

# 利用马尔科夫制度转换和交易策略预测黄金价格的波动性

Nop Sopipan<sup>1</sup>, Pairote Sattayatham<sup>1</sup>, Bhusana Premanode<sup>2</sup>

<sup>1</sup>泰国那空拉差岛科技大学苏拉纳里数学学院

英国伦敦帝国学院南肯辛顿校区生物医学工程<sup>2</sup>研究所 电子邮件: {nopsopipan, bhusana}@gmail.com, pairote@sut.ac.th

2011年10月收到24, ; 2011年12月修订1, ; 1215,月接受 2011

## ABSTRACT

在本文中，我们使用马尔科夫制度转换GARCH（MRS-GARCH）模型预测黄金价格的波动性。这些模型允许波动率根据未观察到的制度变量而有不同的动态变化。本文的主要目的是找出MRS-GARCH模型在建模和预测黄金价格波动性方面是否比GARCH类型的模型有改进。在某些损失函数中，MRS-GARCH是黄金价格波动的最佳表现模型。此外，我们预测了黄金价格的收盘价，以交易未来合约。MRS-GARCH与GJR模型一样获得了最大的累积收益。

**关键词**预测；波动性；金价；马尔科夫制度转换

## 1. 简介

所有金融市场的共同特点是不确定性，这与它们的短期和长期的价格状态有关。这个特点对投资者来说是不可取的，但只要金融市场被选为投资工具，它也是不可避免的。人们能做的最好的事情就是努力减少这种不确定性。金融市场预测（或称预测）是这个过程中的工具之一。

金融市场的预测任务将研究人员和学者分为两类：一类认为我们可以设计出预测市场的机制；另一类认为市场是有效的，当新信息出现时，市场会通过自我修正来吸收，因此没有预测的空间。此外，他们认为金融市场遵循随机漫步，这意味着你对明天的价值的最佳预测是今天的价值。

在时间序列中，金融价格被转换为对数回报序列的静止过程，看起来像白噪声。Mehmet[1]说，金融收益有三个特点。首先是波动性聚类，这意味着大的变化之后往往是大的变化，小的变化之后往往是小的变化。第二是肥尾性（超额峰度），这意味着金融收益往往显示出比标准正态分布更肥的尾部。第三是杠杆效应，这意味着负收益比同样规模的正收益导致更高

的波动性。

广义自回归条件异质性（GARCH）模型主要捕捉金融收益的三个特征。GARCH模型的发展是由Engle[2]开始的。Engle引入了ARCH模型，通过将干扰项的条件方差与近期的平方干扰的线性组合相联系来建立异方差。Bollerslev[3]通过将条件方差建模为取决于其滞后值和干扰的平方滞后值，从而概括了ARCH（GARCH）模型。Nelson[4]提出的指数GARCH(EGARCH)模型是为了应对金融收益中所包含的10个偏度，导致GJR-GARCH被Glosten、Aganathan和Runkle[5]独立提出，以解释杠杆效应。

Hamilton和Susmel[6]指出，GARCH类型模型中虚假的高持久性问题可以通过将马尔科夫制度转换（MRS）模型与ARCH模型（SWARCH）结合起来解决。制度转换模型的思想是，随着市场条件的变化，影响波动率的因素也会发生变化。现在一些研究者对GARCH模型进行了开发，同时也说明了使用GARCH模型的好处[1, 7-9]。

黄金是一种贵金属，也被归类为商品和货币资产。几个世纪以来，黄金作为一种多方面的金属，拥有与货币类似的特征，即它可以作为财富的储存、交换媒介和价值单位。黄金作为一种贵金属也发挥了重要作用，它的价值和价值链是非常重要的。

显著的投资组合多样化属性。黄金被用于在工业部件、珠宝和作为投资资产方面。所需的黄金数量是由工业投资和珠宝的需求量决定的。

用。因此，一个人的需求量的增加

金属。

黄金价格的变化也可能是由于中央银行持有的这些贵金属的变化。此外，通货膨胀率、货币市场、政治和谐、股票市场以及生产商和供应商的套期保值的变化，都会影响到价格的均衡。

黄金期货是一种替代性的投资工具，它依赖于黄金价格的变动。投资者可以从黄金期货投资中获益，从上涨或下跌的两个方向获利，这就像股指期货交易。此外，由于与股票市场的负相关，黄金期货还可以对冲黄金价格波动或股票市场波动。这将提供更大的机会，在经济衰退期间股市下跌时获利。

泰国的黄金期货是以纯度为96.5%的金条为基础的期货合约，因为它在全国黄金实物交易的买家中很受欢迎。黄金期货交易实行现金结算方式，不需要进行实物交割。

Edel Tully, *et al.* [10]研究了Asymmetric权力的GARCH模型必须捕捉到动态的

黄金市场。结果表明，APGARCH模型对黄金市场提供了最充分的描述。价格

在本文中，我们使用GARCH、EGARCH、GJR-GARCH和MRS-GARCH模型来预测黄金的波动。

价格，并比较它们的性能。此外，我们应使用这个估计的波动率来预测黄金的收盘价。最后，我们应用预测价格的证券交易所的黄金期货合约的交易，期限为一年。8月的日期（2011GF10Q11）。

在下一节中，我们介绍了MRS-GARCH模型。估算和样本内评估结果在第二节中给出。在3.第二节中，统计4.损失函数描述了各种模型的样本外预测性能，并讨论了各种模型的样本外预测性能。在第5节中，我们将预测价格应用于未来交易的黄金价格。

合同。结论将在第二节中给出。6.

## 2. GARCH的马尔科夫制度转换预测波动率的模型

让 $P_t$ 表示在时间 $t$ 的金融价格系列和 $r_t$ 是一个随机变量的序列，在一个亲

关闭观察和 $t R, 1, n$ 。观察到的样本期包括一个有 $R$ 个观测值（ $t, 1, 0$ ）的估计期（或样本内），和一个有 $n$ 个观测值的演变期（或样本外）。

$(t, 1, n)$ ，让 $r_t$ 是对数回报率（百分比）。的行业将导致在时间 $t$ 的金融价格上的价格上升，即

$$r_t = \frac{\ln 100 P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}} \quad (1)$$

回报系列的GARCH (1,1) 模型 $r_t$ 可以写成

$$r_t = \eta_0 + \eta_1 r_{t-1} + \sqrt{h_t} \epsilon_t$$

其中 $\eta_0, \eta_1$ 和 $0_1$ 被假定为非负实数常数，以确保 $h_t > 0$ 。我们假定是 $\epsilon_t$ 一个均值为零、方差为单位的i.i.d过程。

GARCH模型的参数一般被认为是常数。但是经济衰退和经济扩张之间金融收益的变动是不同的，可能会导致波动率的不同。Gray[11]将GARCH模型扩展为MRS-

GARCH模型，以使用不可观察的状态变量捕捉波动率的制度变化。假设这些不可观察的状态变量满足一阶马尔科夫链过程。

只有两个制度的MRS-GARCH模型可以表示如下。

$$r_t = s_t \epsilon_t, \quad h_t = \begin{cases} 0, & \text{if } s_t = 0 \\ 1, & \text{if } s_t = 1 \end{cases} \quad (2)$$

和 $h_t$

其中 $s_t$ 或1，是平均值， $h_t$ 是在 $s_t$ 上， $s_t$ 两者都是措施-

2.制度下的波动性的功能。为 $t=1$ 为了确保我们很容易地对条件方差的正数施加限制， $s_0=0$ 并且 $s_1=0$ 。 $s_t$ 的总和衡量一个冲击的持久性有条件的差异。

未观察到的制度变量 $s_t$ 受一阶马尔可夫链的支配，其恒定过渡概率为

$$\Pr(s_t = i | s_{t-1} = j) = p_{ji} \quad \text{对于 } i, j = 0, 1 \quad (3)$$

用矩阵符号表示。

$$\Pi = \begin{bmatrix} p_{00} & p_{01} \\ p_{10} & p_{11} \end{bmatrix} \quad (4)$$

### 2.1.

在具有两个制度的MRS-GARCH模型中，Klaassen[12]通过使用递归法预测  $k$ -ahead

的波动率。  
(二) 概率空间， $F$ 。对于指数  $t$  表示每日方法与标准GARCH模型一样，其中  $k$  是一个



其中

其中  $f_{rt\ St,\ Ft1}$  表示其中一个假设条件

|

误差的分类分布。正态分布(N)。

在这两个步骤

(t)或双自由度(2t)和i的广义二重  
奖学金分配(GED)。

我们将通过以下两个步骤递归地计算制度概率(Ki  
m and Nelson, [13], page 63)。

步骤1: 给定Pr<sub>S<sub>0</sub>i F<sub>0</sub></sub>的时间结束时,  
t1, 制度概率Pr<sub>S<sub>t</sub>i F<sub>t</sub></sub>的计算方法为

$$\Pr_{S_t i F_t} = \Pr_{S_{t-1} i F_{t-1}} \Pr_{S_t i F_t | S_{t-1} i F_{t-1}}$$

由于当前的制度(S<sub>t</sub>)只取决于一个时期前的制度  
(S<sub>t-1</sub>), 那么

$$\Pr_{S_t i F_t} = \Pr_{S_{t-1} i F_{t-1}} \Pr_{S_t i F_t | S_{t-1} i F_{t-1}} \\ = \Pr_{S_{t-1} i F_{t-1}} \Pr_{S_t i F_t | S_{t-1} i F_{t-1}} \\ = \Pr_{S_{t-1} i F_{t-1}} \Pr_{S_t i F_t | S_{t-1} i F_{t-1}}$$

第二步: 在时间t结束时, 当观察到的回报  
在时间t (r<sub>t</sub>) 的信息, 在时间t设定为 F<sub>t</sub>F<sub>t-1</sub>, r<sub>t</sub>,  
的 Pr<sub>S<sub>t</sub>i F<sub>t</sub></sub> 计算方法如下。

$$\Pr_{S_t i F_t} = \Pr_{S_{t-1} i F_{t-1}} \Pr_{S_t i F_t | S_{t-1} i F_{t-1}} \\ = \Pr_{S_{t-1} i F_{t-1}} \Pr_{S_t i F_t | S_{t-1} i F_{t-1}}$$

其中, f<sub>r<sub>t</sub>, S<sub>t</sub>i F<sub>t</sub></sub>是收益的联合密度和  
在状态i下的未观察到的制度, 1, i2 变量可以  
可以写成如下。

$$f_{r_t, S_t i F_t} = f_{r_t, S_t i F_t} \Pr_{S_t i F_t} \\ = f_{r_t, S_t i F_t} \Pr_{S_t i F_t}$$

和 f<sub>r<sub>t</sub>F<sub>t</sub></sub> 是收益的边际密度函数  
可按以下方式构建。

$$f_{r_t} = \int f_{r_t, S_t i F_t} \Pr_{S_t i F_t} \\ = \int f_{r_t, S_t i F_t} \Pr_{S_t i F_t}$$

我们使用贝叶斯的论据

$$\Pr_{S_t i F_t} = \frac{f_{r_t, S_t i F_t} \Pr_{S_t i F_t}}{\int f_{r_t, S_t i F_t} \Pr_{S_t i F_t}} \\ = \frac{f_{r_t, S_t i F_t} \Pr_{S_t i F_t}}{\int f_{r_t, S_t i F_t} \Pr_{S_t i F_t}} \quad (11)$$

那么, 所有的制度概率 坑 可以通过以下方式计  
算出

中, 只有一个  
自由度的学生t分布。然而, 在开始时

迭代Pr S<sub>0</sub>i F<sub>0</sub>是1,2必要的, 以  
开始迭代。汉密尔顿([14,15]) 建议我们应该使用  
无条件的制度概率, 而不是

Pr S<sub>0</sub>i F<sub>0</sub> 这些都是由

$$\Pr_{S_0 i F_0} = \frac{1q}{1p} \\ = \frac{1q}{1p}$$

给定制度概率的初始值, 条件是: 1.

在每个制度中的理论均值和条件方差, MRS-  
GARCH模型的参数可以通过数值最大化对数似然函  
数来获得。对数似然函数的构造与GARCH模型中的  
相似, 是递归式的

## 2.2.预测价格

我们用MRS-预测k步前的金融价格。

GARCH模型。记为  $\hat{r}_{t,k}$  是k-step-ahead front-  
在时间t的金融价格的铸造对数回报率e-

悬而未 堡全 ° 1

决

我们的计算方法是: 。

$$\hat{r}_{t,k} = E r_{t+k} | \mathcal{F}_t = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \hat{r}_{t,i} \quad (12)$$

其中

$$\hat{r}_{t,k} = E r_{t+k} | \mathcal{F}_t = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \hat{r}_{t,i} \\ = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \hat{r}_{t,i} \\ = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \hat{r}_{t,i} \\ = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \hat{r}_{t,i}$$

预测金融价格的 前一步, 我们使用(12)和(1)结合  
, 金融价格的对数回报率为

$$\hat{r}_{t,k} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \hat{r}_{t,i} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \hat{r}_{t,i} \quad (13)$$

## 3. 实证方法和模型估计结果

合适的坑  
t1

### 3.1. 数据

本研究使用的数据集是2007年1月4日至2007年1月8日期间的黄金价格 $P$ 的每日收盘价。



2011年8月31日 ( $t=1, \dots$ , 1213个观测值)。数据集是根据当天伦敦黄金市场定盘价和当天TFEX (泰国期货交易所) 公布的泰铢对美元的外汇汇率, 经过重量和细度的转换而得到的。数据集分为样本内 ( $R=$ 观察1192值) 和样本外 ( $N=$ 观察值21)。

(2).  $P_t$  和对数回报系列  $r_t$  的图表; (1)

在图中给出1。图中的  $P_t$  和  $r_t$  显示通常金融数据序列的属性。正如预期的那样, 波动性在一段时间内并不恒定, 并表现出波动性的聚类, 指数的大变化往往紧随其后, 而小变化往往紧随其后。

$r_t$  的描述性统计见表1。

如表所示1,  $r_t$  的平均收益率为正, 为0.074%。日标准差为1.537%。该系列还显示出-0.102的负偏度和9.457的过度峰度。这些数值表明收益率不是正态分布, 即它的尾部比较大, 因为偏度不等于0, 峰度大于3。另外, Jarque-Bera的检验<sup>1</sup>统计量也证实2107.620了  $r_t$  的非正态性。而

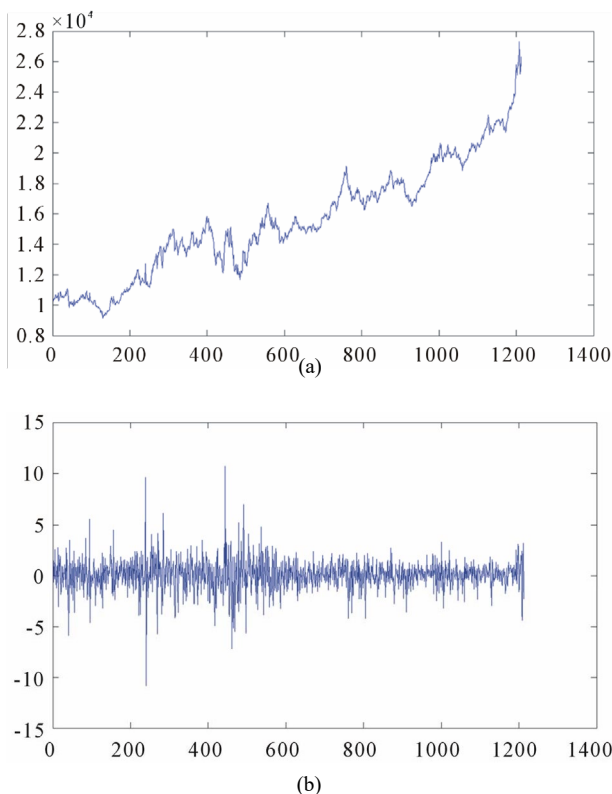


图1.2007年1月4日至2011年8月30日期间, (a)黄金价格封闭价格( $P_t$ )和(b)对数回报系列( $r_t$ )的图表。

<sup>1</sup>Jarque-

扩增的Dickey-Fuller检验<sup>2</sup>为-35.873, 表明  $r_t$  是静止的。

在表2中, 当我们应用Ljung和Box的Q检验时, 自相关函数 (ACF) 检验了自相关的标志度水平。检验的无效假设是: 到目前为止, 收益率序列中不存在序列相关。的指定滞后期。  $r_t$  中的序列相关被确认为非平稳, 但  $r_t$  是平稳的。因为串行在平方收益中的相关性是非平稳的, 这表明这表明了条件异方差性。因此, 我们分析了自相关在平方值中的意义。

通过Ljung-Box Q-的平均调整回报率  $r^2$  系列测试<sup>3</sup>。并应用恩格斯的ARCH测试<sup>4</sup>。

### 3.2. 经验方法学

本实证部分采用 GARCH 型和 MRS-GARCH (1,1) 模型来估计  $P_t$  的波动率。我们将考虑的 GARCH 类型模型是 GARCH (1,1), EGARCH (1,1) 和 GJR-GARCH (1,1)。为了考虑到金融收益的肥尾特征, 我们考虑三种不同的创新分布。正态分布 (N)、学生-t (t) 和广义误差分布 (GED)。

#### 3.2.1. GARCH类型模型

表3是对GARCH类型模型的估计结果。从表中可以看出, 几乎所有的参数估计值, 包括GARCH型模型中的参数估计值, 在1%时都是非常显著的。然而, EGARCH模型中的不对称效应项在1%的水平上显著不同。

表 黄金价格对数回报系列的简要1.统计 ( $r_t$ )。

统计资料	回报率(%)
闵行区	-10.823
最大	10.71
平均值	0.074
标准偏差	1.537
倾斜度	-0.102
峰度	9.457
Jarque-Bera正态性测试	2107.620(P-value = 0.000)
扩增的Dickey-Fuller检验	-35.873 (P值=0.000)。

Bera正态性检验是对偏离正态性的拟合度测量, 可用于检验数据来自正态分布的无效假设。

<sup>2</sup>扩增迪克-

富勒检验是对时间序列样本中单位根的检验，ADF检验的无效假设是序列是非稳态的。

<sup>3</sup>Ljung-Box

Q检验是一种统计检验，检验时间序列的一组自相关中是否有任何一个与零不同。

<sup>4</sup>ARCH检验是以空头假设来检验的，即在没有任何ARCH成分的情况下，我们对所有  $i = 1, 2, \dots, q$  的  $\alpha_i = 0$ 。另一个假设是，在有ARCH成分的情况下，至少有一个估计的  $\alpha_i$  系数必须是显著的。

表 金价的ACF2.e 归属感( $r_t$ )、方差和结果为 恩格尔的ARCH测试。  
封闭价格( $P_t$ )，对数回报率ser

滞后	金价的ACF		沉淀	价格。黄金价格的ACF对数r		回报率。黄金价格平方回报率的ACF。		恩格尔的ARCH测试的结果	
	ACFLBQ测试	P value	ACFLBQ测试P	-	value	-value	ACFLBQTestP-	ARCH TestP-value	
	10.9941202.126	0.0351.473		0.000-		0.2250.23667.5850.000	00		67.6750.0
	20.9882391.372		0.0000.0575.370			0.0680.04970.5500.000	00		67.7350.0
	30.9823567.530		0.0000.0065.410			0.1440.05073.5790.000	00		69.7960.0
4	0.977 4732.067	0.000	0.028 6.336	0.175	0.047	76.324 0.000	70.644	0.000	
5	0.972 5885.596	0.000	0.022 6.948	0.225	0.029	77.340 0.000	70.695	0.000	
6	0.966 7026.176	0.000	-0.062 11.578	0.072	0.074	83.996 0.000	75.784	0.000	
7	0.960 8152.993	0.000	-0.023 12.206	0.094	0.022	84.561 0.000	76.115	0.000	
8	0.954 9267.290	0.000	0.070 18.159	0.020	0.045	87.058 0.000	78.019	0.000	
9	0.948 10368.939	0.000	-0.024 18.893	0.026	0.050	90.053 0.000	78.693	0.000	
10	0.943 11458.607	0.000	0.010 19.025	0.040	0.006	90.102 0.000	79.005	0.000	
22	0.885 23713.861	0.000	-0.046 34.412	0.045	0.056	178.444 0.000	126.931	0.000	

表 GARCH 类型模型的汇总3.结果。

参数	GARCH <sup>5</sup>						GJR-GARCH <sup>6</sup>		
	N	t	GED	N	t	GED	N	t	GED
	0.1012***	0.1229***	0.1164***	0.1341***	0.1367***	0.1308***	0.1083***	0.1259***	0.1191***
标准误差	0.0347	0.0336	0.0315	0.0358	0.0337	0.0320	0.0368	0.0338	0.0318
。									
。	0.0567***	0.0686***	0.0629***	-0.0974***	-0.0725***	-0.0844***	0.0546***	0.0640***	0.0598***
标准误差	0.0099	0.0174	0.0165	0.0099	0.0178	0.0178	0.0097	0.0159	0.0156
。									
。	0.0818***	0.0757***	0.0779***	0.1429***	0.1092***	0.1240***	0.0611***	0.0558***	0.0583***
标准误差	0.0088	0.0177	0.0168	0.0136	0.0255	0.0249	0.0123	0.0197	0.0206
。									
。	0.8906***	0.8897***	0.8893***	0.0459***	0.0491***	0.0461***	0.8939***	0.8946***	0.8934***
标准误差	0.0091	0.0184	0.0175	0.0106	0.0172	0.0172	0.0092	0.0176	0.0172
。									
				0.7175***	0.4317***	0.6245***	0.0993***	0.0914***	0.0941***
标准误差				0.0040	0.0053	0.0059	0.0134	0.0252	0.0242
。		5.1878***	1.2350***		5.4135***	1.2694***		5.2868***	1.2408***
标准误差		0.7608	0.0534		0.8081	0.0568		0.7766	0.0530
。									
对数(L)	-2087.32	-2033.89	-2038.22	-2370.03	-2160.38	-2185.16	-2086.68	-2033.63	-2037.92
坚持不懈	0.9724	0.9654	0.9672	0.0459	0.0491	0.0461	0.9741	0.9682	0.9696
枸杞(22)	32.6362	32.6362	32.6362	32.6362	32.6362	32.6362	32.6362	32.6362	32.6362
	(0.0672)	(0.0672)	(0.0672)	(0.0672)	(0.0672)	(0.0672)	(0.0672)	(0.0672)	(0.0672)
枸杞 <sup>2</sup> (22)	189.92	190.07	189.83	189.68	189.66	189.72	189.88	189.76	189.81
	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)

\*\*\*和\*\*分别指在99%和95%的置信水平下的显著性，LBQ(22)是滞后22的创新的Ljung-Box检验，LBQ<sup>2</sup>(22)是滞后22的创新平方的Ljung-Box检验，括号里是LBQ检验的P值。Std.err是标准误差。

<sup>5</sup>EGARCH (1,1) 的模型是 
$$\ln h_t = \omega + \alpha_1 \left| \frac{r_{t-1}}{\sqrt{h_{t-1}}} \right| + \beta_1 \ln h_{t-1} + \gamma_1 \frac{r_{t-1}}{\sqrt{h_{t-1}}} \quad (1)$$
 其中  $\gamma_1$  是不对称性参数，用于捕捉杠杆效应。

<sup>6</sup>GJR-GARCH (1,1) 的模型是 
$$h_t = \omega + \alpha_1 r_{t-1} + \beta_1 h_{t-1} + \alpha_2 r_{t-1}^2 + \gamma_1 r_{t-1} \quad (2)$$
 其中， $\alpha_2$  等于1，当  $r_{t-1} > 0$ ，并且  $\gamma_1$  另一个是零。

不同于零，这表示没有预期的否定倡议性的再变成了意味着更高的条件方差，相比之下到相同规模的正收益。除非EGARCH模型非常低，否则所有模型都显示出强烈的波动率持久性，从0.9654到0.9741不等，也就是说，波动率一旦增加，就有可能在几个价格期保持高位。

**3.2.2. 马尔科夫时间转换GARCH模型的估计结果和MRS-GARCH模型的汇总统计见表4。**大多数参数的估计结果

伙伴们在MRS-GARCH属于差异巨大有别于至少在95%的置信度下有意义的和 $\omega_1$ 在一些国家是不显著的，是指的模型都显示出强烈的波动性，也就是说，波动性一旦增加，就有可能在几个价格时期内重新主要高。

### 3.2.3. 样本内评估

我们使用各种拟合度统计来比较波动率模型。这些统计数字是Akaike信息准则（AIC）Schwarz Bayesian信息准则（SBIC）和Log-likelihood（LOGL）值。在表5，

表MRS-GARCH模型的汇总4.结果。

参数	MRS-GARCH							
	低波动性制度				高波动性制度			
国家 <i>i</i>	低波动性制度	高波动性制度	低波动性制度	高波动性制度	低波动性制度	高波动性制度	低波动性制度	高波动性制度
$\omega$	0.0830**	0.1800**	0.1136***	0.1699**	0.1135***	0.1699**	0.1708**	0.1088***
标准误差。	0.0404	0.0934	0.0388	0.0766	0.0389	0.0766	0.0776	0.0369
$\omega^0$	0.0137*	2.1786***	0.0111	1.6163***	0.0111	1.6152***	1.8421***	0.0126
标准误差。	0.0075	0.3353	0.0086	0.513	0.0086	0.531	0.487	0.0096
$\omega_1$	0.0463***	0.3654***	0.0380**	0.3170***	0.0380**	0.3170***	0.3244***	0.0418**
标准误差。	0.0127	0.1029	0.016	0.1154	0.0161	0.1167	0.1258	0.018
$\omega_2$	0.9436***	0	0.9535***	0.1844	0.9535***	0.1859	0.1015	0.9485***
标准误差。	0.0151	0.1115	0.0175	0.1771	0.0175	0.1798	0.1403	0.02
$\rho$	0.9975***		0.9981***		0.9983***		0.9981***	
标准误差。	0.0023		0.0024		0.0024		0.0029	
$\omega q$	0.9976***		0.9983***		0.9981***	0.9983***	0.9981***	0.9983***
标准误差。	0.0021		0.0024		0.0024	1.4119	0.0033	0.0033
Log(L)–2050.44–2013.2–2017.57–2013.22								
$\alpha_2$	1.3564	3.433	1.3059	3.2417	1.3059	3.2492	3.2087	1.3
$\pi$	0.5103	0.4897	0.4722	0.5278	0.4722	0.5278	0.5278	0.4722
坚持不懈	0.9899	0.3654	0.9915	0.5014	0.9915	0.5029	0.4259	0.9903
枸杞(22)	34.9963		34.9963		34.9963		34.9963	
	(0.0388)		(0.0388)		(0.0388)		(0.0388)	
枸杞 <sup>2</sup> (22)	178.7254		178.6977		178.7734		178.7132	

(0.0000)

(0.0000)

(0.0000)

(0.0000)

---

\*\*\*和\*\*分别指在99%和95%的置信水平下的显著性，LBQ(22)是滞后创新的Ljung-Box检验 22,LBQ<sup>2</sup>(22)是滞后22的平方创新的Ljung-Box检验，括号内为LBQ检验的P值。Std.err是标准误差。

表：.样本内评估 的结果。

模型	ÅÅÅÅ	LOGLR MSE1	r mse2 r qlike r mad	2R mad1 R hmse R
GARCH-N	4 30.9724.5089 9 3.5260 9	-2087.32 101.3811	1250.1151 8 1.6646 7 8.44	61132.7378120.8701 12
GARCH-t	5 30.9654.4210 4 3.4423 1	-2033.89 5 1.3298	848.23191.665910 2 8.44	33122.66060.8611 6 11
GARCH-GED	5 30.9672.4282 6 3.4496 5	-2038.22 7 1.3337	1048.5005 6 1.6652 9 8.39	719 2.6654 7 0.8589 9
EGARCH-N	5 0.0459 3.9850 13 4.0063 13	-2370.03 13 1.1555	148.1433 1 2.1364 12 7.1405 3 2.1949 3 0.7389 3	
EGARCH-t	6 0.0491 3.6349 11 3.6605 11	-2160.38 11 1.1584	248.3600 5 2.1317 11 7.1359 2 2.1939 1 0.7384 1	
EGARCH-GED	6 0.0461 3.6764 12 3.7020 12	-2185.16 12 1.1608	348.3539 3 2.1563 13 7.1297 1 2.1945 2 0.7388 2	
GJR-GARCH-N	5 0.9741 3.5095 10 3.5309 10	-2086.68 9 1.3896	1350.5501 9 1.6635 5 8.4406 11 2.7520 13 0.8706 13	
GJR-GARCH-t	6 0.9682 3.4222 5 3.4478 3	-2033.63 4 1.3328	948.3546 4 1.6647 8 8.4319 10 2.6658 8 0.8604 10	
GJR-GARCH-GED	6 0.9696 3.4294 7 3.4550 7	-2037.92 6 1.3381	1148.6682 7 1.6641 6 8.3906 8 2.6733 9 0.8588 8	
MRS-GARCH-N	10 0.9911 3.4571 8 3.4998 8	-2050.44 8 1.3002	451.2119 10 1.6149 2 8.2523 5 2.6546 4 0.8427 5	
MRS-GARCH-2t	12 0.9920 3.3980 2 3.4492 4	-2013.2 1 1.3254	655.5689 12 1.6152 3 8.2603 7 2.6913 10 0.8465 7	
MRS-GARCH-t	11 0.9910 3.4036 3 3.4506 6	-2017.57 3 1.3047	552.8737 11 1.6148 1 8.2246 4 2.6602 5 0.8413 4	
MRS-GARCH-GED	11 0.9921 3.3963 1 3.4433 2	-2013.22 2 1.3268	756.0621 13 1.6157 4 8.2578 6 2.6917 11 0.8461 6	

N=参数数，PERS=持久性，R=等级。

本文介绍了所有波动率模型的拟合优度统计和损失函数<sup>7</sup>的结果。根据AIC，MRS-GARCH-GED是最好的。GARCH-t在SBIC中是最好的，MRS-GARCH-2t在LOGL中是最好的，EGARCH-在MSE1和MSE2中，N是最好的。MRS-GARCH-t在QLIKE中是最好的。EGARCH-GED在MAD2中是最好的，EGARCH-t在MAD1和HMSE中是最好的。我们发现，不同的模型适用于各种损失函数。

4. 预测样本外的波动率

在这一节中，我们研究了MRS-GARCH和GARCH类型模型从样本外预测黄金价格波动的能力。

在表6中，我们列出了提前一天预测波动率的样本外损失函数的结果，我们发现EGARCH和MRS-GARCH模型表现最好。

<sup>7</sup>损失函数。

$$MSE_1 = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left( \frac{1}{h_{t,K}} \right)^2, \quad MSE_2 = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left( \frac{1}{h_{t,K}} \right)^2 h_{t,K}^2,$$
$$QLIKE = -\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \ln \left( \frac{1}{h_{t,K}} \right),$$
$$MAD_1 = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{1}{h_{t,K}} \right|, \quad MAD_2 = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{1}{h_{t,K}} \right| h_{t,K}^2,$$

5. 用预测的波动率和预测的价格交易期货合约

本研究的目的是评估将不同模型应用于黄金价格波动的盈利能力。我们假设市场是一个完美的市场，我们策略中的位置不超过一天，如下文所述。

我们应用了布林带指标，我们使用了2011年8月1日至30日的21天的样本（我们在GF10Q11系列中交易一个合约，是黄金价格的未来合约，到期日为2011年8月），逐日交易一个合约，我们不包括结算，回报不包括成本价格，即保证金，收费。多头头寸的每日净收益率计算如下。

$$R_{t+1} = C_{t+1} - O_{t+1} - m_{ht1} \sqrt{\quad}$$

其中  $R_{t+1} = C_{t+1} - O_{t+1}$  是回报率、收盘价、开盘价。  
 $m_{ht1}$  是预测下一天 $t+1$ 的波动率 和  
 $m$ 是+常数。  
平仓的每日净收益率是com-  
归纳如下。

$$R_{t+1} = O_{t+1} + \mu \sqrt{h_{t+1}} C_{t+1}$$

表中显示7，收益率的累积值与

$$HMSE = \frac{\sum_{t=1}^K 1}{n_{t=1,K}}$$

Markov Regime Switching、GARCH-N模型和GJR-N模型给出的累计回报率超过了



表结果6.提前一天预测波动率的样本外损失函数。

模型	MSE1	R	MSE2	R	QLIKE	R	MAD1	R	MAD2	R	HMSE	R
GARCH-N	0.063	6	0.681	6	1.554	13	0.179	3	0.529	6	0.185	10
GARCH-t	0.055	5	0.566	4	1.538	11	0.170	2	0.493	4	0.181	8
GARCH-GED	0.056	3	0.585	5	1.539	12	0.167	1	0.488	3	0.182	9
EGARCH-N	0.057	4	0.330	3	1.537	10	0.217	7	0.519	5	0.240	13
EGARCH-t	0.047	1	0.266	1	1.525	6	0.183	4	0.429	1	0.218	11
EGARCH-GED	0.049	2	0.269	2	1.529	8	0.201	5	0.470	2	0.220	12
GJR-GARCH-N	0.124	10	1.306	10	1.532	9	0.298	12	0.896	12	0.129	7
GJR-GARCH-t	0.105	8	1.070	8	1.523	5	0.275	10	0.815	10	0.117	5
GJR-GARCH-GED	0.109	9	1.127	9	1.525	6	0.279	11	0.830	11	0.120	6
MRS-GARCH-N	0.156	13	1.766	13	1.491	3	0.326	13	0.998	13	0.080	4
MRS-GARCH-2t	0.132	11	1.595	11	1.487	1	0.250	8	0.763	8	0.079	3
MRS-GARCH-t	0.133	12	1.606	12	1.487	1	0.250	8	0.765	9	0.071	1
MRS-GARCH-GED	0.086	7	0.915	7	1.492	4	0.213	6	0.625	7	0.073	2

表7.在8月30日至30日期间交易黄金价格 $m$ 的未来合约的累积回报率 2011.

日期与 交易。	GARCH			EGARCH			GJRMRS-GARCH						
	N	t	GED	N	t	GED	N	t	GED	N	t	2t	GED
1/8/2011	-40.0	-40.0	-40.0	-40.0	-40.0	-40.0	-40.0	-40.0	-40.0	-50.0	-50.0	-50.0	-50.0
2/8/2011	-100.0	-90.0	-90.0	-80.0	-90.0	-90.0	-90.0	-90.0	-90.0	-110.0	-110.0	-110.0	-110.0
3/8/2011	620.0	630.0	630.0	630.0	630.0	620.0	630.0	630.0	630.0	600.0	600.0	600.0	600.0
4/8/2011	700.0	710.0	710.0	710.0	710.0	690.0	710.0	710.0	710.0	670.0	670.0	670.0	680.0
5/8/2011	740.0	750.0	750.0	750.0	750.0	730.0	750.0	750.0	750.0	700.0	700.0	700.0	710.0
8/8/2011	1470.0	1490.0	1480.0	1490.0	1490.0	1470.0	1500.0	1500.0	1500.0	1420.0	1420.0	1420.0	1430.0
9/8/2011	2530.0	2550.0	2540.0	2530.0	2530.0	2510.0	2560.0	2560.0	2560.0	2480.0	460.0	2460.02	2480.0
10/8/2011	2510.0	2530.0		2520.0	2500.0	2480.0	2560.0	2560.0	2560.0	2460.0	2430.0	2430.0	2460.0
11/8/2011	2190.0	2210.0	20.025	2280.0	2170.0	2150.0		2260.0	2260.0	2180.0	2120.0	2120.0	2160.0
15/8/2011	1750.0	1770.0	00.021	1710.0	1700.0	1680.0	60.022	1830.0	1830.0	1760.0	1670.0	1670.0	1710.0
16/8/2011	1440.0	1460.0	50.017	1470.0	1360.0	1340.0	30.018	1520.0	1520.0	1460.0	1350.0	1350.0	1400.0
17/8/2011	1670.0	1690.0	40.013	1570.0	1560.0	1540.0	20.015	1750.0	1750.0	1700.0	1570.0	1570.0	1620.0
18/8/2011	1770.0	1790.0		1640.0	1640.0	1610.0		1850.0	1850.0	1820.0	1670.0	1670.0	1720.0
19/8/2011	2670.0	2690.0		2520.0	2520.0	2490.0		2760.0	2760.0	2730.0	2570.0	2570.0	2620.0
22/8/2011	3510.0	3530.0		3340.0	3360.0	3310.0		3610.0	3610.0	3590.0	3410.0	3410.0	3460.0
23/8/2011	3840.0	3850.0		3650.0	3670.0	3610.0		3950.0	3950.0	3930.0	3740.0	3740.0	3780.0
24/8/2011	2870.0	2880.0		2710.0	2680.0	2630.0		3020.0	3020.0	3000.0	2800.0	2800.0	2830.0
25/8/2011	5220.0	5230.0		5040.0	5000.0	4950.0		5410.0	5420.0	5420.0	5220.0	5220.0	5220.0
26/8/2011	4390.0	4400.0		4120.0	4080.0	4050.0		4570.0	4580.0	4640.0	4450.0	4450.0	4410.0

29/8/2011	5240.0	5240.0	5210.0	4900.0	4870.0	4820.0	5450.0	5420.0	5430.0	5460.0	5270.0	5270.0	5220.0
30/8/2011	4920.0	4920.0	4890.0	4520.0	4470.0	4420.0	5150.0	5110.0	5120.0	5150.0	4960.0	4960.0	4900.0

---

当我们使用 $m \neq 30$ 的时候，其他模型 30.

## 6. 结论

在本文中，我们使用马尔科夫制度转换GARCH (MRS-GARCH) 模型来预测黄金价格的波动。这些模型允许波动率根据未观察到的制度变量而具有不同的动态。

本文的主要目的是找出MRS-GARCH模型是否是对GARCH的改进。在建模和预测金价封闭式价格波动方面，我们采用了包括GARCH (1,1)、EGARCH (1,1) 和GJR-GARCH (1,1) 在内的类型模型。我们比较了MRS-GARCH (1,1) 模型与GARCH (1,1)、EGARCH (1,1)、GJR-GARCH (1,1)模型。所有模型都是在三种分布假设下进行验证的，即Normal、Student-t和GED。此外，MRS-GARCH模型还考虑了Student-t分布，该分布在每个重合时间内有不同的自由度。

我们首先分析了各种波动率模型的样本内表现，以确定2007年1月4日至2011年8月30日期间波动率模型的最佳形式。正如预期的那样，波动率在一段时间内不是恒定的，并且呈现出波动率的聚类，显示出资产价格的巨大变化往往紧随其后，而小的变化往往紧随其后的小变化。

回报系列的描述性统计是以尾部较粗的回报为代表。扩增的迪克-富勒检验表明金价的对数回报是静止的。金价的序列相关证实了它是非静止的，但金价的序列对数回报是静止的。回报平方的序列相关表明存在着异方差性。本实证部分采用GARCH类型和MRS-GARCH模型来估计金价的波动性。为了说明金融收益的肥尾特征，我们考虑了三种不同的创新分布。几乎所有GARCH模型的参数估计值都在1%的范围内高度显著。MRS-GARCH中的大多数参数估计值至少在95%的置信度水平上与零有显著差异。然而，所有波动率模型的拟合统计学和损失函数的结果是不同的。

我们使用的交易细节描述了1/08/2011-30/08/2011期间黄金价格的封闭价格和黄金期货合约 (GF10Q11) 的交易预测。我们发现，当我们使用 $m = \text{GARCH-N}$  (MRS-GARCH-N) 模型和GJR-N模型时，使用Markov Regime Switching GARCH-N的累积收益率比其他模型高。 30.

为了进一步研究，可以考虑设置三个或四个波动率制度，而不是两个波动率制度。另外，将马尔科夫制

MRS-GARCH模型的性能可以在未来用于多头和空头。被套期保值的是

## 7. 鸣谢

泰国

这项研究得到了研究基金BRG的（部分）支持。

## 参考文献

- [1] A.Mehmet, "土耳其金融市场的分析与研究 Markov Regime Switching Volatility Models," The Middle East Technical University, Ankara, 2008.

度转换与其他波动率模型（如EGARCH, GJR）结合起来使用。此外，每

- [2] R.Engle, "自回归条件异方差 with Estimates of the Variance of United Kingdom Inflation," *Econometrica*, Vol. 50, No. 4, 1982, pp.
- [3] T.Bollerslev, "Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity," *Journal of Econometrics*, Vol.31, No.3, pp1986,.307-327. [doi:10.1016/0304-4076\(86\)90063-1](https://doi.org/10.1016/0304-4076(86)90063-1)
- [4] D.B. Nelson, "资产回报的条件性异方差。A New Approach," *Econometrica*, Vol. 59, No. pp2,1991,.
- [5] L.R. Glosten, R. Jagannathan and D. Runkle, "On the Relation between the Expected Value and the Nominal Excess Return on Financials," *Journal of Finance*, Vol. No48,. pp5,1993,.  
[Doi:10.2307/2329067](https://doi.org/10.2307/2329067).
- [6] J.D. Haminton和R. Susmel, "Autoregressive Conditional Heteroskedasticity and Change in Regime," *Journal of Econometrics*, Vol.64, No.1-2, 1994, pp.307-333. [doi:10.1016/0304-4076\(94\)90067-1](https://doi.org/10.1016/0304-4076(94)90067-1)
- [7] Z.F. Guo and L. Cao, "A Smooth Transition GARCH Model with Asymmetric Transition Phases," *Proceedings of International Conference of Financial Engineering*, London, 6-8 July 2011.  
[http://www.iaeng.org/publication/WCE2011/WCE2011\\_pp\\_439-441.pdf](http://www.iaeng.org/publication/WCE2011/WCE2011_pp_439-441.pdf)
- [8] Z.F. Guo和L. Cao, "An Asymmetric Smooth Transition GARCH Model," *IAENG Journals*, 2011.  
[http://www.iaeng.org/IJAM/issues\\_v41/issue\\_4/IJAM\\_41\\_4\\_10.pdf](http://www.iaeng.org/IJAM/issues_v41/issue_4/IJAM_41_4_10.pdf)
- [9] J.Marcucci, "Forecasting Financial Market Volatility with Regime-Switching GARCH Model," Working Paper, University of California, San Diego, 2005.
- [10] T.Edel和M.Brian, "对金价主要影响因素的APGAR CH调查", 都柏林大学, 都柏林。2005.
- [11] S.格雷, "将利率的条件分布作为一个制度转换过程进行建模", 《金融经济学杂志》, 第42卷, 第1期, 1996年, 第27-62页, [DOI:10.1016/0304-405X\(96\)00875-6](https://doi.org/10.1016/0304-405X(96)00875-6)
- [12] F.Klaanssen, "Improving GARCH Volatility Forecasts with Regime-Switching GARCH," *Empirical Economics*, Vol.27, No.2, 2002, pp.363-394.  
[doi:10.1007/s001810100100](https://doi.org/10.1007/s001810100100).
- [13] C.J.Kimand和C.R.Nelson, "具有时序转换的状态空间模型：经典和吉布斯抽样方法--".

ches with Applications," MIT Press, Cambridge, 1999.

- [14] J.D. Hamilton, "A New Approach to the Economic Analysis of Nonstationary Time Series and the Business Cycle," *Econometrica*, Vol. No57,. pp.2,1989,
- [15] J.D. Hamilton, "Analysis of Time Series Subject to Change in Regime," *Journal of Econometrics*, Vol.45, No.1-2, 1990, pp.39-70. [doi:10.2307/1912559](https://doi.org/10.2307/1912559)