

基于宏观因子的 SVR-Black-Litterman 资产配置模型及其实证研究

张高勋^{1,2}, 张洪华²

(1. 西南科技大学数理学院, 四川 绵阳 621000; 2. 西南科技大学经济管理学院, 四川 绵阳 621000)

摘要: 随着全球经济不稳定性的增强和我国利率市场化的深入推进, 金融资产的波动性不断加剧, 资产组合优化配置问题依然是金融投资理论研究和实务领域的核心问题。Black-Litterman 模型因其解决了传统均值方差模型对参数敏感的问题, 且允许将投资者观点融入模型中, 已被广泛应用于资产配置实践中。然而投资者观点矩阵的确定一直是 Black-Litterman 模型理论和应用研究的难点。将宏观因子融入投资者观点矩阵, 应用基于主成分分析法的支持向量回归(SVR)模型实现观点矩阵的估计, 构建融入宏观因子的 SVR-Black-Litterman 资产配置模型。为检验模型的有效性, 将该模型与经典模型进行比较。实证结果表明, 所构建的模型具有较好的市场表现。

关键词: 宏观因子; 主成分分析法; 观点矩阵; SVR-Black-Litterman 模型

中图分类号: F832.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-1807(2024)05-0032-08

在资本市场人们往往最关注风险和收益两方面, 需考虑如何在风险和收益之间取得一个平衡。但往往大多数投资者更在乎收益, 而忽略了风险的存在。对于刚入市场的投资者, 保本才是关键的一步, 应循序渐进。在资本市场最忌讳的就是投机思维(短期内想取得巨大回报)。市场投资者应该树立正确的投资观念, 从而合理高效地配置资产。1952年, Markowitz^[1]提出均值-方差模型, 奠定了现代资产配置理论基础。然而, 大量的实证研究发现, 该模型存在一些不足, 如投资组合多样化程度低, 资产权重过于倾向于少数几个资产, 对输入参数敏感, 资产预期收益的微小变动将造成资产权重剧烈的变化。为克服这些不足, Black 和 Litterman^[2]在均值-方差模型基础上提出著名的 Black-Litterman 模型, 该模型应用贝叶斯方法将市场隐含收益和投资者观点相结合, 该模型的优势在于有效利用了市场信息以及投资者对未来的预期信息。如何引入投资者观点是 BL 模型构建的关键。曹杨丽和乔高秀^[3]从一个新的角度揭示流动性对我国股指期货与股票市场相关性的影响机制, 并提出基于支持向量回归(support vector regression, SVR)的窗口平均预测(AveW)方法研究已实现协方差的预

测。李宗铭和李房勇^[4]采用基于长短期记忆(LSTM)神经网络表达量化观点的方式为投资者提供了一种解决方案。周亮^[5]采用风险平价策略构造市场均衡组合, 并采用基于货币周期的资产轮动收益构造主观观点矩阵, 在将主观观点信心水平进行适当简化后, 形成了改进后的 Black-Litterman 模型。孟勇等^[6]基于社交网络文本挖掘算法度量投资者情绪, 运用主成分分析法构建行业投资者情绪指标, 并嵌入 Black-Litterman 模型中构建投资者观点矩阵, 确定行业资产配置比。姚海洋等^[7]以沪深 300 一级行业指数为研究样本, 运用自适应提升算法(adaptive boosting, AdaBoost)生成投资者观点, 并通过 Black-Litterman 模型建立行业资产的最优配置策略。徐维军等^[8]利用网络爬虫从东方财富股吧中获取富时中国 A50 成分股对应的股吧发帖文本数据, 对数据预处理并提取出股吧发帖文本的情绪指标作为投资者观点。梁龙跃和陈珊^[9]基于 Copula 观点融合的 Black-Litterman (BLCOP)模型研究 Copula 函数在资产配置中的应用, 作者用带偏 t 分布拟合市场先验分布, 基于 GARCH 模型预测值构造投资者主观观点。

考虑到宏观因子对资产价格有重要的影响, 越

收稿日期: 2023-12-07

基金项目: 国家社会科学基金(19BGL006)

作者简介: 张高勋(1977—), 男, 河南洛阳人, 副教授, 研究方向为资产配置和量化投资; 通信作者张洪华(1997—), 男, 四川眉山人, 硕士研究生, 研究方向为资产配置和量化投资。

来越多的学者将宏观因子引入到资产定价模型研究中。Bass 等^[10]通过对通胀挂钩债券、原油在内的 13 种大类资产的收益率进行主成分分析,将前 6 个主成分分别解释为经济增长、利率、通货膨胀、信用、新兴市场、商品 6 个宏观因子。牛晓键和章画意^[11]发现影响股票、债券、商品等大类资产收益的宏观因子为经济增长、利率、通货膨胀、汇率、信用,这 5 个宏观因子可有效解释大类资产收益。现有宏观因子文献主要应用线性回归方法对资产收益进行预测分析,较少将宏观因子融入资产配置中。考虑到基于宏观因子和 SVR 模型相结合的 BL 资产组合配置模型几乎没有,因此本文开展此方面的研究。

在基于信息系数 (information coefficient, IC) 初步筛选宏观因子的基础上,再通过主成分分析法对宏观因子进一步降维处理,应用支持向量回归 (SVR) 进一步对有效的宏观因子进行回归预测,从而实现基于宏观因子的投资者观点矩阵,并在此基础上,构建融入宏观因子的 SVR-Black-Litterman 资产配置模型。为检验该模型的市场表现,应用行业资产数据对该模型进行实证检验,并与常见的资产配置模型进行对比分析。研究结果表明该研究有助于为投资者机构或个人提供决策参考。

1 融入宏观因子的 SVR-Black-Litterman 模型构建

1.1 Black-Litterman 模型

Black-Litterman 模型是 Black 和 Litterman 在 Markowitz 均值-方差模型基础上的一种修正模型,其优势是能够将市场预期收益融入投资者观点。假设 n 种资产的收益率向量 $\mathbf{R} = (r_{1,t}, r_{2,t}, \dots, r_{n,t})^T$ 服从多元正态分布:

$$\mathbf{R} \sim N(\boldsymbol{\mu}, \boldsymbol{\Sigma}) \quad (1)$$

式中: \mathbf{R} 为收益率向量; $\boldsymbol{\mu}$ 为预期收益向量; $\boldsymbol{\Sigma}$ 为协方差矩阵。无约束均值-方差模型为求解最优组合问题:

$$\max_{\mathbf{W}} \boldsymbol{\mu}_p - \frac{\lambda}{2} \boldsymbol{\sigma}_p^2 \quad (2)$$

式中: $\boldsymbol{\mu}_p$ 为预期组合收益,即 $\boldsymbol{\mu}_p = \mathbf{W}^T \boldsymbol{\mu}$, $\mathbf{W} = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n)^T$; $\boldsymbol{\sigma}_p^2$ 为组合的方差,即 $\boldsymbol{\sigma}_p^2 = \mathbf{W}^T \boldsymbol{\Sigma} \mathbf{W}$; λ 为市场风险厌恶系数,用来度量整个市场的风险规避水平。式(2)的最优解为

$$\mathbf{W}^* = (\lambda \boldsymbol{\Sigma})^{-1} \boldsymbol{\mu} \quad (3)$$

Black 和 Litterman 将投资者观点融入 Markowitz 均值-方差模型,建立 Black-Litterman

模型。设 \mathbf{P} 为观点矩阵, \mathbf{Q} 为观点收益率向量,投资者观点可以表示为

$$\mathbf{Q} = \mathbf{P}\boldsymbol{\mu} + \boldsymbol{\varepsilon}, \boldsymbol{\varepsilon} \sim N(0, \boldsymbol{\Omega}) \quad (4)$$

这里假设投资者观点的不确定性扰动项 $\boldsymbol{\varepsilon}$ 服从 $(0, \boldsymbol{\Omega})$ 的正态分布, $\boldsymbol{\Omega}$ 为观点误差矩阵。Black 和 Litterman 假设预期收益率向量 $\boldsymbol{\mu}$ 可以分成两部分:基于市场先验信息的 $E(\boldsymbol{\mu})$ 和基于投资观点的预期收益率,并设 $E(\boldsymbol{\mu})$ 服从多元正态分布:

$$E\boldsymbol{\mu} \sim N(\boldsymbol{\pi}, \boldsymbol{\tau}\boldsymbol{\Sigma}) \quad (5)$$

式中: $\boldsymbol{\pi}$ 为市场均衡超额收益率; $\boldsymbol{\tau}$ 为预期收益率的不确定水平。特别的,若 $\boldsymbol{\tau} = 0$,则表示基于市场先验信息预期收益率 $E(\boldsymbol{\mu})$ 为市场均衡超额收益率 $\boldsymbol{\pi}$ 。Black 和 Litterman 根据贝叶斯方法思想得到 Black-Litterman 模型的预期收益率和资产间的协方差矩阵为

$$\boldsymbol{\mu}_{BL} = [(\boldsymbol{\tau}\boldsymbol{\Sigma})^{-1} + \mathbf{P}^T \boldsymbol{\Omega}^{-1} \mathbf{P}]^{-1} [(\boldsymbol{\tau}\boldsymbol{\Sigma})^{-1} \boldsymbol{\pi} + \mathbf{P}^T \boldsymbol{\Omega}^{-1} \mathbf{Q}] \quad (6)$$

$$\boldsymbol{\Sigma}_{BL} = [(\boldsymbol{\tau}\boldsymbol{\Sigma})^{-1} + \mathbf{P}^T \boldsymbol{\Omega}^{-1} \mathbf{P}]^{-1} \quad (7)$$

将式(6)和式(7)代入式(2)获得无约束 Black-Litterman 模型的最优解为

$$\mathbf{W}_{BL} = \{\lambda [(\boldsymbol{\tau}\boldsymbol{\Sigma})^{-1} + \mathbf{P}^T \boldsymbol{\Omega}^{-1} \mathbf{P}]^{-1} [(\boldsymbol{\tau}\boldsymbol{\Sigma})^{-1} + \mathbf{P}^T \boldsymbol{\Omega}^{-1} \mathbf{P}]^{-1} [(\boldsymbol{\tau}\boldsymbol{\Sigma})^{-1} \boldsymbol{\pi} + \mathbf{P}^T \boldsymbol{\Omega}^{-1} \mathbf{Q}]\} \quad (8)$$

1.2 融入宏观因子的 SVR-Black-Litterman 模型

投资者观点的表达是 Black-Litterman 模型构建的关键。应用基于宏观因子的 SVR 模型的预测结果来确定 Black-Litterman 模型的观点矩阵 \mathbf{P} 和观点收益率向量 \mathbf{Q} 。将融入宏观因子的观点矩阵和观点收益率向量分别记为 \mathbf{P}_{HG} 和 \mathbf{Q}_{HG} 。

支持向量回归 (SVR) 模型是在线性函数两侧制造了一个“间隔带”,间距为 ϵ (也叫容忍偏差,是由经验所得),对所有落入到间隔带内的样本不计算损失,也就是只有支持向量才会对其函数模型产生影响,最后通过损失最小化和最大化间隔

($\max_{w,b} \frac{1}{\|\mathbf{W}\|} |w x_i + b|$) 来得出优化后的模型。

SVR 问题可简化为

$$\begin{cases} \min_{w,b} \frac{1}{2} \|\mathbf{W}\|^2 + \text{loss} \\ \min_{w,b} \frac{1}{2} \|\mathbf{W}\|^2 + C \sum_{i=1}^m l_{\epsilon}[f(x_i), y_i] \end{cases} \quad (9)$$

用以上方程式构造拉格朗日函数,式(9)中 $\sum_{i=1}^m l_{\epsilon}[f(x_i), y_i]$ 为损失函数, $\forall i = 1, 2, \dots, N$, 求出各参数的值,从而回归预测未来一期股票市场行业指数收益率。通过 SVR 模型估计出各行业的收益率 $\tilde{r}_{1,t+1}, \tilde{r}_{2,t+1}, \dots, \tilde{r}_{n,t+1}$ (n 为行业数; t 为期), 构

建基于宏观因子的观点矩阵 \mathbf{P}_{HG} 和观点收益率矩阵 \mathbf{Q}_{HG} 。

投资者观点矩阵 \mathbf{P}_{HG} 是投资者基于宏观因子的国内股市 28 个行业指数的观点表示,即

$$\mathbf{P}_{\text{HG}} = (P_{i,j})_{n \times n} = \begin{bmatrix} P_{1,1} & P_{1,2} & \cdots & P_{1,n} \\ P_{2,1} & P_{2,2} & \cdots & P_{2,n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ P_{n,1} & P_{n,2} & \cdots & P_{n,n} \end{bmatrix}_{n \times n} \quad (10)$$

式中: n 为 28 个行业,即 $n = 1, 2, \dots, 28$, 观点矩阵 \mathbf{P}_{HG} 满足

$$P_{i,j} = \begin{cases} I\{\tilde{r}_{i,t+1} > r_f\}, & i = j \\ 0, & i \neq j \end{cases} \quad (11)$$

观点收益率矩阵满足

$$\mathbf{Q}_{\text{HG}} = (\tilde{r}_{1,t+1} I\{\tilde{r}_{1,t+1} > r_f\}, \tilde{r}_{2,t+1} I\{\tilde{r}_{2,t+1} > r_f\}, \dots, \tilde{r}_{n,t+1} I\{\tilde{r}_{n,t+1} > r_f\})^T \quad (12)$$

式中: r_f 为无风险收益; $I\{\cdot\}$ 为示性函数,即当 $\{\cdot\}$ 条件满足值为 1, 否则为 0。式(11)表示当行业超额收益率预测值大于 0, 看好该行业, 观点矩阵 \mathbf{P}_{HG} 对应元素为 1, 观点收益率矩阵对应元素为该行业的预测收益率, 否则, 不看好该行业, 观点矩阵 \mathbf{P}_{HG} 对应元素为 0, 观点收益率矩阵对应元素为 0。将式(10)和式(12)代入式(6)和式(7), 得到了融入宏观因子的 Black-Litterman 模型预期收益率和资产协方差矩阵:

$$\boldsymbol{\mu}_{\text{HG}} = [(\tau\boldsymbol{\Sigma})^{-1} + \mathbf{P}_{\text{HG}}^T \boldsymbol{\Omega}^{-1} \mathbf{P}_{\text{HG}}]^{-1} [(\tau\boldsymbol{\Sigma})^{-1} \boldsymbol{\pi} + \mathbf{P}_{\text{HG}}^T \boldsymbol{\Omega}^{-1} \mathbf{Q}_{\text{HG}}] \quad (13)$$

$$\boldsymbol{\Sigma}_{\text{HG}} = [(\tau\boldsymbol{\Sigma})^{-1} + \mathbf{P}_{\text{HG}}^T \boldsymbol{\Omega}^{-1} \mathbf{P}_{\text{HG}}]^{-1} \quad (14)$$

最后, 将(13)和(14)代入优化模型, 获得融入宏观因子的 SVR-Black-Litterman 模型:

$$\begin{cases} \max_{\mathbf{W}} \mathbf{W}^T \boldsymbol{\mu}_{\text{HG}} - \frac{\lambda}{2} \mathbf{W}^T \boldsymbol{\Sigma}_{\text{HG}} \mathbf{W} \\ 0 \leq \omega_i \leq U \\ \sum_{i=1}^n \omega_i = 1 \end{cases} \quad (15)$$

式中: $\mathbf{W} = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n)^T$ 为各个行业的权重向量。考虑到国内做空机制不完善, 假设行业权重不小于 0, 为防止某一个行业剧烈波动而导致资产有较大回撤, 设置某一个行业权重不超过某个确定的阈值 U 。

Black 和 Litterman^[2] 认为均值的不确定性小于收益不确定性, 所以 τ 应接近 0, 本文的实证部分测试 τ 取值在 $[0.01, 0.05]$ 时模型的稳健性, 同时,

实证部分也测试了不同风险厌恶系数 λ 条件下模型的稳健性。

1.3 滚动投资策略

采用滚动投资策略测试所构建模型的市场表现, 主要步骤如下。

(1) 将数据样本分为训练集和测试集, 通过 IC 因子分析法在训练集初步筛选出有效因子。

(2) 在 IC 值筛选的基础上, 再运用主成分分析法对初步筛选出的宏观因子进行降维处理, 智能识别最优主成分个数, 在训练集上通过算法找出最优主成分个数, 最后形成备选宏观因子。

(3) 在备选宏观因子基础上, 在测试集上通过 SVR 模型估计出未来一期各行业收益率的预测值 $\tilde{r}_{1,t+1}, \tilde{r}_{2,t+1}, \dots, \tilde{r}_{n,t+1}$, 根据式(10)和式(12)构建基于宏观因子的观点矩阵 \mathbf{P}_{HG} 和观点收益率矩阵 \mathbf{Q}_{HG} 。

(4) 设定本文中 Black-Litterman 模型的其他参数, 并根据式(13)、式(14)和式(15), 估计未来一期各行业的最优的资产配置权重 \mathbf{W} , 计算未来一期最优权重下的投资组合收益率。

(5) 重复(2)步和(3)步直至测试集结束, 汇总测试集中投资组合策略各期的收益率, 并计算累计收益率、年化收益率、夏普比率和最大回撤等策略评价指标, 与常见的资产组合模型进行比较, 分析本文模型的市场表现。图 1 展示了本文的滚动投资策略流程。

2 实证结果

2.1 数据

将宏观因子融入资产配置, 将 28 个申万一级行业指数作为资产池构建投资组合。样本为从 2005 年 6 月到 2020 年 8 月的月度数据, 样本容量共 182 个月。按照训练集与测试集 7:3 的比例进行实证分析。以 2005 年 6 月到 2015 年 12 月的数据 (126 个月) 作为宏观因子筛选和 SVR 模型的训练集数据, 并以 2016 年 1 月到 2020 年 8 月 (56 个月) 为测试集数据, 给出的滚动投资策略 (过去 3 年月度数据预测未来一个月行业收益率) 对模型的市场表现进行实证分析。宏观因子数据来源于 Wind 数据库, 申万一级行业指数数据行业数据来自聚宽量化平台。

2.2 宏观因子筛选

2.2.1 IC 值初步筛选

沪深 300 指数是由股票市场流动性和市值比较大并且包含股票市场行业的 300 支证券组成, 能够

体现国家经济基本面的情况,许多主流证券投资基金的绩效评价以沪深 300 指数作为参考基准。将沪深 300 指数作为宏观经济运行的代理变量,运用 IC 因子分析法初步筛选有效宏观因子。参考现有研究文献,本文的备选宏观因子池参见表 1,涉及的宏观因子包括趋势因子、消费价格因子、工业价格因子、消费因子、工业生产因子、外贸因子和货币因子等 7 大类。

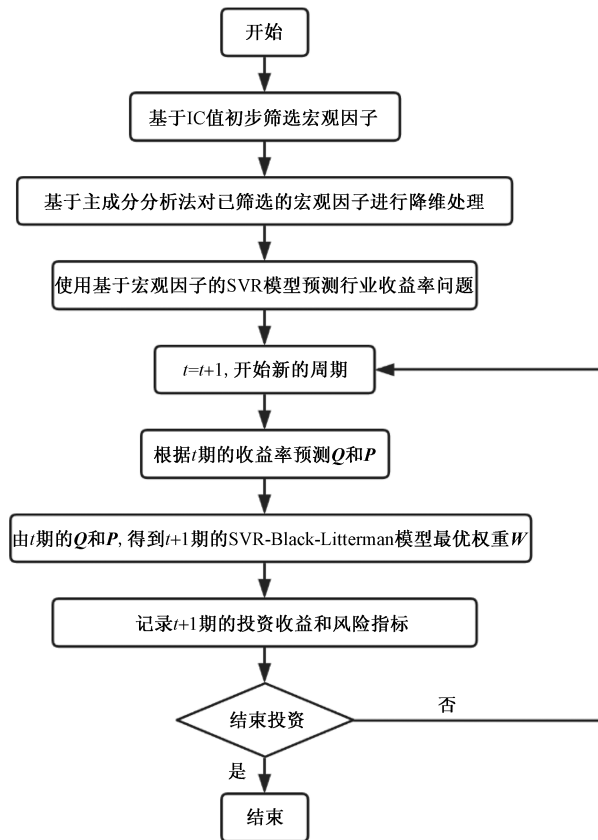


图 1 基于 SVR-Black-Litterman 模型的行业资产配置滚动投资策略流程

表 1 宏观因子分类

分类	宏观因子
趋势因子	沪深 300 上月收益率
消费价格因子	全国当月 CPI 同比;城市当月 CPI 同比;城市当月 CPI 同比
工业价格因子	PPI 同比;生产资料 PPI 同比;生活资料 PPI 同比
消费因子	消费品零售总额同比;消费品零售总额环比
工业生产因子	发电量累计和同比;固定资产累计增长;第一、二和第三产业固定资产累计长
外贸因子	进出口总额同比增长
货币因子	M0 货币同比和环比;M1 货币同比和环比;M2 货币同比和环比

参考刘庶君^[12]的 IC 因子筛选标准,当 IC 的绝对值大于等于 0.05,保留该宏观因子。IC 因子检验法是投资实务界主流的因子检验方法,IC 值即 t 期因子值和 $t+1$ 期资产收益率的相关系数,IC 值的绝对值越大,说明因子与滞后一期的资产收益相关性越强,因子越有效。在训练集上对 24 个因子进行分析,IC 的绝对值大于等于 0.05 的因子共有 9 个(表 2),即沪深 300 上月收益率(HSSY300)、上月城市 CPI 同比(CPI)、上月生活资料 PPI 同比(PPI)、上月社会消费品零售总额同比增长(TRSCG)、上月工业增加值同比增长(IAV)、上月发电量累计增长(PG)、上月第一产业固定资产投资累计增长(FAIGR)、上月进出口总额同比增长(TIAE)和上月 M2 环比(M2)。

应用基于 Pearson 相关系数的 IC 值,筛选出 IC 值绝对值大于 0.05 的宏观因子。为了验证筛选结果的有效性,表 2 还给出了宏观因子基于其他方法的 IC 值(如秩相关系数 Kendall 和 Spearman),不同方法给出的结果基本一致,说明筛选结果比较稳健。

2.2.2 主成分分析法降维处理

在 IC 值筛选的基础上,再通过主成分分析法对初步筛选出的宏观因子进行降维处理,将多个宏观因子压缩为少数几个主成分,其能反映出原始数据的大部分信息。本文中宏观因子通过主成分分析法降维处理后,通过算法自动筛选出前几个贡献率最优的主成分个数。

2.3 宏观因子检验分析

为了构建基于宏观因子的资产收益率预测模型,需要对宏观因子进行平稳性检验和多重共线性检验。

2.3.1 平稳性检验

宏观因子数据平稳性检验结果见表 3。可以看

表 2 3 种方法筛选后的有效宏观因子及其 IC 值

变量	Pearson	Kendall	Spearman
HSSY300	0.156	0.126	0.186
CPI	-0.322	-0.219	-0.318
PPI	-0.281	-0.204	-0.289
TRSCG	-0.155	-0.117	-0.174
IAV	-0.061	-0.005	-0.011
PG	-0.078	-0.056	-0.074
FAIGR	-0.052	0.021	0.041
TIAE	-0.180	-0.129	-0.190
M2	0.166	0.117	0.159

注:仅显示 IC 值绝对值大于 0.05 的宏观因子;IC 值为当期因子值与下一期资产收益率的相关系数。

表3 平稳性检验结果

变量	ADF	1%临界值	5%临界值	P	结论
HS300	-11.266***	-4.013	-3.439	0.000 0	平稳
HSSY300	-11.270***	-4.013	-3.439	0.000 0	平稳
CPI	-2.219	-4.013	-3.439	0.479 4	不平稳
PPI	-1.587	-4.013	-3.439	0.797 4	不平稳
TRSCG	-3.805**	-4.013	-3.439	0.016 4	平稳
IAV	-4.975***	-4.013	-3.439	0.000 2	平稳
PG	-2.210	-4.013	-3.439	0.484 0	不平稳
FAIGR	-3.550**	-4.013	-3.439	0.034 3	平稳
TIAE	-4.850***	-4.013	-3.439	0.000 4	平稳
M2	-14.788***	-4.013	-3.439	0.000 0	平稳

注:***、**分别表示因子一阶差分在1%、5%的显著性水平上显著。

出上月城市CPI同比、上月生活资料PPI同比、上月发电量累计增长这3个宏观因子数据存在不平稳现象,对所有数据做一阶差分处理,对一阶差分处理后的数据进行平稳性检验,发现一阶差分结果均平稳。

2.3.2 多重共线性检验

宏观因子间多重共线性问题对预测模型的构建至关重要。结果表明各宏观因子各数据的方差膨胀因子(VIF)在1~2数值之间,这些数值都远小于5,方差膨胀因子(VIF)的均值为1.25,说明各因子之间多重共线性问题不严重。

2.4 融入宏观因子的SVR-Black-litterman资产配置模型实证分析

进行融入宏观因子的行业资产配置实证分析,构建基于宏观因子的SVR-Black-litterman模型,并应用SVR模型进行多因子行业预测模型构建。滚动行业配置策略按照以下步骤进行。

(1)考虑SVR多因子线性回归模型预测28个行业未来一期收益率 $\tilde{r}_{1,t+1}, \tilde{r}_{2,t+1}, \dots, \tilde{r}_{n,t+1}$,根据式(14)和式(15)构建基于宏观因子的观点矩阵 P 和观点收益率矩阵 Q 。

(2)根据式(13)、式(14)和式(15),估计未来一期各行业的最优的资产配置权重 W ,计算未来一期最优权重下的投资组合收益率。

(3)重复(1)步和(2)步,直至测试集结束,汇总测试集中投资组合策略各期的收益率,并计算累计收益率、年化收益率、夏普比率和最大回撤等策略评价指标,与常见的资产组合模型进行比较。

本文的测试集时间为2016年1月至2020年8月,运用Python3.6软件实现滚动资产配置模型的参数估计和回测。应用投资实物中常见的指标:累计收益率、年化收益率、夏普比率、最大回撤

和年化波动率等作为评判模型市场表现的标准。其中最大回撤是指在整体测试集上,投资组合的收益从最高点落到最低点时资产收益变化的百分比,主要反映投资组合的回撤风险,夏普比率SR是指投资组合的超额收益与资产收益率标准差的商,即

$$SR = \frac{r_p - r_f}{\sigma_p} \quad (16)$$

衡量投资组合的单位风险的超额收益是衡量策略表现的常用指标,被广泛应用于策略评价中,其中 r_f 取值为3%(5年国债无风险收益率约为3%)。年化波动率是指策略收益率的标准差,衡量资产的波动风险。本文主要参考模型为投资领域常见的等权重模型、等波动率模型、均值方差模型和风险平价模型。为了避免某个行业权重配置过大而造成极端风险,在所有对比模型的最优化权重求解时,设置最大权重不能超过0.4的限制,回测调仓比率为月度,即测试集的每个月度末,根据不同比较模型计算出行业权重,然后调整权重比例,直到测试集结束。不同模型的市场回测表现见表4。

表4给出了不同资产配置模型的市场表现。由表4可知,融入宏观因子的BL模型获得最好的市场表现。从表4可以看出,基于SVR模型的Black-Litterman模型的策略收益高达91.12%,等权重模型策略收益为26.71%,等波动率模型策略收益为25.55%,均值方差模型策略收益为10.37%,风险平价模型策略收益为20.70%;但这些经典模型策略收益都低于融入宏观因子的SVR-Black-Litterman。该模型表现具备优势,其年化收益率为15.71%,远超其他等权重模型、等波动率模型、均值方差模型和风险平价模型4种常见资产配置模型。从风险调整后的超额收益指标夏普比率来看,

表4 不同模型的市场回测表现

检验指标	等权重模型	等波动率模型	均值方差模型	风险平价模型	SVR-Black-Litterman模型
策略收益	0.267 1	0.255 5	0.103 7	0.207 0	0.911 2
策略年化收益	0.054 8	0.052 6	0.022 5	0.043 3	0.157 1
夏普比率	0.129 8	0.119 7	-0.05 2	0.077 3	0.547 5
最大回撤	0.323 5	0.320 2	0.179 4	0.282 7	0.292 4
年化波动率	0.191 0	0.188 7	0.145 3	0.172 1	0.232 2

注:等权重模型指所有行业配置的权重均相同,即 $w_i = 1/n$;等波动率模型权重计算公式为 $w_i = \frac{\sigma_i^{-1}}{\sum_{j=1}^n \sigma_j^{-1}}$, σ_i 为第 i 个行业指数的历史波动率;均值方差模型为Markowitz均值方差模型;风险厌恶系数 $\lambda = 1.5$;Black-Litterman模型的参数 $\tau = 0.05$ 。

新构建的 Black-Litterman 模型的夏普比率为 0.547 5, 远高于另外 4 种模型, 说明在资产组合模型中融入宏观因子信息, 将有效提高模型的市场表现。融入宏观因子的 SVR-Black-Litterman 模型最大回撤为 29.2%, 低于等权重模型和等波动率模型, 高于均值方差模型和风险评价模型最大回撤。

综上所述可知, 融入宏观因子的 Black-Litterman 模型能将宏观经济信息融入资产配置决策体系中, 基于该模型的滚动投资策略比常见的等权重模型、等波动率模型、均值方差模型和风险平价模型 4 种常见资产配置模型有更好的市场表现, 并且, 基于 SVR 方法的 BBlack-Litterman 模型能够更充分地动态筛选有效宏观因子, 获得的市场表现最好。投资机构或者个人投资者在投资过程中, 采用 SVR-Black-Litterman 模型的资产配置权重具有更好的投资绩效。

2.5 稳健性分析

为测试本文模型的稳健性, 分别从下面 4 个方面对模型进行稳健性测试, 检验模型在不同情况下的市场表现是否稳健。

2.5.1 Black-Litterman 模型中 τ 参数取值对 SVR-Black-Litterman 模型市场表现的影响

Black-Litterman 模型中的信心水平 τ 是一个没有单位的标量, 一般用来调整市场均衡收益的方差。从逻辑上来看 τ 值越大, 信心水平越高, 会使得投资者主观观点在组合中的占比越高, 反之, 则占比越低。但是对于参数 τ 的设定, 不同的学者有不同的看法, 以往大部分学者对 τ 值的描述也是通过经验而得出的, 不具有客观性和理论依据。对于 τ 这个参数, 以往学者对于这个参数设定争议较大, Lee^[13] 建议把 τ 值直接设定为 0.01~0.05 之间, He

和 Litterman^[14] 令 Ω/τ 等于一个对角矩阵, 这样代入后验收益分布的均值表达式后, τ 将被消掉, 避免了校准的麻烦。为了检测本文模型的稳健性, 本文的实证部分并不采用对 τ 值的设定, 设置多个 τ 值并计算相应的最优滚动资产配置策略, 检测 τ 值对本文模型市场表现的影响。Black 和 Litterman^[2] 认为均值的不确定性小于收益不确定性, 所以 τ 应接近 0, 因此本文选择 Lee^[13] 设置 τ 值的方法, τ 取值为 0.01~0.05。表 5 给出了其他条件不变, 仅改变 τ 值情况下本文模型的实证结果。从表 5 不难发现, 随着 τ 取值的不同, 策略收益率、年化收益率和夏普比率等策略检验指标波动性均比较小, 这说明 τ 值对模型的影响较小, 即新构建的 SVR-Black-Litterman 模型是稳健的。

2.5.2 不同风险厌恶系数 λ 条件下 SVR-Black-Litterman 模型的市场表现

市场风险厌恶系数 λ 也称为市场风险规避系数, 一般用来度量整个市场的风险规避水平, 与市场参与个人无关, 与市场整体环境有关, 是指投资者为承担单位风险而得到的超额收益。通过测试不同风险厌恶系数对本文模型市场表现的影响, 测试所构建模型的稳健性。在其他条件保持不变的情况下, 测试不同的 λ 取值对模型表现的影响。表 6 给出 λ 为 1~6 时 SVR-Black-Litterman 模型的市场表现。容易看出 λ 为 1~3.5 时, 夏普比率和年化收益呈现逐步增加趋势; 当 λ 为 3.5 时, 年化收益达到 19.2% 的高值; 当 λ 大于 3.5 时, 随着 λ 取值不断增加策略夏普比率略有降低, 策略收益和年化收益也有相似的规律。这说明风险厌恶系数 λ 对策略的表现有一个最优值, 风险厌恶系数 λ 太小或太大等极端情况均不利于改善本文模型资产配置的市场

表 5 不同 τ 值条件下 SVR-Black-Litterman 模型的市场表现

检验指标	$\tau=0.01$	$\tau=0.015$	$\tau=0.02$	$\tau=0.025$	$\tau=0.03$	$\tau=0.035$	$\tau=0.04$	$\tau=0.045$	$\tau=0.05$
策略收益	0.908	0.906	0.911	0.912	0.914	0.916	0.915	0.914	0.911
策略年化收益	0.157	0.156	0.157	0.157	0.157	0.157	0.157	0.157	0.157
夏普比率	0.546	0.545	0.548	0.548	0.549	0.550	0.549	0.549	0.548
最大回撤	0.292	0.292	0.292	0.292	0.292	0.292	0.292	0.292	0.292
年化波动率	0.232	0.232	0.232	0.232	0.232	0.232	0.232	0.232	0.232

注: $\lambda = 1.5$ 。

表 6 不同 λ 条件下 SVR-Black-Litterman 模型市场表现

检验指标	$\lambda=1.0$	$\lambda=1.5$	$\lambda=2.0$	$\lambda=2.5$	$\lambda=3.0$	$\lambda=3.5$	$\lambda=4.0$	$\lambda=4.5$	$\lambda=5.0$	$\lambda=5.5$	$\lambda=6.0$
策略收益	0.88	0.91	1.09	1.13	1.17	1.18	1.17	1.12	1.03	0.96	0.90
策略年化收益	0.15	0.16	0.18	0.19	0.19	0.19	0.19	0.18	0.17	0.16	0.16
夏普比率	0.52	0.55	0.66	0.69	0.71	0.73	0.73	0.72	0.69	0.66	0.63
最大回撤	0.31	0.29	0.30	0.29	0.29	0.28	0.26	0.25	0.25	0.25	0.24
年化波动率	0.24	0.23	0.23	0.23	0.23	0.22	0.22	0.21	0.21	0.20	0.20

注: $\tau = 0.05$ 。

表现,这也符合现实情况。从侧面也反映出本文的 SVR-Black-Litterman 模型的市场表现比较稳健,在投资实务中有较强的参考价值。

2.5.3 训练集和测试集时间段变动的影响

表 7 给出了不同测试集时间段的不同模型的实证结果,为检验模型的稳健性,将训练集时间由原来的 2005 年 6 月至 2015 年 12 月改为 2005 年 6 月至 2016 年 12 月时间段,测试集时间由原来的 2016 年 1 月至 2020 年 8 月改为 2017 年 1 月至 2020 年 8 月时间段。表 7 所示,基于宏观因子构建的 Black-Litterman 模型策略收益和年化收益都大于其他经典资产配置模型,且加入 SVR 模型的 Black-Litterman 模型年化收益为 15.28%。融入宏观因子的 SVR-Black-Litterman 模型夏普比率也远大于其他经典模型的夏普比率。该模型在最大回撤上也有不错的表现。在年化波动率方面波动幅度比其他几个经典模型要大一点,也符合现实情况,从而也说明新建立的 SVR-Black-Litterman 模型是较稳健的。

2.5.4 主成分分析法中多元回归变为 SVR 模型筛选主成分

表 8 给出了不同模型的实证结果。本文中运用主成分分析法对多个宏观因子进行降维处理,自动筛选出最优的前几个主成分。当把主成分分析法中的多元回归转换为支持向量回归来验证模型的稳健性时,新构造的 SVR-Black-Litterman 模型年化收益为 15.80%,与最初模型的年化收益 15.28% 相差无几,这也反映出该模型的是比较稳健的。

表 7 不同测试集时间段的不同模型实证结果

检验指标	等权重模型	等波动率模型	均值方差模型	风险平价模型	SVR-Black-Litterman 模型
策略收益	0.250 7	0.233 5	0.041 6	0.182 9	0.632 9
策略年化收益	0.067 0	0.062 7	0.011 9	0.049 9	0.152 8
夏普比率	0.183 4	0.164 1	-0.119 0	0.109 4	0.508 0
最大回撤	0.255 4	0.254 1	0.179 3	0.227 4	0.292 4
年化波动率	0.202 1	0.199 7	0.151 0	0.182 2	0.241 9

注: $\tau = 0.05$; $\lambda = 1.5$ 。

表 8 不同模型的实证结果

检验指标	等权重模型	等波动率模型	均值方差模型	风险平价模型	SVR-Black-Litterman 模型
策略收益	0.267 1	0.255 5	0.103 7	0.207 0	0.917 5
策略年化收益	0.054 8	0.052 6	0.022 5	0.043 3	0.158 0
夏普比率	0.129 8	0.119 7	-0.052 0	0.077 3	0.551 1
最大回撤	0.323 5	0.320 2	0.179 4	0.282 7	0.292 1
年化波动率	0.191 0	0.188 8	0.145 3	0.172 1	0.232 2

注: $\tau = 0.05$; $\lambda = 1.5$ 。

3 结论

近年来,人们逐渐发现宏观因素对资本市场的影响越来越大,尤其在行业投资组合权重配置方面起着重要的作用。机构或者个人投资者在挑选和配置行业资产时,需要关注市场宏观大环境状况,注意国内政策动向和国内、国外市场大环境,抓住未来强势行业,从而合理高效地配置资产,预期收益回报可能会更好。Black-Litterman 模型不仅对资产进行量化分析又将投资者主观观点相结合并融入该模型中。

本文在经典的 Black-Litterman 模型的基础上采用宏观因子和机器学习方法相结合的方式来构建新的 SVR-Black-Litterman 模型,考虑到宏观经济情况与市场内行业资产收益的相关性较高,通过宏观因子的信息来判断市场环境变化情况和预测行业资产趋势较为合理。引入宏观因子的 Black-Litterman 模型通过贝叶斯模型结合宏观因子推导出资产组合的后验收益。添加了宏观因子作为输入变量,增加了模型的信息含量,使得模型最终的资产权重配置更合理,可以为机构或者个人投资者提供更多的决策参考工具。在资产配置实践中,Black-Litterman 模型中最核心的点是如何有效地估计投资者观点,降低投资者观点设定的不确定性。因此采用宏观因子估计投资者观点矩阵这条路仍需要不断探索,如何筛选出更为精确、实时和有效的宏观因子来估计观点矩阵仍是我们一直想要解决的问题。在今后的研究中,应探索更为合理、有效的宏观因子来更精确地度量投资者观点问题,从而形成一个更好的资产配置权重。

参考文献

- [1] MARKOWITZ H M. Portfolio selection[J]. Journal of Finance, 1952, 7(1): 77-91.
- [2] BLACK F, LITTERMAN R. Asset allocation: combining investor views with market equilibrium[J]. The Journal of Fixed Income, 1991, 1(2): 7-18.
- [3] 曹杨丽, 乔高秀. 流动性视角下股指期货与股市已实现协方差预测: 基于窗口平均支持向量回归方法[J]. 数学的实践与认识, 2021, 51(11): 33-46.
- [4] 李宗铭, 房勇. 基于 LSTM 神经网络的行业资产配置模型[J]. 系统工程理论与实践, 2021, 41(8): 2045-2055.
- [5] 周亮. Black-Litterman 模型在大类资产配置中的应用: 基于货币周期及风险平价策略的改进[J]. 运筹与管理, 2021, 30(8): 198-204.
- [6] 孟勇, 任梦, 赵心. 行业资产的 Black-Litterman 模型配置研究: 基于社交网络情绪文本挖掘算法[J]. 数量经济

- 技术经济研究, 2022, 39 (1): 154-173.
- [7] 姚海祥, 李晓鑫, 房勇. 基于 AdaBoost 集成算法和 Black-Litterman 模型的资产配置 [J]. 系统工程理论与实践, 2023, 43 (11): 3182-3196.
- [8] 徐维军, 黄静龙, 付志能, 等. 基于金融文本情绪挖掘的 Black-Litterman 投资组合模型研究以东方财富股吧发帖文本和我国 A 股市场为例 [J]. 运筹学学报, 2022, 26 (4): 1-14.
- [9] 梁龙跃, 陈珊. Copula 观点融合的 Black-Litterman 模型在资产配置中的应用 [J]. 开发性金融研究, 2021(4): 53-64.
- [10] BASS R, GLADSTONE S, ANG A. Total portfolio factor, not just asset, allocation [J]. The Journal of Portfolio Management, 2017(5): 38-53.
- [11] 牛晓健, 章画意. 中国金融市场基于宏观因子的资产配置策略研究[J]. 贵州商学院学报, 2021, 34(3): 22-37.
- [12] 刘庶君. 多因子模型的构建与量化选股策略研究[D]. 上海: 上海财经大学, 2020.
- [13] LEE W. Theory and methodology of tactical asset allocation[M]. New York: John Wiley & Sons, 2000.
- [14] HE G, LITTELMAN R. The intuition behind black-litterman model portfolios[R]. New York: Goldman Sachs, 1999.

SVR-Black-Litterman Asset Allocation Model Based on Macro Factors and Its Empirical Research

ZHANG Gaoxun^{1,2}, ZHANG Honghua²

(1. School of Mathematics and Physics, Southwest University of Science and Technology, Mianyang 621000, Sichuan, China;

2. School of Economics and Management, Southwest University of Science and Technology, Mianyang 621000, Sichuan, China)

Abstract: With the enhancement of global economic instability and the deepening of China's interest rate liberalization, the volatility of financial assets has been increasing. The optimal allocation of asset portfolio is still the core issue in the field of financial investment theory research and practice. Black-Litterman model has been widely used in asset allocation practice because it solves the problem that traditional mean-variance model is sensitive to parameters and allows investors' views to be incorporated into the model. However, the determination of investor perspective matrix has always been a difficulty in the theoretical and applied research of Black-Litterman model. Based on this, macro factors are integrated into the construction of investor perspective matrix. Support vector regression (SVR) model based on principal component analysis is used to estimate the viewpoint matrix, and the SVR-Black-Litterman asset allocation model with macro factors is constructed. To test the validity of this model, the model is compared with other common asset allocation models. The empirical results show that the model constructed has a good market performance.

Keywords: macro factor; principal component analysis; view matrix; SVR-Black-Litterman model