

公私合作(PPP)项目范式选择的决策模型分析

——基于 SVM 分类理论

胡 振¹, 范秀芳¹, 董 清²

(1. 西安建筑科技大学管理学院, 陕西 西安 710055; 2. 西安建筑科技大学文学院, 陕西 西安 710055)

摘 要:以投资规模、VFM 和收益方式这三个因素为影响因子,应用 SVM 分类器的基本原理,构建公私合作项目范式选择的决策模型,结果表明,模型的训练准确率和预测准确率均具有较高的水平,所得模型对于政府进行公共项目公私合作的范式选择,具有较强的指导意义和操作性.

关键词:公私合作;范式选择;SVM

中图分类号:F294

文献标志码:A

文章编号:1006-7930(2012)04-0568-04

在公私合作(Public-Private Partnerships,简称 PPP)项目运作过程中,范式选择一直是公私双方关注的重点,它直接影响着项目参加主体的权利和义务,进而影响项目的投资回报.根据建设期、特许经营期内和特许经营期后这三个阶段所有权的归属不同,公私合作项目可以划分为三种基本范式(图 1),即:BTO(Build-Transfer-Operate)范式是指在全寿命周期内政府拥有项目的所有权,BOT(Build-Operate-Transfer)范式是指特许经营期内项目的所有权属于民间实体,其他阶段的所有权属于政府,BOO(Build-Own-Operate)范式是指特许经营期内和特许经营期后项目的所有权均属于民间实体^[1].

从实践来看,发达国家在推行公共项目公私合作的初级阶段,政府总是争取采用 BTO 方式,以加强项目控制.例如,日本从 1999 年开始推行公共项目公私合作,截至 2009 年 8 月,在全部 342 个 PPP 项目中,78.36% 采用 BTO 方式运作,BOT 方式仅占 15.50%,不足 BTO 方式的 1/5,BOO 以及其他复合方式也仅占 6.14%^[2].而我国公共项目公私合作则直接跨越了 BTO 范式为主这一阶段,现行项目主要采用 BOT 范式运作.截至 2005 年 8 月,我国仅污水处理厂 BOT 项目就已经达到 227 个(大部分项目处于建设中)^[3],到 2008 年 5 月,BOT 污水处理项目已经达到 448 座,在全国建成并运营的 1 408 座污水处理厂中,已占 31.8%^[4],电厂、公路 BOT 项目也较多,BTO、BOO 范式则极少采用.

在理论界,如何进行公私合作项目的范式选择,国内外很多学者从不同角度进行了研究.大西正光等(2003)以政府与民间利益的一致性为解释变量构建了公私合作运作方式选择模型,该模型表明:政府和民间利益关系越一致,越宜采用 BOT 方式;当政府和民间的利益关系对立程度很大时,采用 BOT 方式运作政府的收益会很小,采用 BTO 方式则民间收益会很小^[5];也有学者通过定性分析,提出了公共项目采用 BOT 方式运作具有较强的风险性,BOT 项目的成功运作需要具备很多客观条件,并非全部公共

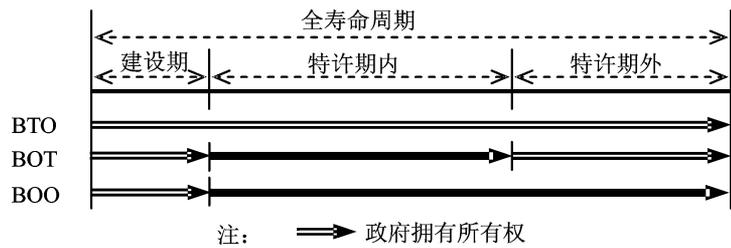


图 1 PPP 项目的基本范式

Fig. 1 The basic modes of PPP project

收稿日期:2011-11-25 修改稿日期:2012-3-27

基金项目:国家自然科学基金资助项目(70803038);陕西省重点学科建设专项资金资助项目;陕西省软科学研究计划项目(2009KRM074);陕西省教育厅专项研究计划项目(07JK073,11JK0133,11JK0119)

作者简介:胡 振(1975-),男,辽宁锦州人,博士后,副教授,研究方向为 PPP/PFI/BOT 理论及应用.

项目采用 BOT 方式运作都能获得成功,很多项目在开展过程中出现了矛盾或纠纷,最终导致政府回购^[6];Ahmed F. M. Salman 等(2007)提出了一个评估 BOT 项目可行性的数学模型,应用该模型可以帮助政府判断公共项目是否应该采用 BOT 方式开发^[7];此外,Bing Li 和 A. Akintoye 等(2005)通过问卷调研,探讨了英国建筑公司实施公私合作项目的积极因素和消极因素,明确提出节省财政支出是政府进行公共项目公私合作的一个重要原因^[8].

综上所述,目前的研究基本上是从理论上对范式选择进行了探讨,而且很多研究是针对 BOT 范式进行的,但是如何针对项目属性的不同,从实证的角度来探讨范式选择模型,在目前的研究中未能涉及,而这正是本文研究的初衷.

1 模型构建

SVM 即 Support Vector Machine 的缩写,直译为支持向量机,它是从线性可分情况下的最优分类面发展而来,是统计聚类方法发展的重要成果.SVM 的目标是为了产生一个分类器能够对未知数据进行有效分类,其基本思想是(图 2):用实心点和空心点代表两类样本, H 为分类面, H_1 和 H_2 分别为过各类中距离分类线最近的样本且平行于分类线的直线,它们之间的距离为分类间隔,这里,最优分类面是要求分类面不但能将两类正确分开,而且使分类间隔最大,如果 H_1 和 H_2 满足这一条件,通过 H_1 和 H_2 上的样本即为支持向量.

基于 SVM 进行分类,最终结果只由少数的支持向量所确定,计算的复杂性取决于支持向量的数目,而不是样本空间的维数,这就可以避免“维数灾”,少数支持向量决定最终结果,不但可以抓住关键样本、去除大量冗余样本,而且算法简单,具有较好的“鲁棒”性,增加、减少非支持向量样本对支持向量样本集没有影响,保证仿真模型具有一定的稳定性.

SVM 方法的一般表述为:

$$\text{Max}Q(\alpha) = \sum_{i=1}^n \alpha_i - \frac{1}{2} \sum_{i,j=1}^n \alpha_i \alpha_j y_i y_j K(x_i, x_j) \quad (1)$$

$$\text{s. t. } \sum_{i=1}^n y_i \alpha_i = 0 \quad (2)$$

$$0 \leq \alpha_i \leq C \quad i = 1, \dots, n \quad (3)$$

式(1)的解中所有非 0 的 Lagrange 乘子项对应的样本 x_i 构成支持矢量集,由此,可以得到 SVM 分类器的决策仿真函数为:

$$f(x) = \text{sgn} \left(\sum_{x_i \in SVs} \alpha_i * y_i k(x_i, x) + b^* \right) \quad (4)$$

其中

$$b^* = -\frac{1}{2} \sum_{x_i \in SVs} \alpha_i * y_i [k(x_r, x_i) + k(x_s, x_i)] \quad (5)$$

式中 x_r 与 x_s 是分属不同类的支持向量.核函数 $K(x_i, x_j)$ 用于内积计算,它有多种算法,本文选择高斯径向基函数,即:

$$k(x_i, x) = \exp \left[-\frac{(x - x_i)^2}{2\sigma^2} \right] \quad (6)$$

2 决策过程及结果分析

2.1 样本选择

选择日本 1999 年至 2010 年 8 月的 292 个案例为研究样本,并进行如下处理:

(1)通过观察进行样本筛选,删除过大或极端数据样本.收缩后样本数量为 280 个,其中 BOT 项目为 41 个,BTO 项目为 224 个,BOO 项目为 15 个,样本数据能够满足模型的要求;

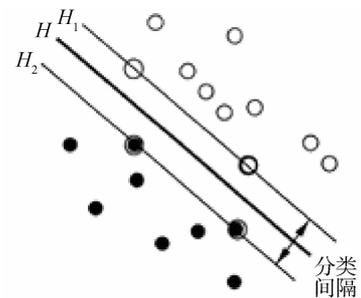


图 2 线性可分的最优分类面

Fig. 2 The optimization classification plane of linear separability

(2)影响因子选择和量化. 前期的研究成果表明,项目领域、投资规模、收益方式和 VFM 都是范式选择的影响因素^[9],其中,投资规模和 VFM(Value for Money)指标是数值型因素,而项目领域和收益方式是定性因素,因此,定性因素需要转变成数值型因素. 根据民间实体的权利义务关系,可以将服务购买型、联合型和独立运营型分别赋值为 1、2、3,数值越大,说明民间实体的权力越大,市场化越强,反之数值越小则民间实体的权力越小,市场化程度也越小. 对于项目领域这一因素,进行量化的标准较难选择,理论界也缺少权威的量化指标,为降低主观量化带来的影响,在构建仿真模型的过程中将这一因素略去. 因此,选择投资规模、收益方式和 VFM 作为模型构建的影响因子;

(3)进行数据归一化处理. SVM 模型在进行核计算过程中,会用到内积运算或 exp 运算,某个特征过大或过小,会导致在训练中起的作用不平衡,以及降低运算速度. 为了避免这一情况,需要对样本数据进行归一化处理,这可以选择传统的功效系数法进行,其公式为:

$$f_i^* = (f_i - f_{\min}) / (f_{\max} - f_{\min}) \quad (7)$$

(4)为了提高决策模型可操作性,我们首先对两种基本范式进行分类仿真和预测,然后将构建同时反映三种基本范式分类的决策模型并进行预测;为了证明模型的有效性,我们对于每一组样本数据,都进行随机选择三次,用于预测模型构建的样本与用于验证模型有效性的样本比例分别为 1:1、3:2 和 4:1,并对每一比例下的样本进行随机选择三次,以提高模型构建的精确度,相关参数图如表 1 所示.

2.2 结果分析

对经过上述处理的样本数据,选择应用 Libsvm2.9 软件进行分类仿真训练和预测. 从总体上看,除 BOT 和 BTO 两种范式之间进行的分类以外,决策模型的训练准确率和预测准确率均达到了较高的水平,例如,在 BTO 与 BOT 两种范式分类训练模型的样本数据为 50%、66.67% 和 80% 这三种情况下,平均训练准确率为 86.29%、86.60% 和 86.76%,平均预测准确率分别为 83.95%、84.53% 和 84.85%. 将三种范式中的两种合并与另外一种范式进行分类,其决策模型也显示了较好的准确率. 只有 BOT 和 BTO 两种范式分类模型的平均训练准确率和平均预测准确率低于其他范式分类决策模型,其原因主要是样本数据较少,如果提高其样本数,准确率应会相应提高.

表 1 决策模型的主要参数

Tab. 1 The main parameters of decision model

分类	主要参数 (%)	50%样本训练、50%样本测试			66%样本训练、34%样本测试			80%样本训练、20%样本测试		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
BTO 与 BOT	CV	87.878 8	86.259 5	84.732 8	85.227 3	88.135 6	86.440 7	86.432 2	85.929 6	87.939 7
	Accuracy	84.962 4	82.575 8	84.328 4	85.393 3	82.954 5	85.227 3	86.363 6	86.363 6	81.818 1
BTO 与 BOO	CV	95.833 3	97.479 0	96.666 7	95.597 5	96.250 0	97.484 3	95.530 7	96.089 4	97.206 7
	Accuracy	96.638 7	94.915 3	95.798 3	97.5	96.202 5	93.750 0	95.000 0	96.666 7	93.333 3
BOT 与 BOO	CV	71.428 6	78.571 4	79.310 3	78.378 4	72.973 0	78.947 4	76.190 5	76.190 5	80.952 4
	Accuracy	75.000 0	71.428 6	70.370 4	68.421 1	73.684 2	61.111 1	71.428 6	78.571 4	64.285 7
BTO、BOT 与 BOO	CV	80.714 3	83.453 2	82.142 9	81.182 8	83.422 5	82.352 9	82.381 0	91.904 8	84.761 9
	Accuracy	81.428 6	76.978 0	81.428 6	79.787 2	77.419 4	80.645 2	81.428 6	82.857 1	75.714 3
BTO 与 (BOT+BOO)	CV	85.000 0	87.050 4	85.000 0	80.645 2	86.096 3	86.096 3	84.761 9	84.761 9	86.666 7
	Accuracy	82.142 9	82.014 4	84.285 7	89.361 7	81.720 4	81.720 4	85.714 3	84.285 7	77.142 9
(BTO+BOT) 与 BOO	CV	87.142 9	85.611 5	85.714 3	85.483 9	86.096 3	85.026 7	85.238 1	85.238 1	85.714 3
	Accuracy	84.285 7	84.892 1	85.000 0	85.106 4	80.645 2	86.021 5	85.714 3	85.714 3	81.428 6
(BTO+BOO) 与 BOT	CV	95.000 0	95.683 5	95.000 0	95.161 3	94.652 4	96.791 4	95.238 1	96.190 5	94.761 9
	Accuracy	95.000 0	92.805 8	93.571 4	95.744 7	94.623 7	91.397 8	94.285 7	95.714 3	94.285 7

说明:CV 表示训练准确率;Accuracy 表示预测准确率.

3 结 论

本文以日本公私合作案例为样本,以投资规模、VFM 和收益方式为影响因子,应用 SVM 分类器的

基本原理,构建公共项目公私合作三种基本范式选择的决策模型,结果表明,模型的训练准确率和预测准确率均具有较高的水平,所得模型对于政府进行公共项目公私合作的范式选择,具有较强的指导意义和操作性。

参考文献 References

- [1] 胡 振, 刘 华, 金维兴. PPP项目范式选择与风险分配的关系研究[J]. 土木工程学报, 2011, 44(9): 139-146.
HU Z, LIU H, JIN W X. Study of the relationship between PPP project mode and risk allocation[J]. China Civil Engineering journal, 2011, 44(9): 139-146.
- [2] 日本PFI/PPP协会. PFI年鉴[M]. 东京: 日本PFI/PPP协会, 2010.
Japan PFI/PPP institute. Japan PFI yearbook[M]. Tokyo: Japan PFI/PPP institute, 2010.
- [3] 长 杪, 林 挺. 我国城市污水处理厂BOT项目建设现状分析[J], 给水排水, 2006(2):101-106.
CHANG M, LIN T. The analysis of the status Quo of the urban sewage treatment plant BOT project construction [J]. Water & Wastewater Engineering, 2006(2):101-106.
- [4] 陈炳泉, 侯祥朝, 许叶林, 等. PPP污水处理项目关键风险因素探讨——泉州某污水处理项目实践[J]. 建筑经济, 2009(4): 40-43.
CHEN B Q, HOU X C, XU Y L, et al. Analysis of critical risk factors for PPP sewage treatment projects based on a sewage treatment project in Quanzhou[J]. Construction Economy, 2009(4): 40-43.
- [5] 大西正光, 坂东弘, 小林潔司. PFI项目形态选择的理论研究[C]. 第27届土木计划学研究发表会. 2003.
ONISHI M, BANDO H, KOBAYASHI K. Theoretical analysis of the ownership structure in PFI Projects[C]. 27th Civil Engineering Plan Subject Research and Conference, 2003.
- [6] 亓霞, 柯永建, 王守清. 基于案例的中国PPP项目的主要风险因素分析[J]. 中国软科学, 2009(5): 107-113.
QI X, KE Y J, WANG S Q. Analysis on critical risk factors causing the failures of China's PPP project[J]. China Soft Science Magazine, 2009(5): 107-113
- [7] LI B, AKINTOYE A, EDWARDS P J, HARDCASTLE C. Perceptions of positive and negative factors influencing the attractiveness of PPP/PFI procurement for construction projects in the UK[J]. Construction and Architectural Management, 2005, 12(2): 125-148;
- [8] SALMAN A F M, SKIBIEWSKI M J, BASHA I. BOT viability model for large-Scale infrastructure projects[J]. Journal of Construction Engineering and Management, 2007, 1: 50-64;
- [9] 胡 振. 公私合作项目范式选择研究——以日本案例为研究对象[J]. 公共管理学报, 2010, 7(3): 113-121.
HU Z. Study of mode selection of public-private partnerships(PPP)projects——a case study of Japan[J]. Journal of Public Management, 2010, 7(3): 113-121.

Decision-making model of public-private partnerships projects' paradigm choice —— based upon the SVM classified theory

HU Zhen¹, FAN Xiu-fang¹, DONG Qing²

(1. School of Management, Xi'an University of Architecture & Technology, Xi'an 710055;
2. School of Language, Xi'an University of Architecture & Technology, Xi'an 710055)

Abstract: For the purpose of constructing the decision-making model of public-private partnerships projects' paradigm choice, three factors are taken into account: investment scale, VFM and yield basis as the impact factor. By applying the basic principle of SVM classifier, the outcome demonstrated that the disciplinary accuracy and predicted accuracy of the model all have higher level and such model also had strong instructive meaning and operability in terms of the decision-making model of public-private partnerships projects' paradigm choice for the government.

Key words: public-private partnerships, paradigm choice, SVM