

最优外汇储备币种结构选择研究*

邹宏元 袁继国 罗 然

摘要:目前,国内外经济学家多运用组合资产选择等模型来确定最优币种结构,而本文将在模糊决策框架下研究我国外汇储备最优币种结构选择问题。

关键词:外汇储备 币种结构 模糊决策

(一)模型的建立

我们认为,中央银行在外汇币种结构管理方面的目标是设定一个在一定时期内相对稳定的货币组合。这样,一方面有利于中央银行进行外汇储备管理;另一方面可以节约因频繁变动货币储备结构引致的交易成本。要实现这一目标,中央银行就必须确定外汇储备中的币种结构。

本文假定谨慎的中央银行设定的目标是最大化以不同货币计价的最不利条件下的满意度,而该满意度是由不同货币计价的可能收益确定的。

1. 外汇储备货币币种和计价货币的选择。由于储备资产多元化不仅有利于储备资产的保值和增值,也有利于应对国际通货膨胀,所以中央银行的储备资产应该包含多个币种的资产。在估计外汇储备币种结构时,我们设定中央银行偏好用某几种货币分别计价。在本文中我们假设,中央银行设定多个目标,每个目标分别是以某种货币计价的中央银行持有的外汇储备的收益的满意度,而谨慎的中央银行的最终目标就是使这个目标集合中的最小值最大化。

2. 收益的确定。给定上述各种条件限制,中央银行还需考虑的一个关键变量是在外汇储备持有期内实现的收益率。由于一方面中央银行持有庞大的外汇储备,在外汇市场上难以找到套期保值的交易对手,所以我们假设中央银行完全不做套期保值。这样,我们设定在第 k 种情况下,以第 j 种货币计价,第 i 种货币资产在 0 到 T 时期的收益率为:

$$R_{ik}^j(T) = [(1+r_i)^T S_{jik}(T) / S_{jik}(0)] - 1 \quad (1)$$

其中, $i \in G_I = \{1, 2, \dots, I\}$, G_I 表示 I 种货币资产构成的集合, $j \in G_J = \{1, 2, \dots, J\}$, G_J 表示 J 种计价货币构成的集合, $k \in G_K = \{1, 2, \dots, K\}$, G_K 表示 K 种情况构成的集合。 r_i 为第 i 种货币 1 年期的无风险利率, $S_{jik}(0)$ 为在 0 时刻第 i 种货币以第 j 种计价货币的汇率, $S_{jik}(T)$ 为在 T 时刻第 i 种货币以第 j 种计价货币的汇率。显然, G_I 和 G_J 这两个集合的元素数量并不一定相等。为了讨论的方便,我们假设, G_I 和 G_J 两个集合中相同数字表示的元素代表相同货币。

显然,如果 $i=j$,那么 $S_{jik}(0) = S_{jik}(T) = 1$,即货币自身的汇率始终为 1,所以有: $R_{ik}^j(T) = (1+r_i)^T - 1$ $i=1, 2, \dots, N$ 。

令第 i 种货币资产的权重为 x_i ,这些权重 x_i 构成权重向量 $\vec{x}_i = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_i)$ 那么,在第 k 种情况下,按照货币 j 计价的外汇储备总收益率为: $R_k^j(\vec{x}) = \sum_i x_i R_{ik}^j$ 。

3. 附条件的多目标最优化问题。根据其偏好,中央银行在考虑以各种货币计价的外汇储备的收益率时会有所不同。根据其偏好,他可能认为以某种货币计价的较高收益率等同于以另一种货币计价的较低收益率。所以,我们需要通过一个满意度函数把各种货币计价下的收益率转换成中央银行的满意度,通过这个满意度来反映中央银

行对以某种货币计价的某种收益率时的满意程度,而这种以不同货币计价的收益率的满意度则是可以直接比较的。事实上,根据显示偏好理论,若数据充分,我们就可以得到中央银行的偏好矩阵,进而得到中央银行的偏好函数,这个偏好函数应具有序数的性质,任意改变中央银行偏好矩阵的对偏好函数的单调变换都对分析结果无影响。为了保证满意度 $u_{jk} \in (0, 1) \subset [0, 1]$,即满足模糊数学定义,我们假设可以采用下面的反正切函数来表示中央银行的满意度:

$$u_{jk}[R_k^j(\vec{x})] = \{\arctan[R_k^j(\vec{x}) - p_j] + \pi/2\} / \pi \quad (2)$$

在该隶属函数中, $R_k^j(\vec{x})$ 是收益率,显然 $R_k^j(\vec{x}) \geq -1$ 。因为如果 $R_k^j(\vec{x}) = -1$,则为完全亏损,所以, $R_k^j(\vec{x}) \in [-1, +\infty)$ 。 $u_{jk}[R_k^j(\vec{x})]$ 为满意度,其值域为 $(0, 1)$ 。

在上述目标函数中单独看某个 p_j 是没有意义的,只有当两个 p_{j1} 和 p_{j2} 相对比较时,其经济学意义才显露出来。比如 $p_{j1} = 0.1$ 和 $p_{j2} = 0$ 就表明,中央银行更重视用货币 $j1$ 计价时外汇储备的收益,并且按货币 $j1$ 计价的收益率比按货币 $j2$ 计价的收益率大 10% 时,中央银行对二者的满意度是没有差别的。另外,从函数中,我们也可以看出在其他条件不变时, p_j 越大, $u_{jk}[R_k^j(\vec{x})]$ 越小。

由于中央银行在决定外汇储备的最优币种结构时还需要考虑进口需求和外债偿还等因素,所以对每种货币资产而言,我们还需要再增加两个隶属函数来模型化条件。若我们把外债偿还条件表示为 c_1 ,把进口需求条件表示为 c_2 ,则模型化第 i 种货币资产的条件隶属函数为:

$$u_{i,c_1}(\vec{x}) = \begin{cases} 0 & x_i \leq x_{\min}^{i,c_1} \\ (x_i - x_{\min}^{i,c_1}) / (x_{\max}^{i,c_1} - x_{\min}^{i,c_1}) & x_{\min}^{i,c_1} < x_i \leq x_{\max}^{i,c_1} \\ 1 & x_i > x_{\max}^{i,c_1} \end{cases} \quad (3)$$

$$u_{i,c_2}(\vec{x}) = \begin{cases} 0 & x_i \leq x_{\min}^{i,c_2} \\ (x_i - x_{\min}^{i,c_2}) / (x_{\max}^{i,c_2} - x_{\min}^{i,c_2}) & x_{\min}^{i,c_2} < x_i \leq x_{\max}^{i,c_2} \\ 1 & x_i > x_{\max}^{i,c_2} \end{cases} \quad (4)$$

其中, $i \in G_I, j \in G_J, k \in G_K$ 。

这样,中央银行的最优化决策问题,就转换为:

$$\max_{\vec{x}} \{\min(u_{jk}[R_k^j(\vec{x})], u_{i,c_1}(\vec{x}), u_{i,c_2}(\vec{x}))\} \quad (5)$$

$$i \in G_I, j \in G_J, k \in G_K$$

满足 $\sum_{i=1}^N x_i = 1, x_i \geq 0$

其中, $\sum_{i=1}^N x_i = 1$ 表示考虑了外汇储备中包含的所有货币的资产, $x_i \geq 0$ 表示所持有的外汇储备不能有空头头寸。

引入辅助变量 λ ,以上最优化问题可以化简为:

$$\max_{\lambda} \lambda, i \in G_I, j \in G_J, k \in G_K \quad (6)$$

满足 $u_{jk}[R_k^j(\vec{x})] \geq \lambda, u_{i,c_1}(\vec{x}) \geq \lambda, u_{i,c_2}(\vec{x}) \geq \lambda, \sum_{i=1}^N x_i = 1, x_i \geq 0$

上述模型隐含了一个假设,即只考虑了外债偿还和进口需求两者中的较大的一个。但在实际中,作为谨慎的中央银行,需同时考虑到外债偿还和进口需求支付带来的风险,所以模型化第 i 种货币资产的条件隶属函数就为:

$$u_{i,c_1+c_2}(\vec{x}) = \begin{cases} 0 & x_i \leq x_{\min}^{i,c_1} + x_{\min}^{i,c_2} \\ \frac{x_i - (x_{\min}^{i,c_1} + x_{\min}^{i,c_2})}{(x_{\max}^{i,c_1} + x_{\max}^{i,c_2}) - (x_{\min}^{i,c_1} + x_{\min}^{i,c_2})} & x_{\min}^{i,c_1} + x_{\min}^{i,c_2} < x_i \leq x_{\max}^{i,c_1} + x_{\max}^{i,c_2} \\ 1 & x_i > x_{\max}^{i,c_1} + x_{\max}^{i,c_2} \end{cases} \quad (7)$$

* 本文系西南财经大学“211 项目”《中国国际储备研究》部分成果。

其中 $i \in G_I, j \in G_J, k \in G_K$ 。

这样,中央银行的最优化决策问题,就转换为:

$$\max_{\lambda} \{ \min(u_{jk}[R_k^j(\bar{x})], u_{i_1, i_2}(\bar{x})) \}, i \in G_I, j \in G_J, k \in G_K \quad (8)$$

满足 $\sum_{i=1}^n x_i = 1, x_i \geq 0$

引入辅助变量 λ , 以上最优化问题可以化简为:

$$\max_{\lambda} \lambda, i \in G_I, j \in G_J, k \in G_K \quad (9)$$

满足 $u_{jk}[R_k^j(\bar{x})] \geq \lambda, u_{i_1, i_2}(\bar{x}) \geq \lambda, \sum_{i=1}^n x_i = 1, x_i \geq 0$

(二) 中国最优外汇储备币种结构估计

在这一部分中,我们结合实际数据,运用上述模型来估计中国外汇储备币种的最优构成。

1. 储备货币的选择和计价货币的选择。首先,我们需要确定 G_I 和 G_J 这两个集合。就选择外汇储备中货币资产的币种构成而言,由于外汇储备资产的多元化有助于保护外汇储备的价值,应付事件风险和通货膨胀,所以外汇储备常常包含有多种货币的资产;也就是说,集合 G_I 应包含有多种货币。在考虑外汇储备应该包含哪些币种的资产,即 G_I 由哪些货币构成时,应该遵循 3 个原则,它们分别是经济实力原则、币值稳定性原则和交易匹配原则。目前,世界上最大的 3 个经济体分别是欧盟、美国、日本,他们在 2007 年的 GDP 分别为:163700 亿美元,139800 亿美元,52900 亿美元。此外,上述 3 个地区和国家,在资本市场的广度、深度和流动性方面的优势也很明显。发达的资本市场为这些国家和地区提供了货币需求的融资便利,这就为欧元、美元、日元作为储备货币奠定了坚实的基础。另外,我国主要贸易伙伴是欧盟、美国、日本、东盟、香港等国家和地区。从结算货币来看主要为美元、欧元、日元和港币。综上考虑,我国外汇储备应以欧元资产、美元资产和日元资产为主,即 $G_I = \{eur, usd, jpy\}$ 。

就计价货币的选择而言,因为美国、欧盟和日本是世界上最大的 3 个经济体,许多商品都可以从这 3 个经济体购买获得,而且他们的货币是世界上商业往来中常常用到的 3 种货币,所以各国中央银行都十分重视以这 3 种货币计价时外汇储备的价值变化。进一步,我们假设中央银行完全忽视在以其他货币计价下外汇储备价值的变化。这样,我们又确定了 G_J , 即 $G_J = \{eur, usd, jpy\}$ 。

2. 参数 P_j 的确定。上述模型中还包含参数 P_j , 这些参数对模型的解,即对外汇储备的最优币种构成的影响极大。出于偏好考虑,我们假定计价货币偏向于使用美元和欧元,而不是以日元计价时的收益,所以,以美元和欧元计价时, $P_{usd} = P_{eur} = 10\%$, 以日元计价时, $P_{jpy} = 0$ 。值得一提的是,上述参数的设定中的 $P_{usd} - P_{jpy} = 10\%$ 可能显得太低了,但是,考虑到根据经验数据,货币收益的平均波动为 8%~10%, 收益率差为 10% 只是表示更看重以美元或欧元计价的收益率,且可承受的以美元和欧元计价收益率比以日元计价收益率略微超过一倍标准差,所以这种参数的设定还是基本合理的。

3. 进口需求。我们还需要确定进口、外债这两个因素,但因为一年内需偿还的分币种的外债数据不可得,所以,这里我们只考虑进口需求。

考虑到进口需求,我们增加表示该条件的隶属函数:

$$u_{i_1, i_2}(\bar{x}) = \begin{cases} 0 & x_i \leq x_{\min}^{i_1, i_2} \\ (x_i - x_{\min}^{i_1, i_2}) / (x_{\max}^{i_1, i_2} - x_{\min}^{i_1, i_2}) & x_{\min}^{i_1, i_2} < x_i \leq x_{\max}^{i_1, i_2} \\ 1 & x_i > x_{\max}^{i_1, i_2} \end{cases} \quad (10)$$

显然,出于计算的需要,我们首先要确定参数 $x_{\min}^{i_1, i_2}$ 和

$x_{\max}^{i_1, i_2}$ 。对于外汇储备适度规模问题,国际货币基金组织提出了以年进口总值的 20%~50% 为适度储备水平。在这里,我们假设中央银行的目标是使各种货币的外汇储备基本满足国际货币基金组织提出的标准。同时,考虑到目前港币、日元、台币、韩元和东盟各国货币是钉住美元进行波动的。另外,虽然在目前的国际贸易中使用多种硬通货充当国际货币,但美元仍然是最主要的结算和计价货币,所以对以美元结算的进口额占总进口额的比例适当上调为 70%, 欧元上调为 16%, 日元取 14%。又由于,截止 2007 年,我国外汇储备总额为 15282.49 亿美元。按照我们之前的假定,中央银行的目标是使各种货币的外汇储备基本满足国际货币基金组织提出的标准,由此可以算出美元资产占比在进口需求下的条件函数中的参数为:

$$x_{\min}^{usd, eur} = 9588.2 \times 70\% \times 20\% \div 15282.49 = 8.8\%$$

$$x_{\max}^{usd, eur} = 9588.2 \times 70\% \times 25\% \div 15282.49 = 11.0\%$$

类似地,我们还可以算出欧元资产占比、日元资产占比在进口需求下的条件函数中的参数,分别为:

$$x_{\min}^{eur, eur} = 2.0\%, x_{\max}^{eur, eur} = 2.5\%, x_{\min}^{jpy, eur} = 1.8\%, x_{\max}^{jpy, eur} = 2.2\%$$

4. 币种配置的最优解。在国际货币基金组织网站上,可以查得从 2001 年 1 月 1 日到 2008 年 6 月 30 日,每天的日元兑美元汇率和欧元兑美元汇率的数据,根据交叉汇率计算方法可以进一步算出日元兑欧元汇率。另外,在英国银行业协会的网站上,可以查出从 2001 年 1 月 1 日到 2008 年 6 月 30 日,每天的 1 年期欧元 LIBOR 利率、美元 LIBOR 利率和日元 LIBOR 利率。依次把每天的汇率、利率数据和一年后的汇率数据汇总,理论上可得到 2372 组数据。由于周末、节假日等原因,实际上可得到 1155 组数据。

根据式(1)我们可以计算出,在第 k 种情况下,以第 j 种货币计价的第 i 种货币资产 1 年期的收益率。我们假设这 1155 组情况下的收益率就是未来可能面对的 1155 种情况下的收益率。进而,我们也就确定了 G_K , 即 $G_K = \{1, 2, 3, \dots, 1155\}$ 。因为存在 1155 种情况、3 种计价货币、3 种货币资产 1 年期的收益率,所以可获得 $1155 \times 3 \times 3 = 10395$ 个收益率数据。

令区域 $D = \{(x_{eur}, x_{usd}, x_{jpy}) | x_{eur} \geq 0, x_{usd} \geq 0, x_{jpy} \geq 0, x_{eur} + x_{usd} + x_{jpy} = 1\}$ 。因为当 $\bar{x} \in D$ 时, $R_k^j(\bar{x})$ 是连续的,且值域 $\{R_k^j(\bar{x})\} \subseteq (-\infty, +\infty)$; 又当 $R_k^j(\bar{x}) \in (-\infty, +\infty)$ 时, $u_{jk}[R_k^j(\bar{x})]$ 也是连续的,所以当 $\bar{x} \in D$ 时, $u_{jk}[R_k^j(\bar{x})]$ 是连续的。从数学上,容易证明当 $\bar{x} \in D$ 时, $\min(u_{jk}[R_k^j(\bar{x})])$, $j \in G_J, k \in G_K$ 也是连续的。根据连续的定义,可以通过每隔 0.001 的距离取一个点的方法,求得最佳值。运用 matlab 计算,得到:

$$\lambda = 0.4478, x_{eur} = 0.3330, x_{usd} = 0.6450, x_{jpy} = 0.0220。$$

(三) 结论

本文运用模糊决策方法,用目标函数和条件函数来表述中央银行在外汇储备币种管理中的目标和限制条件,并求解最优币种结构。这种方法,不仅把外汇储备币种结构问题作为了一个整体加以考虑,并在一定程度上体现了序数效用论的观点,而且比较直观、便于应用。

运用上述模型和条件,在考虑进口因素和外汇储备的收益的情况下,我们估计中国外汇储备的最优币种结构是:美元为 64.5%, 欧元为 33.3%, 日元为 2.2%。

(作者单位:邹宏元、袁继国,西南财经大学金融学院;罗然,四川省银监局)