

附录 1 本文使用的机器学习方法介绍

（一）随机森林和 XGBoost

这两种方法是代表性的非线性机器学习方法,通过集成算法实现对决策树模型性能的提升。随机森林模型由 Breiman (2001) 提出,结合装袋算法和重抽样对回归树模型进行集成,其中抽样的步骤强化了回归树构造过程中的随机性,从而每棵回归树之间的相关性得到控制,进一步增强了模型的泛化能力。XGBoost 也是目前比较流行的集成学习算法之一,采用加性模型和前向分步算法对回归树进行集成。XGBoost 将多个弱学习器集成起来进行联合预测,可以得到总体效果更好的强学习器,并且集成得到的强学习器缓解了单个复杂模型存在的过拟合问题。

（二）LASSO 和弹性网

这两种方法是代表性的线性机器学习方法,能够增强传统线性回归模型估计量的稳定性。LASSO 在线性回归的基础上加入了 L1 正则项,损失函数为 $J_L(\mathbf{w}) = \|\mathbf{y} - \mathbf{X}\mathbf{w}\|_2^2 + \lambda \|\mathbf{w}\|_1$ 。

弹性网则同时加入 L1、L2 正则项,损失函数为 $J_N(\mathbf{i}) = \|\mathbf{y} - \mathbf{X}\mathbf{i}\|_2^2 + \lambda(\alpha \|\mathbf{i}\|_1 + \frac{1-\alpha}{2} \|\mathbf{i}\|_2)$ 。

（三）SHAP 值可解释性方法

SHAP 值方法的合作博弈论思想体现在如何使用 Shapley 值解释机器学习方法的预测结果。在 SHAP 值方法中,上文的“总支出”可以对应单条数据的货币政策力度(在不同模型中分别设定为 M2 同比增速和贷款余额同比增速) $\hat{y}_i$,“玩家 j ”对应第 j 个货币政策目标 $x_{i,j}$ 。借鉴合作博弈论的原理, $\hat{y}_i$ 可以分解为:

$$\hat{y}_i = y_{base} + f(x_i, 1) + f(x_i, 2) + \dots + f(x_i, k) \quad (1)$$

其中, y_{base} 是模型的基线值, $f(x_i, j)$ 为 $x_{i,j}$ 所分配到的 SHAP 值。当 $f(x_i, j) > 0$, 说明该目标 j 提升了货币政策力度,有正向作用;反之,说明该目标有反向作用。可以看出,SHAP 值能反映出每一时期所有货币政策目标的重要性,及其影响的正负性。对于第 j 个货币政策目标的 SHAP 值 $f(x_i, j)$, 其计算公式为:

$$f(x_i, j) = \sum_{S \subseteq F \setminus \{j\}} \frac{|S|!(|F|-|S|-1)!}{|F|!} (v(S \cup \{j\}) - v(S)), j = 1, 2, \dots, k \quad (2)$$

其中, F 是货币政策所有目标的变量集合, $|S|$ 表示集合 S 中元素数量的阶乘,即从 F 个元素中选择 S 个元素的组合数目。所有元素对货币政策力度的条件预测值 $v(S) = E[f(\mathbf{x}) | \mathbf{x}_S = \mathbf{x}_S^*]$, $v(S \cup \{j\})$ 是在目标子集 S 基础上包含第 j 个目标后对货币政策力度的条件预测值 $v(S \cup \{j\}) = E[f(\mathbf{x}) | \mathbf{x}_{S \cup \{j\}} = \mathbf{x}_{S \cup \{j\}}^*]$ 。对于 $v(S)$ 而言,由于 S 是货币政策目标集合下的多种子集,因而模型无法直接求得其显式解。考虑到真实样本中大部分特征之间存在相关性, Aas 等 (2021) 使用 Nadaraya-Watson 估计来计算 $v(S)$, 在 Nadaraya-Watson 估计下条件预测值 $v(S)$ 的蒙特卡洛积分计算公式为:

$$v(S) = E[f(\mathbf{x}) | \mathbf{x}_S = \mathbf{x}_S^*] = \frac{\sum_{k=1}^K w_S(\mathbf{x}^*, \mathbf{x}^k) f(\mathbf{x}_S^k, \mathbf{x}_S^*)}{\sum_{k=1}^K w_S(\mathbf{x}^*, \mathbf{x}^k)} \quad (3)$$

其中,核函数 $w_S(\mathbf{x}^*, \mathbf{x}^k)$ 度量了样本 $\mathbf{x}^*$ 与 $\mathbf{x}^k$ 在由目标子集 S 里面所有元素构成的空间

上的距离，本文参考 Aas 等（2021），选择高斯核函数 $w_s(\mathbf{x}^*, \mathbf{x}^n) = \exp\left(-\frac{D_s(\mathbf{x}^*, \mathbf{x}^n)^2}{2\sigma^2}\right)$ 作

为本文模型的核函数。使用蒙特卡洛积分对考虑变量相关性的条件预测值 $v(S)$ 进行估计后，即可计算得到货币政策目标 j 在第 t 个时间样本 x_t 上的 SHAP 值 $f(x_t, j)$ ，即目标 j 在 x_t 上的重要性大小。进一步地，货币政策目标 j 在整个时间区间上的 SHAP 值序列为 $\{f(x_1, j), f(x_2, j), \dots, f(x_T, j)\}$ ，该序列反映了目标 j 重要性的动态变化。

附录 2 XGBoost 方法测算的货币政策各目标的重要程度

附表 1 基于 XGBoost 方法测算的货币政策各目标的重要程度 (%)				
指标名称	时间段	M2 同比增速	贷款余额 同比增速	两者 平均
Panel A: 经济稳定相关指标				
经济稳定目标整体重要程度	2007—2011 年	51.4	48.6	50.0
	2012—2024 年	44.0	38.6	41.3
产出稳定目标整体重要程度	2007—2011 年	55.0	50.0	52.5
	2012—2024 年	57.7	40.4	49.1
产出缺口	2007—2011 年	60.0	60.0	60.0
	2012—2024 年	53.8	30.8	42.3
工业增加值同比增速	2007—2011 年	20.0	20.0	20.0
	2012—2024 年	53.8	30.8	42.3
城镇登记失业率	2007—2011 年	80.0	60.0	70.0
	2012—2024 年	69.2	61.5	65.4
GDP 增速	2007—2011 年	60.0	60.0	60.0
	2012—2024 年	53.8	30.8	42.3
物价稳定目标整体重要程度	2007—2011 年	46.7	46.7	46.7
	2012—2024 年	25.6	35.9	30.8
CPI 同比增速	2007—2011 年	60.0	40.0	50.0
	2012—2024 年	15.4	38.5	27.0
通胀缺口	2007—2011 年	40.0	60.0	50.0
	2012—2024 年	7.7	30.8	19.3
PPI 同比增速	2007—2011 年	40.0	40.0	40.0
	2012—2024 年	53.8	38.5	46.2
Panel B: 金融稳定相关指标				
金融稳定目标整体重要程度	2007—2011 年	28.0	32.0	30.0
	2012—2024 年	38.5	46.2	42.4
企业和地方政府杠杆率所占比重	2007—2011 年	40.0	40.0	40.0
	2012—2024 年	53.8	50.0	51.9
70 个大中城市房价增速	2007—2011 年	40.0	0.0	20.0
	2012—2024 年	53.8	30.8	42.3
四个一线城市房价增速	2007—2011 年	20.0	40.0	30.0
	2012—2024 年	15.4	38.5	27.0

外汇储备	2007—2011 年	20.0	20.0	20.0
	2012—2024 年	38.5	38.5	38.5
汇率	2007—2011 年	20.0	60.0	40.0
	2012—2024 年	30.8	61.5	46.2

注：表中的数据是相关指标 SHAP 值排名前 5 位的年份在对应时间段所占比重。下同。

附表 2 使用滞后 3 期解释变量测算的货币政策各目标的重要程度 (%)

指标名称	时间段	M2 同比增速	贷款余额 同比增速	两者 平均
Panel A：经济稳定相关指标				
经济稳定目标整体重要程度	2007—2011 年	54.3	60.0	57.2
	2012—2024 年	40.7	33.3	37.0
产出稳定目标整体重要程度	2007—2011 年	55.0	55.0	55.0
	2012—2024 年	50.0	28.8	39.4
产出缺口	2007—2011 年	80.0	80.0	80.0
	2012—2024 年	69.2	38.5	53.9
工业增加值同比增速	2007—2011 年	20.0	0.0	10.0
	2012—2024 年	23.1	15.4	19.3
城镇登记失业率	2007—2011 年	80.0	80.0	80.0
	2012—2024 年	46.2	38.5	42.4
GDP 增速	2007—2011 年	40.0	60.0	50.0
	2012—2024 年	61.5	23.1	42.3
物价稳定目标整体重要程度	2007—2011 年	53.3	66.7	60.0
	2012—2024 年	28.2	38.5	33.4
CPI 同比增速	2007—2011 年	60.0	80.0	70.0
	2012—2024 年	30.8	38.5	34.7
通胀缺口	2007—2011 年	40.0	60.0	50.0
	2012—2024 年	15.4	30.8	23.1
PPI 同比增速	2007—2011 年	60.0	60.0	60.0
	2012—2024 年	38.5	46.2	42.4
Panel B：金融稳定相关指标				
金融稳定目标整体重要程度	2007—2011 年	24.0	16.0	20.0
	2012—2024 年	43.1	53.8	48.5
企业和地方政府杠杆率所占比重	2007—2011 年	20.0	0.0	10.0
	2012—2024 年	46.2	53.8	50.0
70 个大中城市房价增速	2007—2011 年	20.0	20.0	20.0
	2012—2024 年	46.2	61.5	53.9
四个一线城市房价增速	2007—2011 年	20.0	20.0	20.0
	2012—2024 年	46.2	61.5	53.9
外汇储备	2007—2011 年	20.0	20.0	20.0
	2012—2024 年	53.8	38.5	46.2
汇率	2007—2011 年	40.0	20.0	30.0
	2012—2024 年	53.8	53.8	53.8

附表 3 剔除外汇储备和汇率后测算的货币政策各目标的重要程度（%）				
指标名称	时间段	M2 同比增速	贷款余额 同比增速	两者 平均
Panel A：经济稳定相关指标				
经济稳定目标整体重要程度	2007—2011 年	57.1	57.1	57.1
	2012—2024 年	50.5	48.4	49.5
产出稳定目标整体重要程度	2007—2011 年	60.0	60.0	60.0
	2012—2024 年	57.7	50.0	53.9
产出缺口	2007—2011 年	60.0	100.0	80.0
	2012—2024 年	69.2	80.0	74.6
工业增加值同比增速	2007—2011 年	40.0	20.0	30.0
	2012—2024 年	38.5	50.0	44.3
城镇登记失业率	2007—2011 年	80.0	60.0	70.0
	2012—2024 年	69.2	70.0	69.6
GDP 增速	2007—2011 年	60.0	60.0	60.0
	2012—2024 年	53.8	40.0	46.9
物价稳定目标整体重要程度	2007—2011 年	53.3	53.3	53.3
	2012—2024 年	41.0	46.2	43.6
CPI 同比增速	2007—2011 年	60.0	40.0	50.0
	2012—2024 年	46.2	20.0	33.1
通胀缺口	2007—2011 年	40.0	60.0	50.0
	2012—2024 年	30.8	10.0	20.4
PPI 同比增速	2007—2011 年	60.0	60.0	60.0
	2012—2024 年	46.2	80.0	63.1
Panel B：金融稳定相关指标				
金融稳定目标整体重要程度	2007—2011 年	20.0	20.0	20.0
	2012—2024 年	29.2	32.3	30.8
企业和地方政府杠杆率所占比重	2007—2011 年	40.0	20.0	30.0
	2012—2024 年	61.5	69.2	65.4
70 个大中城市房价增速	2007—2011 年	40.0	40.0	40.0
	2012—2024 年	38.5	46.2	42.4
四个一线城市房价增速	2007—2011 年	20.0	40.0	30.0
	2012—2024 年	46.2	46.2	46.2