

宏观经济与利率之间关系的斯文森分析^①

李 露

湖南城建职业技术学院 组织人事处, 湖南 湘潭 411101

摘要: 斯文森模型对 Nelson 利率模型进行了改进, 从而可以适应更加复杂的利率变化情况. 斯文森模型中的关键参数分别代表着长期利率、短期利率和中期利率. 在宏观经济和利率之间关系的实证研究中, 选取国民生产总值 GDP、消费价格指数 CPI、广义货币量 M2 作为宏观经济的表征变量, 选取一年定期存款利率 I 作为利率的表征变量, 选取 2000—2017 年间的相关数据展开实证研究. 结果表明: 国民生产总值 GDP 和广义货币量 M2 是短期和中期利率的格兰杰原因, 而长期利率则可以作为调控广义货币量 M2 的有效工具.

关键词: 斯文森模型; 利率; GDP; CPI; M2

中图分类号: F015

文献标志码: A

文章编号: 1000-5471(2020)05-0087-06

利率是我国经济宏观调控中的重要金融工具, 也是近 20 年间市场化改革的一项重要工作^[1]. 利率之所以能作为调控经济的有效工具, 与其对货币流动的引导密切相关. 通过利率调整, 可以实现对金融流动性的释放或限制, 从而有效调控经济过热或者经济过冷. 从数学意义上讲, 利率如何对宏观经济产生影响, 需要通过利率期限结构加以建模进而展开分析^[2]. 在利率期限结构模型中, 又有静态模型和动态模型之分. 静态利率期限结构模型首次出现是应用于企业债券的收益分析上, 通过与收益曲线的拟合寻找利率对企业债券的影响. 分段函数和样条函数也是静态利率期限结构的重要分析工具, 通常可用作对现金折现率的分析^[3-4]. 递归函数模型也应用于静态利率分析, 可以计算票息分离的最佳理论点^[5]. Nelson 模型是静态利率分析中具有里程碑意义的一类模型, 其优势在于模型形式简洁、拟合过程易于操作、拟合曲线光滑连续、预测效果准确^[6]. 在静态利率分析的基础上, 动态利率分析逐渐发展起来, 并且更好地对应于利率与时间的变化关系. 动态利率分析中最早出现的两个分析模型, 分别是均衡模型和非套利模型^[7-8]. 其后, 卡尔曼滤波因其对动态数据的良好过滤效果, 也被引入到动态利率分析之中^[9]. 类似的还有蒙特卡洛分析模型和在 Nelson 模型基础上改进而来的 Svensson 模型(斯文森模型), 斯文森模型因其分析过程的完整性成为利率分析的有效工具^[10-11]. 建立利率期限结构模型之后, 其中的很多特征可以用于分析利率与宏观经济的关系, 如长期利率参数、短期利率参数、长短利差参数、名义利率参数、实际利率参数等等. 这些参数与宏观经济表征参数之间的关系可以通过相关分析、回归分析、VAR(Value at Risk)脉冲分析、协整分析、格兰杰因果分析等手段实现^[12]. 在本文的研究工作中, 将首先借助斯文森分析构建利率期限结构模型, 进而以其中的关键参数为表征变量, 分析其与宏观经济之间的关系.

① 收稿日期: 2019-04-18

基金项目: 湖南省教育厅 2017 年科学研究项目(17c0287).

作者简介: 李 露(1987—), 女, 硕士, 助理研究员, 主要从事经济学研究.

1 斯文森利率分析模型

Nelson 模型是利率分析领域的里程碑式研究成果,而斯文森模型也是建立在 Nelson 模型基础之上的。故此,先来阐述 Nelson 模型。

Nelson 模型的数学描述为

$$f_I(\tau) = \beta_0 + \beta_1 e^{-\lambda\tau} + \beta_2 \lambda\tau e^{-\lambda\tau} \quad (1)$$

函数 $f_I(\tau)$ 表示期限在 τ 年中一共获得的零息债券收益;参数 β_0 表示利率的长期变化,称作长期参数;参数 β_1 表示利率的短期变化,称作短期参数;参数 β_2 表示利率的中期变化,称作中期参数;参数 λ 表示的是一个时间常数。

经过进一步研究发现:参数 β_1 影响到函数 $f_I(\tau)$ 的曲线倾斜方向,因此也被称为倾斜因子,在很多情况下,参数 β_1 也表示长短利率之间的差值;参数 β_2 则控制着函数 $f_I(\tau)$ 的曲线弯曲弧度,因此也被称为曲度因子。

如果要计算长期利率在某个时间点上的即期利率,可以采用如下的积分形势来分析长期利率和即期利率的关系。

$$R(0, \tau) = \frac{1}{\tau} \int_0^\tau f(0, s) ds \quad (2)$$

进而可以计算出即期利率的大小,结果为

$$R(0, \tau) = \beta_0 + \beta_1 \frac{1 - e^{-\lambda\tau}}{\lambda\tau} + \beta_2 \left(\frac{1 - e^{-\lambda\tau}}{\lambda\tau} - e^{-\lambda\tau} \right) \quad (3)$$

Nelson 模型涵盖了利率的多种特征,并且模型结构简洁、操作灵活、曲线拟合效果好。但是对于利率期限结构较为复杂的情况显得力不从心。针对 Nelson 模型的不足,斯文森模型被建立出来,这是一个比 Nelson 模型复杂一些、但使用范围更广的一类利率分析模型,其基本形式为

$$f_I(\tau) = \beta_0 + \beta_1 e^{-\lambda\tau} + \beta_2 \lambda\tau e^{-\lambda\tau} + \beta_3 \lambda_1 \tau e^{-\lambda_1 \tau} \quad (4)$$

同 Nelson 模型相比,斯文森模型多出了一个参数 β_3 , 复杂性更高些,但解决实际问题的能力也得到增强,可以拟和更为复杂的利率期限结构。

根据斯文森模型,要计算即期利率,可以采用如下的公式

$$R(0, \tau) = \beta_0 + \beta_1 \frac{1 - e^{-\lambda\tau}}{\lambda\tau} + \beta_2 \left(\frac{1 - e^{-\lambda\tau}}{\lambda\tau} - e^{-\lambda\tau} \right) + \beta_3 \left(\frac{1 - e^{-\lambda_1 \tau}}{\lambda_1 \tau} - e^{-\lambda_1 \tau} \right) \quad (5)$$

2 宏观经济与利率之间关系的实证研究

2.1 实证变量及数据选取

为了便于分析宏观经济和利率之间的关系,本文选取了 4 个变量,协同参与接下来的实证研究工作。这 4 个实证变量分别是:国民生产总值 GDP,用于经济发展速度;消费价格指数 CPI,用于反映经济发展周期中的物价涨跌情况;广义货币发行量 M2,用于反映经济发展过程中的货币发量总量;一年定期存款利率 I ,用于反映经济发展周期中的利率变化情况。

在这 4 个变量中, GDP 反映我国经济总量的增长情况, CPI 反映我国经济中的通货膨胀率, M2 反映我国经济中的广义货币发行量,这 3 个变量都是宏观经济指标的代表; I 则是利率的代表。

依据这 4 个变量,在中国统计年鉴中选取 2000—2017 年的相关数据,结果如表 1 所示。

2.2 斯文森利率模型参数的确定

实证研究的第一步工作,是确定斯文森利率模型中的 4 个关键参数,将表 1 中的利率数据代入公式(4)进行迭代,确定出的 4 个关键参数如表 2 所示。

表 1 宏观经济和利率的表征变量实证数据

	<i>GDP</i> /亿元	<i>CPI</i> /%	<i>M2</i> /亿元	<i>I</i> /%
2000	99 214	0.35	134 610.3	2.25
2001	109 655	0.73	158 301.9	2.25
2002	120 332	−0.77	185 007.1	1.98
2003	135 822	1.17	221 222.8	1.98
2004	159 878	3.90	254 107.2	2.25
2005	184 937	1.82	298 755.7	2.25
2006	216 314	1.47	312 603.6	2.52
2007	265 810	4.77	403 442.2	4.14
2008	314 045	5.90	475 166.6	3.60
2009	340 903	−0.68	606 225.0	2.25
2010	410 202	3.33	725 851.8	2.75
2011	472 882	5.00	851 600.3	3.50
2012	519 322	2.65	974 148.8	3.25
2013	568 845	2.63	1 052 212.3	3.00
2014	636 463	1.99	1 106 500.0	2.75
2015	677 000	1.44	1 228 400.2	2.00
2016	743 585	2.01	1 392 300.5	1.50
2017	820 754	1.40	1 644 099.1	1.75

表 2 斯文森利率模型的参数确定结果

	参数 β_0	参数 β_1	参数 β_2	参数 β_3
平均值	0.052 1	−0.018 1	−0.006 2	−0.030 3
标准差	0.006 3	0.240 2	0.331 8	0.070 1
最大值	0.058 8	0.592 4	0.798 1	0.099 3
最小值	0.036 3	−0.583 1	−0.902 5	−0.192 4
峰度值	1.689 2	1.496 2	1.421 2	1.335 0
偏度值	0.935 4	−0.362 1	0.602 6	−1.351 8
观测值	216	216	216	216

2.3 宏观经济各变量与斯文森利率模型中关键参数的关系研究

经过 ADF(Augmented Dickey-Fuller)检验和协整检验，证明 $GDP,CPI,M2,\beta_0,\beta_1,\beta_2,\beta_3$ 满足同阶单整并存在一个长期均衡关系。

接下来执行单位圆检验，在 ADF 后的单位圆检验主要用于考察分析过程的整体稳定性。如果单位圆检验结果，全部特征根的倒数都位于单位圆中，那么就表明整个分析过程稳定，可以进行后续的分析。如果单位圆检验结果，不是全部特征根的倒数都位于单位圆中，那么就表明整个分析过程不稳定，需要修改前述的参数配置和模型构建，直到全部特征根的倒数都位于单位圆中，才能进行后续的分析。

本文 ADF 分析后，执行单位圆检验，全部特征根的倒数分布情况如图 1 所示。

从图 1 的结果中可以看出，各变量特征根的倒数都位于单位圆内，故整个分析模型稳定，可以继续后续的分析。

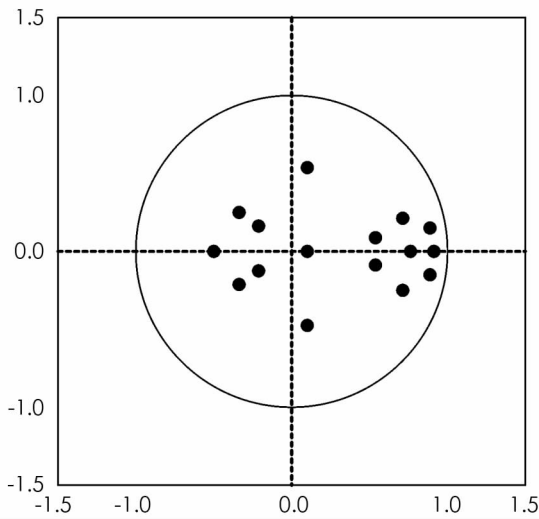


图 1 本文分析过程中各变量的单位圆检测结果

根据 ADF，进一步执行单位根检验，结果如表 3 所示.

表 3 4 个变量的单位根检验结果

变 量	检验值	检验水平		
		1%	5%	10%
GDP	-1.953 424	-5.014 156	-3.954 217	-2.684 722
CPI	-1.802 782	-5.014 156	-3.954 217	-2.684 722
M2	-2.021 511	-5.014 156	-3.954 217	-2.684 722
I	-1.723 566	-5.014 156	-3.954 217	-2.684 722

从表 3 的结果可以看出，GDP,CPI,M2,I 这 4 个变量的检验值都大于 3 个检验水平的评估值，这表明 GDP,CPI,M2,I 这 4 个变量是同阶稳定的，可以进行进一步的格兰杰检验.

在 ADF、单位圆检验之后，再执行进一步的格兰杰因果分析，结果如表 4 所示.

表 4 本文分析中各变量之间的格兰杰因果关系检验结果

	原假设	F 统计量	p 值
GDP	分析变量 GDP 不是分析变量 B0 的格兰杰原因	0.879 5	0.283 5
	分析变量 B0 不是分析变量 GDP 的格兰杰原因	0.007 9	0.921 6
CPI	分析变量 CPI 不是分析变量 B0 的格兰杰原因	1.398 5	0.228 1
	分析变量 B0 不是分析变量 CPI 的格兰杰原因	0.000 2	0.874 5
M2	分析变量 M2 不是分析变量 B0 的格兰杰原因	2.015 7	0.173 3
	分析变量 B0 不是分析变量 M2 的格兰杰原因	4.778 3	0.025 8
GDP	分析变量 GDP 不是分析变量 B1 的格兰杰原因	5.521 6	0.019 7
	分析变量 B1 不是分析变量 GDP 的格兰杰原因	0.022 6	0.902 4
CPI	分析变量 CPI 不是分析变量 B1 的格兰杰原因	0.312 8	0.606 7
	分析变量 B1 不是分析变量 CPI 的格兰杰原因	2.413 7	0.138 2
M2	分析变量 M2 不是分析变量 B1 的格兰杰原因	4.875 6	0.027 8
	分析变量 B1 不是分析变量 M2 的格兰杰原因	0.712 4	0.388 2
GDP	分析变量 GDP 不是分析变量 B2 的格兰杰原因	5.512 8	0.022 2
	分析变量 B2 不是分析变量 GDP 的格兰杰原因	0.020 3	0.912 8
CPI	分析变量 CPI 不是分析变量 B2 的格兰杰原因	0.312 5	0.584 4
	分析变量 B2 不是分析变量 CPI 的格兰杰原因	2.402 9	0.130 2
M2	分析变量 M2 不是分析变量 B2 的格兰杰原因	5.010 1	0.032 8
	分析变量 B2 不是分析变量 M2 的格兰杰原因	0.705 1	0.382 2

从表 3 中的结果可以看出，对于斯文森利率模型中的关键参数 β_0 与宏观经济变量 GDP,CPI,M2 之间的格兰杰因果关系假设，假设“B0 不是 M2 的格兰杰原因”被拒绝(F: 4.778 3, p : 0.025 8, 显著水平在 5%以下). 参数 β_0 反映的是长期利率水平，这一结果表明长期利率是广义货币量 M2 增加的格兰杰原因.

对于斯文森利率模型中的关键参数 β_1 与宏观经济变量 GDP,CPI,M2 之间的格兰杰因果关系假设，假设“GDP 不是 B1 的格兰杰原因”被拒绝(F: 5.521 6, p : 0.019 7, 显著水平在 5%以下)，假设“M2 不是 B1 的格兰杰原因”被拒绝(F: 4.875 6, p : 0.027 8, 显著水平在 5%以下). 参数 β_1 反映的是短期利率水平，这一结果表明国民生产总值 GDP 和广义货币量 M2 都是短期利率变化的格兰杰原因.

对于斯文森利率模型中的关键参数 β_2 与宏观经济变量 GDP,CPI,M2 之间的格兰杰因果关系假设，假设“GDP 不是 B2 的格兰杰原因”被拒绝(F: 5.512 8, p : 0.022 2, 显著水平在 5%以下)，假设“M2 不是 B2 的格兰杰原因”被拒绝(F: 5.010 1, p : 0.032 8, 显著水平在 5%以下). 参数 β_2 反映的是中期利率水平，这一结果表明国民生产总值 GDP 和广义货币量 M2 都是中期利率变化的格兰杰原因.

除了上述 5 项检验结果确定了 5 种格兰杰因果关系以外，其余的假设都被验证，包括分析变量 GDP 不是分析变量 B0 的格兰杰原因，分析变量 B0 不是分析变量 GDP 的格兰杰原因，分析变量 CPI 不是分析变量 B0 的格兰杰原因，分析变量 B0 不是分析变量 CPI 的格兰杰原因，分析变量 M2 不是分析变量 B0 的

格兰杰原因,分析变量 $B1$ 不是分析变量 GDP 的格兰杰原因,分析变量 CPI 不是分析变量 $B1$ 的格兰杰原因,分析变量 $B1$ 不是分析变量 CPI 的格兰杰原因,分析变量 $B1$ 不是分析变量 $M2$ 的格兰杰原因,分析变量 $B2$ 不是分析变量 GDP 的格兰杰原因,分析变量 CPI 不是分析变量 $B2$ 的格兰杰原因,分析变量 $B2$ 不是分析变量 CPI 的格兰杰原因,分析变量 $B2$ 不是分析变量 $M2$ 的格兰杰原因.

3 结 语

为了分析宏观经济和利率之间的关系,在 Nelson 模型的基础上阐述了斯文森利率模型的改进策略和效果,明确了其中的关键参数及其代表的利率意义.选取国民生产总值 GDP 、消费价格指数 CPI 、广义货币量 $M2$ 作为宏观经济的表征变量,选取一年定期存款利率 I 作为利率的表征变量,构建了斯文森模型,选取 2000—2017 年间的相关数据展开实证研究.

实证研究过程中,在斯文森模型下使用了 ADF 检验、特征根的单位圆检验、格兰杰因果检验.国民生产总值 GDP 、消费价格指数 CPI 、广义货币量 $M2$ 、一年定期存款利率 I 这 4 个变量所构建的模型,都通过了 ADF 检验和特征根的单位圆检验.

进一步的格兰杰因果检验显示:

1) 在斯文森模型下,“ $B0$ 不是 $M2$ 的格兰杰原因”被拒绝,表明长期利率是广义货币量 $M2$ 增加的格兰杰原因.

2) 在斯文森模型下,“ GDP 不是 $B1$ 的格兰杰原因”被拒绝,表明国民生产总值 GDP 是短期利率变化的格兰杰原因.

3) 在斯文森模型下,“ $M2$ 不是 $B1$ 的格兰杰原因”被拒绝,表明广义货币量 $M2$ 是短期利率变化的格兰杰原因.

4) 在斯文森模型下,“ GDP 不是 $B2$ 的格兰杰原因”被拒绝,表明国民生产总值 GDP 是中期利率变化的格兰杰原因.

5) 在斯文森模型下,“ $M2$ 不是 $B2$ 的格兰杰原因”被拒绝,表明广义货币量 $M2$ 是中期利率变化的格兰杰原因.

根据上述结论,本文给出如下对策建议:

1) 在斯文森模型的分析之下,广义货币量 $M2$ 和利率之间有着比较明显的联系.因此从宏观经济角度考虑,为了确保广义货币量发行稳定,应该进行合理的利率配置,无论是短期利率、中期利率、长期利率,都应该是在科学核算的基础上制定结果,并应充分地对经济形势有比较清晰的预判,根据经济发展趋势制定利率预案.

2) 宏观经济最有代表性的 GDP 指标对中期利率和短期利率都有明确的影响,这也就要求利率制定必须充分地分析 GDP 总量、 GDP 变化趋势,才能充分遵循 GDP 和利率之间相互关联的客观规律,真正地实现利率作为有效金融工具的价值.

参考文献:

[1] 刘明康,黄 嘉,陆 军. 银行利率决定与内部资金转移定价——来自中国利率市场化改革的经验 [J]. 经济研究, 2018, 53(6): 6-22.

[2] 柳向东,王星蕊. 半马氏市道轮换利率期限结构模型——基于最小 Tsallis 熵熵测度 [J]. 系统工程理论与实践, 2017, 37(5): 1136-1143.

[3] ISAENKO S. The Term Structure of Interest Rate in an Economy Where Investors Have Heterogeneous Recursive Preferences [J]. Quarterly Review of Economics & Finance, 2008, 48(3): 457-481.

[4] HEIDARI M, WU L. Term Structure of Interest Rates, Yield Curve Residuals, and the Consistent Pricing of Interest Rate Derivatives [J]. Ssrn Electronic Journal, 2012, 15(3): 174-179.

- [5] 李 佳. 我国存款准备金率对利率及 CPI 传导效应研究 [J]. 重庆工商大学学报(自然科学版), 2014, 31(5): 39-43.
- [6] YOUSAFKHAN U, AALST C V D, JONG P A D, et al. Risk Stratification Based on Screening History: the NELSON lung Cancer Screening Study [J]. Thorax, 2017, 72(9): 209-221.
- [7] ALMAHADIN H A, TUNA G. Dynamic Impact of Interest Rate Volatility and Spillover Effect of the U. S. Interest Rate on Banking Sector Development of Turkey: Empirical Evidence from Cointegration and Causality Analysis [J]. Asia-Pacific Journal of Accounting and Economics, 2017(3): 1-12.
- [8] HOSSAIN M S, MITRA R. The Determinants of Price Inflation in the United States: A Multivariate Dynamic Cointegration and Causal Analysis [J]. Journal of Developing Areas, 2017, 51(1): 153-175.
- [9] 王秉坤. 混合卡尔曼滤波在时变形状参数 Nelson—Siegel 模型中的应用 [D]. 厦门: 厦门大学, 2012.
- [10] 陈 阳, 陈双杰. 房地产开发企业违约概率压力测试研究——现金流蒙特卡洛模拟方法在银行中的应用 [J]. 金融论坛, 2009(4): 37-42.
- [11] BEKIROS S, AVDOULAS C, HASSAPIS C. Nonlinear Equilibrium Adjustment Dynamics and Predictability of the Term Structure of Interest Rates [J]. International Review of Financial Analysis, 2018, 55: 140-155.
- [12] RASOOL H, ADIL M H, TARIQUE M. An Empirical Evidence of Dynamic Interaction Among Price Level, Interest Rate, Money Supply and Real Income: The Case of the Indian Economy [J]. Mpra Paper, 2018, 22(6): 1023-1028.

On Svenson's Analysis of Relationship between Macroeconomy and Interest Rate

LI Lu

Division of Personnel and Party Affairs, Hunan Urban Construction College, Xiangtan Hunan 411101, China

Abstract: Swenson's model can be used to improve Nelson's interest rate model so as to adapt to more complex changes in interest rates. The key parameters in Swenson model represent long-term interest rate, short-term interest rate and medium-term interest rate respectively. In the empirical study of the relationship between macro-economy and interest rate, *GDP*, *CPI* and *M2* have been selected as the macro-economy indicators, and one-year fixed deposit interest rate *I* been selected as the indicators of interest rate. The relevant data from 2000 to 2017 have been selected to carry out empirical research. The empirical results show that *GDP* and *M2* are the Granger causes of short-term and medium-term interest rates, while long-term interest rates can be used as effective tools to regulate *M2*.

Key words: Svenson Model; interest rate; *GDP*; *CPI*; *M2*

责任编辑 夏 娟