批货物的基准价 B 可表示为

$$B = A_1 \times (1 - c) \quad (3)$$

式中， c 为下浮比例系数，且对于连续两批货物 c 值可调，例如在 2014 年第一批货物中下调指数 $c = 3\%$ ，而在同年第二批货物中，下调指数 $c = 5\%$ 。 c 通常取 0.03, 0.05, 0.10, 0.15 等值。

对于投标公司，其价格得分可以通过公式 (4) 计算：

$$DF = \begin{cases} 100 \times (B/P)^n, & P \geq B \\ 100 \times (P/B)^m, & P < B \end{cases} \quad (4)$$

式中， P 为投标人的评分总价， n 和 m 为减分速率，通常 $n = 1.5, m = 0.6$ 。

由公式 (4) 可以看出，当投标人的评分总价接近于基准价 B 时，其价格得分越高。其中 m 和 n 分别控制投标价格分别低于和高于基准价时的下调速率，通过合理选择 m 和 n ，当两个报价 $P_1 - B (P_1 > B) = B - P_2 (P_2 < B)$ 时， P_2 的价格得分将

高于 P_1 。

2.2 参数变化对报价得分的影响

下面分别讨论 c 、 m 和 n 三个参数对投标公司价格得分的影响。我们假定投标公司的报价保持不变，采用控制变量法来讨论每个参数的影响。

(1) 改变下浮比例系数

在讨论 c 的影响时，我们假定 m 和 n 的取值保持不变，在所有的历史数据中任取一包进行测试，讨论 c 取不同值时，每个投标公司价格得分的变化情况。实验中，我们选取的是 2014 年第一批货物中第 47 包投标情况， $m = 0.6, n = 1.5, c = 0.01:0.01:0.20$ 。投标公司在不同 c 下的价格得分情况如图 1 所示。

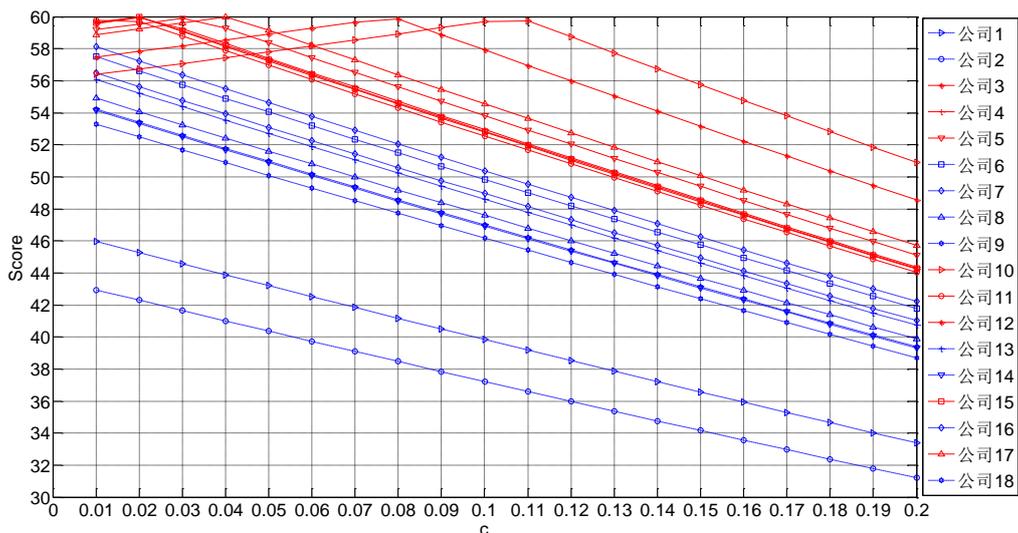


图 1 不同 c 下投标公司价格得分情况

通过分析图 1 我们可以得出以下结论：

- 下调指数 c 变化将会导致本次投标中基准价的变化。当 c 增大时，基准价下降，且呈现线性关系，这由公式 (3) 可以看出；
- 假定随着 c 的增加，每个投标公司的报价保持不变，可以看出，对于报价小于当前基准价的公司（图 1 中 $c = 0.01$ 时红色曲线对应的公司），它们的价格得分将呈现先增加后减小的趋势；当基准价下降至该公司的报价时，该公司的评分将达到最高，即 60 分；过完该峰值点，该公司的价格得分将不断下降。同时，我们可以推断，在 c 取值范围允许的情况下，报价相对较小的公司的价格得分最终会超过报价相对较高的公司的价格得分。
- 假定随着 c 的增加，每个投标公司的报价保持不变，可以看出，对于报价大于当前基准价的公司（图 1 中 $c = 0.01$ 时蓝色曲线对应的公司）其价格得分将不断下降。
- 价格得分与下降指数呈现近似线性变化关系。
- 不同报价公司价格得分增加或下降的斜率近似相等。

(2) 改变减分速率 n

在讨论 n 的影响时，我们假定 m 和 c 的取值保持不变，在所有的历史数据中任取一包进行测试，讨论 n 取不同值时，每个投标公司价格得分的变化情况。实验中，我们选取的是 2014 年第一批货物中第 47 包投标情况， $m = 0.6$ ， $c = 0.03$ ， $n = 1.00:0.10:3.00$ 。投标公司在不同 n 下的价格得分情况如图 2 所示。

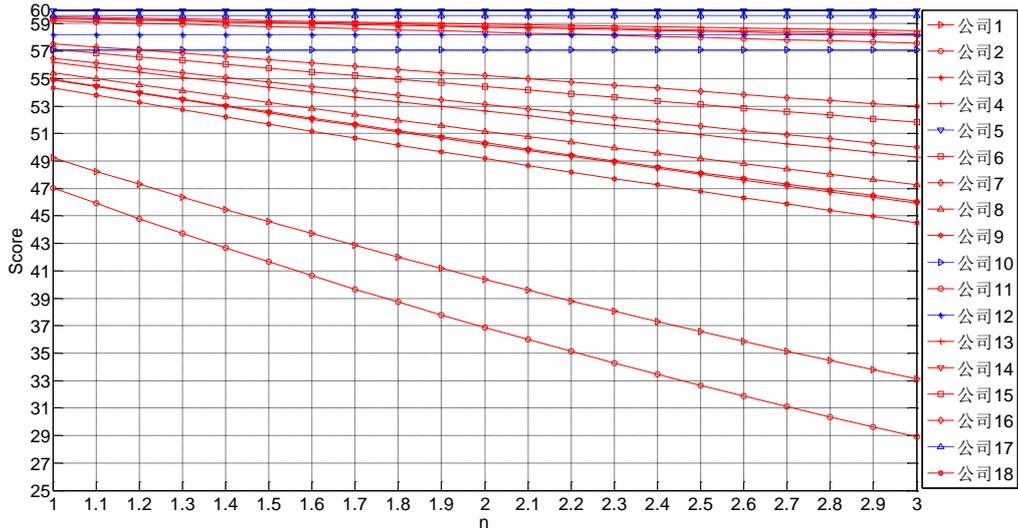


图 2 不同 n 下投标公司价格得分情况

通过分析图 2 我们可以得出以下结论：

- n 变化只会影响投标报价高于当前基准价的公司价格得分（图 2 中红色曲线对应的公司），且随着 n 的增大，价格得分不断下降。投标报价低于当前基准价的公司（图 2 中蓝色曲线对应的公司）价格得分保持不变。
- 随着 n 的增大，投标报价与基准价偏差越大的公司其价格得分下降的速率越快，从图 2 中红色曲线的斜率可以看出。

(3) 改变减分速率 m

在讨论 m 的影响时，我们假定 n 和 c 的取值保持不变，在所有的历史数据中任取一包进行测试，讨论 m 取不同值时，每个投标公司价格得分的变化情况。实验中，我们选取的是 2014 年第一批货物中第 47 包投标情况， $n=1.5$ ， $c=0.03$ ， $m=0.10:0.05:1.00$ 。投标公司在不同 m 下的价格得分情况如图 3 所示。

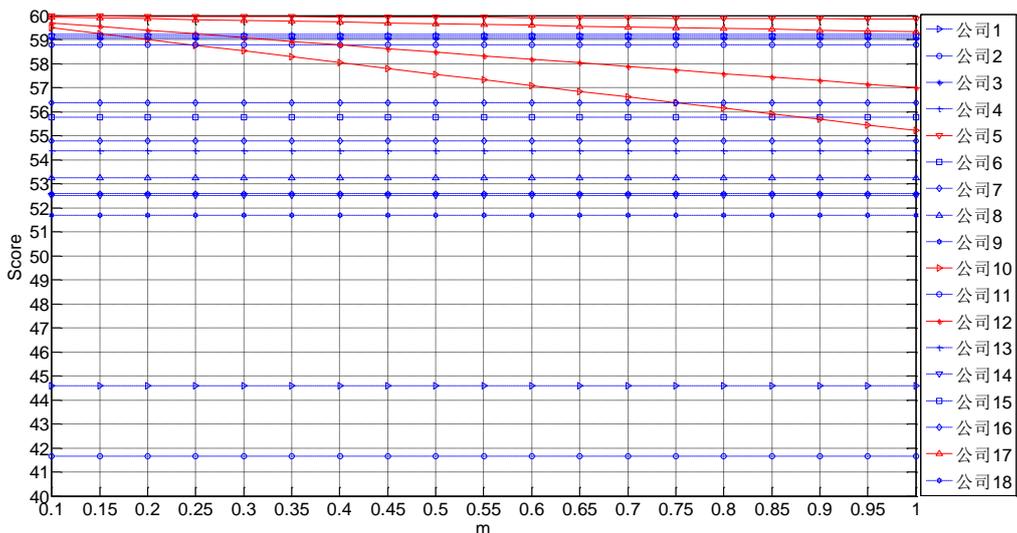


图 3 不同 m 下投标公司价格得分情况

通过分析图 3 我们可以得出以下结论：

- m 变化只会影响投标报价低于当前基准价的公司价格得分（图 3 中红色曲线对应的公司），且随着 m 的增大，价格得分不断下降。投标报价高

于当前基准价的公司(图 3 中蓝色曲线对应的公司)价格得分保持不变。

- 随着 m 的增大, 投标报价与基准价偏差越大的公司其价格得分下降的速率越快, 从图 3 中红色曲线的斜率可以看出。

(4) 同时改变减分速率 m 和 n

此处, 我们假定下降指数 c 保持不变, 改变减分速率 m 和 n 的取值, 判断每个投标公司价格得分的变化情况。实验中, 我们选取的是 2014 年第一批货物中第 47 包投标情况, 假定 $c = 0.03$, $m = 0.10:0.05:1.00$, $n = 1.00:0.10:3.00$ 。得到所有投标公司价格得分情况如图 4 所示。

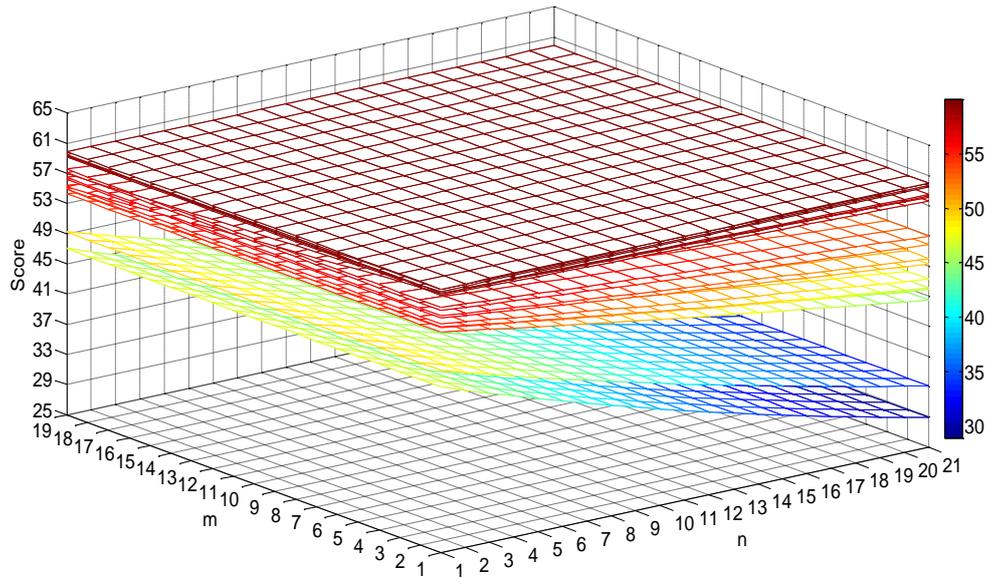


图4 同时改变 m 和 n 对报价得分的影响

- 当投标公司的报价大于基准价时, 公司的得分只受 n 的影响, 如图 5 所示。

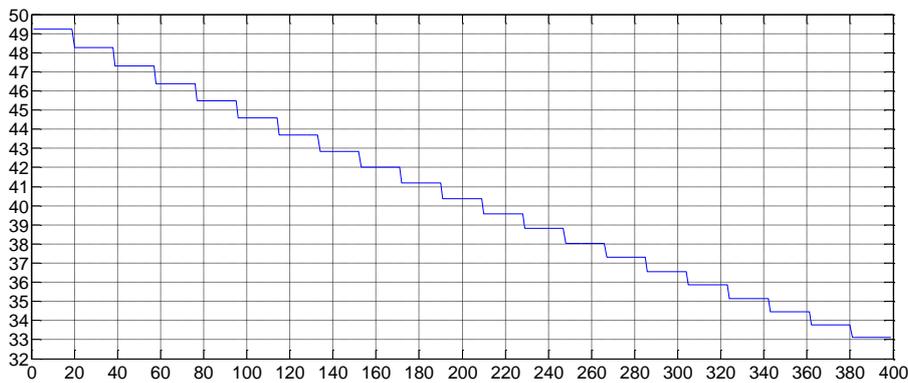


图 5 报价大于基准价时报价得分与减分速率变化关系

图中, 随着 n 的不断增加, 投标公司的报价得分不断下降。阶梯的个数代表了 m 的取值个数。

- 当投标公司的报价小于基准价时, 公司的得分只受 m 的影响, 如图 6 所示。

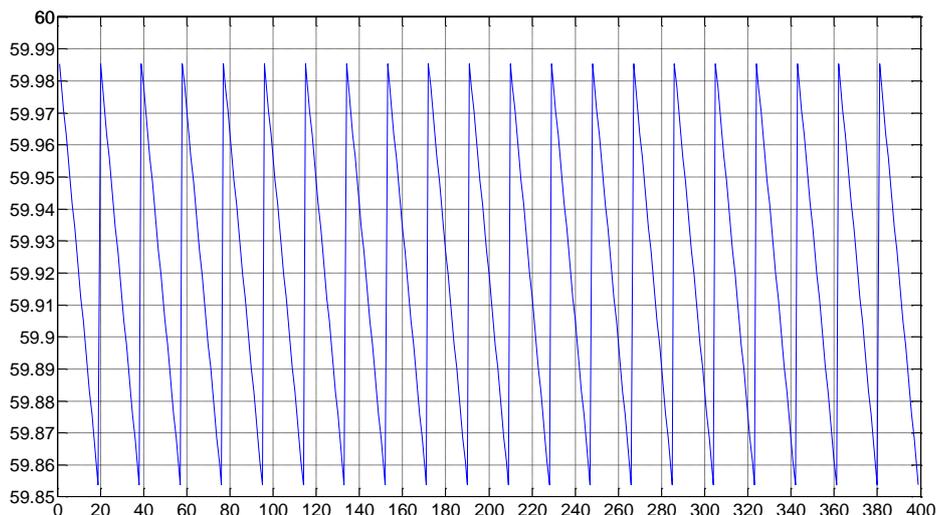


图 6 报价小于基准价时报价得分与减分速率变化关系

图中，随着 m 的增加，投标公司的报价得分不断下降，下降的个数代表了参数 n 的取值个数。

考虑区间平均下浮双边曲线算法本身的特点，对于指导投资公司进行合理的报价具有重要意义。下面给出几条参考建议：

- 理性的投标方的报价应当适中，过高或过低的报价都不利于获得较高的得分。原则上，报价越接近基准价得分越高，从较低侧趋于基准价的报价得分比同等条件下从较高侧趋于基准价的报价得分要高。
- 当下调指数 c 下降时，投标方应当在原来报价的基础上适当提高报价以期获得更高的报价得分；同理，当下调指数 c 上升时，投标方应当在原来报价的基础上适当降低报价以期获得更高的报价得分。
- 当下调指数 n 上升时，若投标方的报价高于基准价（根据待投标物品的种类和数量，通过公司的历史报价情况数据进行估计），则此时投标方可以在原来报价的基础上适当降低报价以期获得更高的报价得分。同理，当下调指数 n 下降时，若投标方的报价高于基准价，则此时投标方可以再原来报价的基础上适当提高报价以期获得更高的报价得分。
- 当下调指数 m 上升时，若投标方的报价低于基准价（根据待投标物品的种类和数量，通过公司的历史报价情况数据进行估计），则此时投标方可以在原来报价的基础上适当降低报价以期获得更高的报价得分。同理，当下调指数 m 下降时，若投标方的报价高于基准价，则此时投标方可以再原来报价的基础上适当提高报价以期获得更高的报价得分。

3. 模型假设

- (1) 由于技术、商务方面实力基本相当，价格得分第一的厂商中标；
- (2) 假设在同一批招标行为中，参与模型有效数据的厂商固定；
- (3) 假设投标厂商在同一批招标商品不同包中，同类商品报价的单价固定；
- (4) 假设投标厂商的标价均在有效报价区间内；
- (5) 假设当前的投标货物理想基准单价矢量仅与前一次的单价矢量和前后

两次的下浮系数及减分速率有关；

4. 模型的建立和求解

4.1 模型说明

随着社会的发展，招标投标行为变得越来越大型化、复杂化和系统化，从而给企业招标决策提出了新的挑战。如何有效的建立投标报价模型，直接关系到企业的经济效益，事关重大，每个企业都不得不引起重视，并采取合适方法调整在招标过程中的投标报价。

国家电网在 2013 年至 2015 年期间，每年举行 6 批电容器货物的招标活动，每批又分为若干数量不等的包，不同包中又包含规格、数量不同的电容器，每年参加投标的厂商基本固定，主要厂家有 17 家左右，具体如表 4-1 所示。

表 4-1 参加投标厂商编号及列表

编号	简称	全称
1	顺容	广东顺容电气有限公司
2	桂容	桂林电力电容器有限责任公司
3	合容电气	合容电气股份有限公司
4	中原	河南省豫电中原电力电容器有限公司
5	恒顺	青岛市恒顺电气股份有限公司
6	日新	日新电机(无锡)有限公司
7	迪生	山东迪生电气股份有限公司
8	泰开	山东泰开电力电子有限公司
9	库柏	上海库柏电力电容器有限公司
10	思源	上海思源电力电容器有限公司
11	永锦	上海永锦电气集团有限公司
12	上虞	上虞电力电容器有限公司
13	苏州	苏州电力电容器有限公司
14	赛晶	无锡赛晶电力电容器有限公司
15	ABB	西安 ABB 电力电容器有限公司
16	西容	西安西电电力电容器有限责任公司
17	新东北	新东北电气集团电力电容器有限公司

本模型以合容电气公司为例，选取了 2013 年第 5 批到 2014 年第 3 批共 418 包数据作为研究对象，建立了该公司在招标过程中的投标模型。由于各批次中部分包存在数据“异常”现象，在训练模型时，仅考虑不含异常数据的有效数据包。不同批次电容器货物的总包数、有效包数及编号分配如表 4-2 所示。

表 4-2 参加投标厂商编号及列表

批次	总包数	有效包数	编号
2013 第五批	68	33	1-33
2013 第六批	75	43	34-76
2014 第一批	182	134	77-210
2014 第二批	187	85	211-295
2014 第三批	153	123	296-418

为了简化问题，提高数据的有效性，定义异常数据包为包含满足以下特征之一的数据包：

- 1) 含有电容器电压不是 10kV 的数据包；
- 2) 含有集合式或单台电容器的数据包；
- 3) 含有未标明设备总功率的数据包；
- 4) 含有不在模型所述 17 家厂商投标的数据包；
- 5) 含有未给出报价的数据包；

4.2 报价模型

设 $a_{i,j,k}$ 表示为第 i 批招标行为中，第 j 包 k 类电容器的数量， $x_{s,i,j,k}$ 表示为 s 在对第 i 批招标 j 包 k 类电容器报价的单价，其中 $0 \leq s \leq N_i$, $0 \leq i \leq 5$, $0 \leq j \leq M_i$, $0 \leq k \leq 38$ ，其中 N_i 表示参与第 i 批招标行为的厂商数， M_i 表示参与第 i 批招标行为中的招标有效包数。

假设投标厂商在第 i 批招标商品的包中，同类商品报价的单价固定，令该单价为 $x_{s,i,k}$ ，可表示如下：

$$x_{s,i,k} = x_{s,i,j_1,k} = x_{s,i,j_2,k} \quad (5)$$

对于厂商 s 而言，在第 i 批招标时，对 j 包中不同类型电容器数量 $a_{i,j,k}$ 、单位电容器报价 $x_{s,i,j,k}$ ，招标总报价 $p_{s,i,k}$ 满足以下关系：

$$\begin{cases} a_{i,1,1}x_{s,i,1} + a_{i,1,2}x_{s,i,2} + \cdots + a_{i,1,38}x_{s,i,38} = p_{s,i,1} \\ a_{i,2,1}x_{s,i,1} + a_{i,2,2}x_{s,i,2} + \cdots + a_{i,2,38}x_{s,i,38} = p_{s,i,2} \\ \vdots \\ a_{i,M_i,1}x_{s,i,1} + a_{i,M_i,2}x_{s,i,2} + \cdots + a_{i,M_i,38}x_{s,i,38} = p_{s,i,M_i} \end{cases} \quad (6)$$

令商品数量矩阵为 $A_i = \begin{bmatrix} a_{i,1,1} & a_{i,1,2} & \cdots & a_{i,1,38} \\ a_{i,2,1} & a_{i,2,2} & \cdots & a_{i,2,38} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{i,M_i,1} & a_{i,M_i,2} & \cdots & a_{i,M_i,38} \end{bmatrix}$ ，标价单价矢量 $\vec{x}_{s,i} = \begin{bmatrix} x_{s,i,1} \\ x_{s,i,2} \\ \vdots \\ x_{s,i,38} \end{bmatrix}$ ，

货物标价矢量为 $\vec{p}_{s,i} = [p_{s,i,1} \quad p_{s,i,2} \quad \cdots \quad p_{s,i,M_i}]^T$ ，故上述方程组可表示为：

$$A_i \vec{x}_{s,i} = \vec{p}_{s,i} \quad (7)$$

第 i 批 k 包招标的算术平均值可以表示为:

$$\bar{p}_{i,k} = \frac{1}{N_i} \sum_{s=1}^{N_i} p_{s,i,k} \quad (8)$$

假设 N_i 个投标厂商的标价均在有效报价区间内, 即有效报价算术平均可以表示为:

$$\bar{p}_{1i,k} = \bar{p}_{i,k} \quad (9)$$

设价格下浮比例为 a_i , 则该包商品的基准价 $b_{i,k}$ 可表示为:

$$b_{i,k} = (1 - a_i) \bar{p}_{1i,k} \quad (10)$$

根据区间平均下浮双边曲线算法, 则可以求得厂商 s 在第 i 批招标过程中对 k 包货物进行投标的得分 DF 为:

$$DF = \begin{cases} 100 \times (b_{i,k} / p_{s,i,k})^n, & p_{s,i,k} \geq b_{i,k} \\ 100 \times (p_{s,i,k} / b_{i,k})^m, & p_{s,i,k} < b_{i,k} \end{cases} \quad (11)$$

已知在评标办法中, 技术、价格、商务占的比例分别为 30%、60%、10%, 且假定各参评厂家技术、商务差距不大, 可以忽略不计, 即厂商 s 的实际得分为 DF' :

$$DF' = \begin{cases} 60 \times (b_{i,k} / p_{s,i,k})^n, & p_{s,i,k} \geq b_{i,k} \\ 60 \times (p_{s,i,k} / b_{i,k})^m, & p_{s,i,k} < b_{i,k} \end{cases} \quad (12)$$

由于在不同招标批次 i 中, s 公司对不同包货物保价的单价矢量均为 $\vec{x}_{s,i}$, 假设所有公司在不同招标批次中, 对货物保价的单价矢量保持不变。

另外, 定义 \vec{x}'_i 为第 i 批招标过程中对货物理想基准单价矢量, 所谓理想基准单价矢量就是满足厂家最优报价时对应的货物基准单价矢量。

故对于第 i 批次招标而言, 货物理想基准单价矢量满足一下关系:

$$A_i \vec{x}'_i = \vec{b}_i \quad (13)$$

其中, $\vec{b}_i = [\vec{b}_{i,1} \quad \vec{b}_{i,2} \quad \cdots \quad \vec{b}_{i,M_i}]^T$ 表示第 i 批招标过程中对货物理想基准价矢量。

对于第 i 次招标而言 ($0 \leq i \leq 5$), 货物的理想基准单价矢量 \vec{x}'_i 可以由上式的极小范数最小二乘解近似。

由于对实际的数据而言，上述方程组有可能是不可相容的，因此我们采用利用 Moore-Penrose 广义逆矩阵来求解 $A_i \vec{x}'_i = \vec{b}_i$ 的最小二乘解，其同解可表示为：

$$\vec{x}_i^* = A_i^+ \vec{b}_i + (I_n - A_i^+ A_i) t, \quad (t \in R^n) \quad (14)$$

我们取其中的极小范数最小二乘解作为第 i 批招标过程中对货物理想基准单价矢量的近似解：

$$\vec{x}'_i \approx \vec{x}_i^{**} = A_i^+ \cdot \vec{b}_i \quad (15)$$

定义最小二乘解的剩余范数（均方误差）为：

$$e_i = \|A_i \vec{x}_i^{**} - \vec{b}_i\|_2 \quad (16)$$

设货物的最高限价矢量为 \vec{x}_0 ，为了减小误差受货物单价的影响，因此采用货物的最高矢量对剩余范数进行归一化处理，故定义货物理想基准单价矢量估计误差为 e'_i 。

$$e'_i = \frac{\|A_i \vec{x}_i^{**} - \vec{b}_i\|_2}{\|\vec{x}_0\|_2} \quad (17)$$

由报价得分公式可知，厂家报价越接近基准价，即货物单价矢量越接近基准单价矢量，报价的得分越高，因此最优的报价为

$$\vec{p}'_i = A_i \vec{x}_i^{**} \quad (18)$$

假设第 i 批的投标货物理想基准单价矢量 \vec{x}'_i 仅与前一次的单价矢量 \vec{x}'_{i-1} 和前后两次的下浮系数 a_i 及减分速率 m_i 、 n_i 有关，且满足以下函数关系：

$$\vec{x}'_{i+1} = F(\vec{x}'_i, a_i, m_i, n_i, a_{i+1}, m_{i+1}, n_{i+1}) \quad (19)$$

下面采用多项式拟合的方式对 2013 年第 5 批到 2014 年第 3 批（共 5 批）的数据按照上述公式进行线性拟合，得出通过 \vec{x}'_{i+1} 对 \vec{x}'_i 进行预测的关系表达式为：

$$\vec{x}'_{i+1} = (-8.5a_{i+1} + 0.2507m_{i+1} + 0.8164n_{i+1}) \cdot \vec{x}'_i \quad (20)$$

依据第 $i+1$ 批的货物理想基准单价矢量的预测值，以及第 $i+1$ 批货物的数量矩阵 A_{i+1} ，则可对第 $i+1$ 批货物的 M_i 个包进行报价，货物的最优报价矢量：

$$\vec{p}'_{i+1} = A_{i+1} \vec{x}'_{i+1} \quad (21)$$

在通过已有 5 批数据进行最小二乘求解货物理想基准单价矢量的近似解时的估计误差为分别如下表所示：

表 4-3 理想基准价矢量估计误差

批次	1	2	3	4	5
误差	0.5591	1.0806	1.1106	0.3793	1.7379

下面分别给出利用上述报价模型，对合容电气公司 2013 年第 5 批到 2014 年第 3 批的招标方案进行报价的获得前三的实际结果、滤波结果和预测结果：

表 4-3 样本数据中合容电气公司竞标排名的实际结果

批次/次数	排名第一	排名第二	排名第三
1	3	3	4
2	1	7	2
3	14	12	8
4	5	10	8
5	2	5	3

表 4-3 样本数据中合容电气公司竞标排名的滤波结果

批次/次数	排名第一	排名第二	排名第三
1	6	7	4
2	6	8	6
3	17	20	12
4	25	16	8
5	18	14	13

表 4-3 样本数据中合容电气公司竞标排名的预测结果

批次/次数	排名第一	排名第二	排名第三
1	/	/	/
2	4	3	2
3	11	7	8
4	10	3	8
5	25	22	16

下面对第 5 批的数据在三种情况下前三名所占比率进行比较：

表 4-3 模型预测与公司预测前三名所占比率比较

	排名	设计的包数	总包数	比率%
原报价	排名前三	10	123	8.13
	排名前二	5	123	4.07
	排名第一	2	123	1.6
滤波结果	排名前三	45	123	36.6
	排名前二	32	123	26.02

	排名第一	18	123	14.63
预测结果	排名前三	63	123	51.22
	排名前二	47	123	38.21
	排名第一	25	123	20.33

下面分别给出利用上述报价模型，对合容电气公司 2014 年第 4 批以下指定各包的具体报价：包 24，包 29，包 41，包 42，包 57，包 62，包 66，包 71，包 74，包 76，包 84，包 87。

表 4-3 对合容电气公司 2014 年第 4 批指定包的报价预测

包数	预测报价
24	73.9064036
29	72.3397596
41	70.4279321
42	57.0730921
57	144.332171
62	53.5101382
66	105.445476
71	69.5500181
74	17.3295511
76	87.3621772
84	103.315471
87	122.930122

4.3 关于该招标方法改革的建议

通过对国家电网招标方案的特点进行全面分析，我们给出了几条招标方法改革方面的建议，具体如下：

(1) 根据区间平均下浮双边曲线算法的特点，在一次招标过程中，国家电网会接受最接近于基准价的报价方案，也就意味着国家电网接受的不是所有报价方案的最低报价，这也等价于成本增加。从这个角度来看，建议可以考虑选用类似于“最低价评标价法”模型以节约成本。

(2) 从国家电网现行的招标方案来看，投标方在技术、价格、商务占的比例分别为 30%、60%、10%，可以看作是价格主导型方案。依照前文的分析，投标方报价越准意味着价格得分就越高，可能导致该投标方即便在技术、商务不占优势的情况下仍然可能中标。从这个角度来看，国家电网可以适当分配技术、价格、商务的权重，以达到综合考量投标方的目的。

(3) 选用现行模型，当一次竞标过程中投标方较少时，若存在两家或多家投标方联合投标——某家以接近最高限价或以很低的投标价进行投标，将会直接影响有效区间的波动，进而影响到基准价以及其余投标方的价格评分。从这个角度来看，建议选取合适的招标模型，能够考虑到投标方的恶意联合投标问题。

(4) 双边曲线算法在基准价时利用的是报价位于区间 $[0.8A, 1.15A]$ 投标方

的数据计算均值。在对投标方的报价模型进行建模的过程中，我们发现经常会出现位于区间内的报价数目很少，可能导致基准价与中标方的报价有很大的差距。从这个角度来看，如何选择合适的区间来避免该情况的发生，是招投标方法改革过程中可以考虑的一个问题。

5. 模型总结与展望

5.1 工作总结

5.1.1 模型的优点

(1) 通过对历史上不同批次投标报价模型进行分析，考虑连续两批次报价之间的相互关系，通过利用前一批次的数据和下调指数参数直接预测下一批次中各物品的单价，进而为投标方提供合理的参考报价。实验结果表明，通过此模型得出的报价可以显著提高投标方的中标率。

(2) 本文所建立的模型在历史数据足够充分的情况下精度很高，进而可以很好地预测待求下一批次中所有物品的单价，给出合理的参考报价。

5.1.2 模型的缺点

(1) 该模型存在的主要问题是如果前一批次中未存在的某类物品在当前批次需要预测其单价，此时模型将不能给出合理的预测值。

(2) 该模型仅适用于相邻批次货物间的投标模型。

5.2 工作展望

(1) 本文建立的模型仅仅考虑通过前一批次的历史数据来预测当前批次中物品的单价，在后续的工作中，可以考虑利用之前的多批次数据来对当前批次中物品的价格进行估计，理论上具有更好的估计精度。

(2) 由于本文能够利用到的数据有限，后续工作中，可以考虑充分利用足够数量的历史数据包对报价模型进行学习，提高模型的准确性，以达到提高投标方中标率的目的。

参考文献

- [1] 冯卫兵. 非合作模式下动态下浮比例连续批次投标报价模型. 西安科技大学学报. 2015,35(4):505-510.
- [2] 袁林, 王永县, 朱涛. 面向复杂标的物的投标决策模型. 清华大学学报: 自然科学版. 2006,46(12):2053-2056.
- [3] 邓培林, 袁建新. 基于招投标博弈报价策略分析. 数学的实践与认识. 2011, 41(12):94-96.
- [4] 黎建强. 多风险因素的投标报价决策方法. 运筹与管理. 2002,11(2):1-9.
- [5] Gate M. Bidding strategies and probabilities. Journal of the Construction Division. 1967,93(1): 74-107.