

# 区间计量方法及其在油价预测中的应用研究

李红权<sup>1,2</sup>

LI Hong-quan<sup>1,2</sup>

1.湖南师范大学 商学院 金融系,长沙 410081

2.中国科学院 数学与系统科学研究院,北京 100190

1.School of Business, Hunan Normal University, Changsha 410081, China

2.Academy of Mathematics and Systems Science, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China

LI Hong-quan. Application of interval econometrics for crude oil price forecasting. *Computer Engineering and Applications*, 2010, 46(6): 23-25.

**Abstract:** The classical econometrics models and forecasting methods based on point data have poor forecasting quality because those models might neglect the important interval information of the price movement. A new interval method based on interval computing and interval econometrics to predict crude oil prices is applied. Compared with the confidence interval forecasts based AR-GARCH model, the interval econometrics method yields more accuracy ratio and much less forecast error. This study validates the interval econometrics method, and uncovers the important application to economic issues.

**Key words:** interval computing; interval econometrics; interval forecasting; crude oil future's prices

**摘要:**经典的计量经济学建模与预测方法是基于点数据的,忽略了区间内价格波动的大量信息,因而预测效果欠佳。引入区间计算与区间计量方法,应用于国际原油期货价格的预测,研究表明:相对于经典 AR-GARCH 模型的置信区间预测结果,区间计量方法的预测结果具有更高的准确度与更小的预测误差。研究证实了区间计算与区间计量方法的优越性,并揭示了在经济领域的重要应用价值。

**关键词:** 区间计算; 区间计量; 区间预测; 原油期货价格

DOI: 10.3778/j.issn.1002-8331.2010.06.007 文章编号: 1002-8331(2010)06-0023-03 文献标识码: A 中图分类号: TP391

## 1 引言

对重要经济变量包括国际大宗商品如原油、铜、铝等的预测具有重要意义。在经济开放与经济全球化的大背景下,主要的经济与金融变量如利率、汇率、金融资产价格等处于不断波动的状态,特别是近几年大宗商品价格如原油价格的大幅波动对于我国的影响尤为显著,科学的预测结果对于政府或企业的经济决策有着重要的支持作用。然而,传统的经济建模预测都是基于点估计的,如经典的 ARMA、VAR、GARCH 模型等,价格波动区间则通过经济计量学的置信区间得到。例如,预测国际原油期货价格通常的处理方法是:通过搜集原油期货的收盘价信息得到原始的价格序列或再经过一阶差分得到收益率序列,然后对点数据序列进行建模与预测。点数据如常用的收盘价仅仅是一个时点上的资产价格取值(观测点),没用充分利用大量的日内价格信息(样本区间),这将导致信息与效率的损失。另外,通过点估计的置信区间(常用 95% 的置信区间)得到的未来价格波动幅度和现实中的价格变动区间也有本质上的不同。基于点估计的预测方法在实际中的应用效果也强差人意,急需改进<sup>[1-2]</sup>。

基于以上原因以及考虑到多数经济变量都是以区间的形式存在,一个直观的解决思路就是直接以区间作为研究对象,输入变量的变化区间,通过区间计算与区间计量方法得到预测值(以区间的形式)<sup>[3-4]</sup>。区间计算的思想最早可以追溯到 20 世纪 30 年代,系统的理论体系则诞生于 1966 年,其标志是国际著名的计算数学专家 R.E. Moore 出版的专著《区间分析》,自此以后区间计算在数学、计算机、物理、工程等领域获得了广泛的应用。然而,在经济领域的应用却比较滞后,直到最近几年才有发展, Hu et al<sup>[5-6]</sup>在区间计算的基础上提出了区间计量建模方法,并应用于利率、股价波动的分析,取得了满意的预测效果。

受以上研究工作的启发,引入区间计算与区间计量方法,并应用于国际原油期货价格的波动预测,以期取得较好的预测效果,为相关经济主管部门以及企业的石油进出口策略与投资分析提供科学的决策依据。

## 2 区间计算与区间计量方法

### 2.1 区间变量以及区间计算问题

在实际中,经济变量多以区间的形式出现,比如收入水平、

**基金项目:**国家自然科学基金委员会优秀创新研究群体基金(No.70221001);中国博士后科学基金资助项目(No.20070410648);教育部人文社会科学基金项目(No.09YJC790084);湖南师范大学社科青年学术骨干培养计划。

**作者简介:**李红权(1976-),男,博士,博士后,副教授,研究方向:计算金融学与金融复杂性。

**收稿日期:**2009-11-10 **修回日期:**2009-12-29

物价的变动、利率与汇率的浮动、股票价格波动等,如果变量是区间,那么区间变量之间的运算符号定义如下:

对任意给定的区间  $X=[\underline{x}, \bar{x}], Y=[\underline{y}, \bar{y}] \in I(R)$ , 则区间变量的四则运算为

$$X+Y=[\underline{x}+\underline{y}, \bar{x}+\bar{y}] \quad (1)$$

$$X-Y=[\underline{x}-\bar{y}, \bar{x}-\underline{y}] \quad (2)$$

$$X*Y=[\min(\underline{x}\underline{y}, \underline{x}\bar{y}, \bar{x}\underline{y}, \bar{x}\bar{y}), \max(\underline{x}\underline{y}, \underline{x}\bar{y}, \bar{x}\underline{y}, \bar{x}\bar{y})] \quad (3)$$

$$X/Y=[\underline{x}, \bar{x}] * [1/\bar{y}, 1/\underline{y}] \quad 0 \notin Y \quad (4)$$

同样也可以定义区间变量的中点  $m(X)=X_{mid}=(\underline{x}+\bar{x})/2$ , 区间变量的宽度  $W(X)=\bar{x}-\underline{x}$ , 区间变量的绝对值  $|X|=\max(|\underline{x}|, |\bar{x}|)$  等。

区间的运算结果包含了两个区间变量的所有组合进行运算的可能取值。通过区间计算得到的预测区间是各个自变量区间与其系数区间(固定系数可视为点区间)经过运算后的结果, 这个预测区间包含了大量的信息, 能够比较准确地刻画被解释变量的取值范围, 反映因变量在未来某段时间内的波动, 而不是传统预测方法中的“点取值”或“点取值的置信区间”。

### 2.2 区间计量方法及区间预测评价

传统的经济计量方法是基于点数据(局部信息)的, 不能有效地利用变量已有的全部信息集, 因而预测效果不佳。基于区间变量的建模理念则克服了传统方法的不足, 然而当变量为区间时如何从计量经济学的角度对其建模却是一个极富挑战性的问题。Hu et al 初步研究了这一问题, 提出了区间 OLS 回归等计量建模方法并开发了相应的软件包 ILS。

Hu 的“区间最小二乘方法”(ILS)的估计方法与传统“点样本”下的普通最小二乘回归方法(OLS)类似。对于区间线性方程  $M\beta=V, M$  为区间矩阵,  $\beta$  为待估系数向量,  $V$  为区间向量, 通过计算区间矩阵  $M$  和区间向量  $V$  的中点  $M_{mid}$  及  $V_{mid}$ , 可以将问题转化为传统点数据下的线性方程  $M_{mid}\beta=V_{mid}$ , 对转化之后的线性方程可以直接应用 OLS 等估计方法从而得到未知参数向量  $\beta$  的估计值。值得指出的是, 对区间矩阵  $M$  和区间向量  $V$  取中点函数值, 会损失一些有价值的信息, 如区间宽度的动态变化信息, 因而在计算预测区间时需要做宽度微调以进一步提高预测的准确度。

另外一个与之相关的问题就是如何评价区间预测的效果。由于经典的预测评价指标都是基于点估计的, 对于区间预测质量的评估, 需要开发新的评价方法与指标。

令  $SP$  为当期真实的价格变动区间即  $SP=[P_{min}, P_{max}]$ ,  $SP_{est}$  为依据历史信息对当期价格作出的预测区间即  $SP_{est}=[P_{min}^e, P_{max}^e]$ 。对于预测区间准确度的评价, 一种方式是和传统的点估计类似, 分别计算预测区间的上限与真实区间上限之间的相对误差以及预测区间的下限与真实区间下限之间的相对误差。文中, 定义区间预测的相对误差(百分比误差)为 PE(Percentage Error):

$$PE = \frac{|P_{min}^e - P_{min}|}{P_{min}} + \frac{|P_{max}^e - P_{max}|}{P_{max}} \quad (5)$$

既然  $SP$  和  $SP_{est}$  现在都是区间, 为了评价两个区间之间的误差, 参考了区间计算方面的成果。很明显, 如果两个区间之间重合的部分越多, 那么区间预测的效果越好。换句话说讲, 两个区间不重合的部分越小, 那么区间预测就越准确。理想情况下, 希望预测区间与真实区间完全一致, 预测区间不能过大(超出真

实区间的部分是冗余信息, 将误导人们的决策行为), 同时预测区间也不能过小(给出的信息量太少, 不能充分反映真实的价格变动情况)。另外, 区间预测的准确度应是有界的: 即在 0% 和 100% 之间。定义区间宽度为一个区间的上限与下限之间的差值, 两个区间之间的交集与并集的定义与数学上集合的交集并集定义一致。由此, 定义区间预测的准确度 AR(Accuracy Ratio)为:

$$\text{准确度(AR)} = \begin{cases} \frac{\omega(SP \cap SP_{est})}{\omega(SP \cup SP_{est})}, & SP \cap SP_{est} \neq \phi \\ 0, & SP \cap SP_{est} = \phi \end{cases} \quad (6)$$

在这里,  $\omega()$  是一个函数运算符号, 它返回一个给定区间的宽度。

最后, 总结区间计量分析与预测的步骤如下:

- (1) 数据搜集与整理阶段。对每个经济变量搜集点数据, 在给定的时间间隔内(比如一天或一个月)利用变量的最大值与最小值形成区间数据。
- (2) 由区间数据与区间运算得到区间矩阵  $M$  和区间向量  $V$ , 建立区间方程  $M\beta=V$ 。
- (3) 对区间矩阵  $M$  和区间向量  $V$  取中点得到  $M_{mid}$  及  $V_{mid}$ , 求解方程  $M_{mid}\beta=V_{mid}$ , 得到待估系数向量  $\beta$  的估计值, 然后将向量  $\beta$  的估计值代入方程  $M\beta=V$ , 利用区间矩阵  $M$  的已有信息可以预测区间向量  $V$  的未来值。
- (4) 计算预测误差指标 PE 与准确度指标 AR, 对区间预测的效果进行评估; 如果不太满意, 则返回步骤(2), 微调估计方法并校准参数取值, 以期得到更准确的预测结果。

### 3 国际原油期货价格波动区间的预测分析

从天相数据库搜集了 WTI 原油期货自 2005 年 11 月 7 日至 2009 年 10 月 29 日的日数据(包括收盘价、最高价、最低价等), 以日内最低价和最高价构造了区间变量  $P_t=[P_t^L, P_t^H]$ , 样本点共计 1 000 个, 前 800 个样本做模型的参数估计, 后 200 个样本作为样本外预测。基于区间变量的预测方法采用一阶自回归模型即区间 AR(1)模型, 估计方法采用区间最小二乘方法; 同时, 还给出了基于点数据(收益率序列)的传统计量经济学方程给出的预测区间做对比分析, 建模方法采用经典的 AR-GARCH 模型。

作为参照标准(Benchmark)的 AR-GARCH 模型的参数最优估计见表 1。表 1 的数据表明收益率序列存在典型的“ARCH”现象, 即波动集从的特征; 对于标准化残差的检验表明残差收益率序列是独立的, 说明建模是充分的。

两类模型的样本外预测效果见图 1、图 2、表 2。图 1 是基

表 1 GARCH(1,1)模型参数估计

		估计值	误差	P-值
GARCH 参数	C	0.000 0	0.000 0	0.050 0
	RESID(-1)^2	0.125 4	0.020 6	0.000 0
	GARCH(-1)	0.114 4	0.087 6	0.191 8
	GARCH(-2)	0.747 1	0.087 8	0.000 0
Box-Pierce 检验	BP(5)	1.305 1	--	0.934 0
	BP(10)	1.780 1	--	0.998 0
	BP <sup>2</sup> (5)	3.049 7	--	0.692 0
	BP <sup>2</sup> (10)	5.553 8	--	0.851 0

注: BP(m) 和 BP<sup>2</sup>(m) 分别代表对标准化残差收益率及其平方序列的广义 Box-Pierce 统计量。

于 GARCH 模型的 95% 外推区间预测结果; 图 2 是基于区间计算与区间计量分析得到的预测区间图示。由图 1 与图 2 的对比可见, 基于 GARCH 模型的外推值通常大于实际值, 而基于区间计量的结果则和实际值贴合的比较紧密, 这说明区间计量分析的结果更准确。

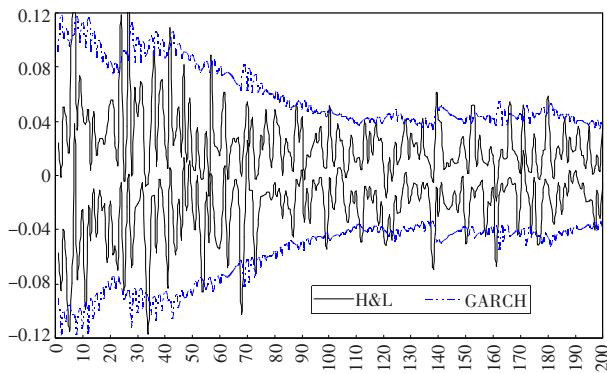


图 1 GARCH 模型的价格预测区间与真实价格区间的对比图

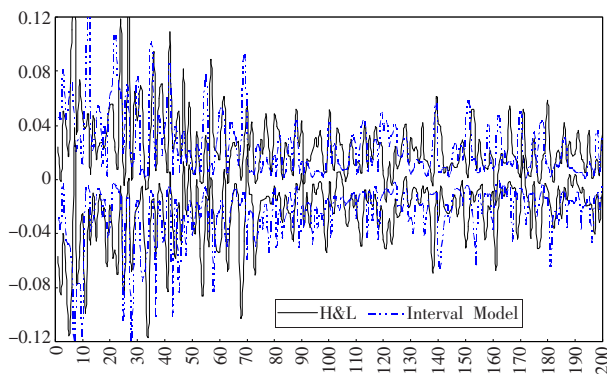


图 2 区间计量模型的价格预测区间与真实价格区间的对比图

为了进一步比较两类模型的预测效果, 分别计算了模型预测结果与实际值的相对误差与准确率(见表 2)。表 2 的数据表明区间计量的准确度高于 GARCH 模型的预测效果, 区间计量预测的准确度提升了 10%~30%; 从预测误差的角度, 区间计量方法的相对误差更低, 仅相当于 GARCH 模型预测误差的 50%

表 2 区间计量模型与 GARCH 模型的预测效果比较

	误差百分比(PE)	准确度(AR)
GARCH(95%)	0.097 4	0.342 5
GARCH(90%)	0.074 8	0.395 8
区间计量模型	0.044 1	0.435 4

左右。更高的准确度与更低的预测误差表明区间计算与区间计量方法具有显著的优越性。

## 4 结束语

引入了区间计算与区间计量的方法, 并对国际原油期货价格的波动作出了准确的预测。相对于传统的基于点数据的计量经济学预测方法, 基于区间计量的方法具有更高的准确度与更小的误差。该文的研究证实了区间计算与区间计量方法在经济领域具有重大的应用价值, 能够更好地揭示经济变量之间的关系, 并能对经济变量的未来波动作出更好的预测, 这对于经济决策具有重要的科学价值。后续的研究应该更深入地探讨并完善区间计量方法, 并针对经济问题的特点寻找更有效的区间计算规则与计算方法, 这需要计算机科学、数学、经济、金融等领域的人员开展富有成效的跨学科合作研究。

## 参考文献:

- [1] Gardner E.A simple method of computing prediction intervals for time series forecasts[J].Management Science,1988,34:541-546.
- [2] Granger C W J.Can we improve the perceived quality of economic forecasts?[J].Journal of Applied Econometrics,1996,11:455-473.
- [3] Moore R E.Interval analysis[M].NJ:Prentice-Hall,Englewood Cliffs,1966.
- [4] Hu C,He L T.An application of interval methods for stock market forecasting[J].Journal of Reliable Computing,2007,13:423-434.
- [5] Hu C,Kearfott B,Korvin A,et al.Knowledge processing with interval and soft computing[M].London:Springer,2008.
- [6] He L T,Hu C,Casey K M.Prediction of variability in mortgage rates:Interval computing solutions[J].The Journal of Risk Finance,2009,10(2):142-154.
- [7] Sjöberg J,Zhang Q H,Ljung L,et al.Nonlinear black-box modeling in system identification:A unified overview[J].Automatica,1995,31(12):1691-1724.
- [8] Cybenko G.Approximation by superpositions of a sigmoid function[J].Math Control,Signals and Systems,1989,2(4):201-205.
- [9] Zhang Q H,Benveniste A.Wavelet networks[J].IEEE Transactions on Neural Network,1992,3(6):889-898.
- [10] Benveniste A,Juditsky A,Delyon B,et al.Wavelets in identification[C]//Proceedings of 10th IFAC Symposium of System Identification,Copenhagen,Denmark,1994:1103-1115.
- [11] Kennedy J,Eberhart R C.Particle swarm optimization[C]//Proceedings of IEEE International Conference on Neural Networks,Perth,WA,Australia,1995:1942-1948.
- [12] Eberhart R C,Kennedy J.A new optimizer using particle swarm theory[C]//Proceedings of the Sixth International Symposium on Micro Machine and Human Science,Nagoya,Japan,1995:39-43.
- [13] 朱丽莉,杨志鹏,袁华.粒子群优化算法分析及研究进展[J].计算机工程与应用,2007,43(5):24-27.
- [14] Eberhart R C,Shi Y.Particle swarm optimization:Developments,application and resources[C]//Proceedings 2001 Congress on Evolutionary Computation,Seoul,South Korea,2001:81-86.
- [15] 冯象初,甘小冰,宋国乡.数值泛函与小波分析[M].西安:西安电子科技大学出版社,2003.
- [16] 韩江洪,李正荣,魏振春.一种自适应粒子群优化算法及其仿真研究[J].系统仿真学报,2006,18(10):2969-2971.

(上接 22 页)

## 参考文献: