

凌立文, 徐镁淇, 张学竞. 基于多维关联规则的猪肉价格波动影响因素分析及预测建模研究 [J]. 广东农业科学, 2022, 49 (12): 167-175.

# 基于多维关联规则的猪肉价格波动 影响因素分析及预测建模研究

凌立文<sup>1,2</sup>, 徐镁淇<sup>1</sup>, 张学竞<sup>1</sup>

(1. 华南农业大学数学与信息学院, 广东 广州 510642;  
2. 华南农业大学乡村振兴研究院, 广东 广州 510642)

**摘要:**【目的】我国是猪肉生产及消费的大国, 近年来, 猪肉价格波动呈现频率加快、幅度增大的趋势。猪肉价格波动不仅增加农户收益的风险性, 也在一定程度上影响广大民众的生活。正确识别猪肉价格波动的影响因素并对猪肉价格波动进行科学预测, 有助于确保市场健康平稳运行。【方法】运用多维关联规则定量分析生猪养殖加工产业链、替代品市场、宏观经济环境变化、突发性事件和国际市场环境等 5 方面共 16 种因素与猪肉价格波动的关联和影响程度, 将挖掘得到的高相关因素作为模型输入变量, 运用支持向量回归机构造提前多步的猪肉价格波动预测模型。【结果】与猪肉价格波动关联程度最高的前 3 位因素是生猪疫病、生猪价格和仔猪价格, 置信度分别为 1.00、0.93 和 0.82; 对猪肉价格影响程度最大的前 3 位因素是生猪疫病、猪肉产量和出栏猪肉量, 提升度分别为 1.84、1.67 和 1.67。相较于基准预测模型, 将 12 个高相关影响因素作为模型输入, 均方根误差减少 29.11%, 平均绝对百分比误差减少 16.00%。【结论】使用多维关联规则进行变量筛选, 不仅能减少模型的变量个数, 还能有效提高模型的预测精度。鉴于生猪疫病对猪肉价格波动的关键影响作用, 政府相关管理部门应提高对动物疫病风险防范意识。

**关键词:** 猪肉价格; 影响因素; 多维关联规则; 支持向量回归机; 价格预测; 生猪疫病

中图分类号: F323

文献标志码: A

文章编号: 1004-874X (2022) 12-0167-09

## Analysis of Influencing Factors of Pork Price Fluctuation and Prediction Modeling Based on Multidimensional Association Rules

LING Liwen<sup>1,2</sup>, XU Meiqi<sup>1</sup>, ZHANG Xuejing<sup>1</sup>

(1. College of Mathematics and Informatics, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China;  
2. Institute of Rural Vitalization, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

**Abstract:**【Objective】China is the main country in pork production and consumption. In recent years, pork price fluctuations have shown the trend of accelerating frequency and increasing amplitude. The fluctuation of pork price not only increases the risk of farmers' income, but also affects the living of the general public. Correctly identifying the influencing factors of pork price fluctuations and making accurate predictions help to guarantee the well-functioning of the market.【Method】The multi-dimensional association rules were used to quantitatively analyze the correlation and influencing degree of 16 influencing factors in five main aspects including the industrial chain of pig breeding and processing, market

收稿日期: 2022-10-18

基金项目: 国家自然科学基金 (71971089, 72001083); 广东省自然科学基金 (2022A1515011612)

作者简介: 凌立文 (1983—), 女, 博士, 副教授, 研究方向为农产品价格波动分析、时间序列预测建模, E-mail:

linglw@scau.edu.cn

of substitutes, changes in macroeconomic environment, emergencies and international market environment with pork price fluctuations. High correlation factors selected by mining were used as model input variables, and the support vector regression machine was used to construct a multi-step prediction model for pork price fluctuations. 【Result】 The top three factors most related to pork price fluctuations are pig epidemics, pig prices and piglet prices, with confidence levels of 1.00, 0.93 and 0.82 respectively. The top three factors have the greatest impact on pork prices are pig epidemics, pork production and pork supplied to the market, with the improvement degrees of 1.84, 1.67 and 1.67, respectively. Compared with the baseline prediction model, with 12 highly correlated influencing factors as model inputs, the Root Mean Square Error (RMSE) is reduced by 29.11%, and the Mean Absolute Percentage Error (MAPE) is reduced by 16.00%. 【Conclusion】 The use of multi-dimensional association rules for variable selection not only reduces the number of variables, but also effectively improves the prediction accuracy. Given the vital influence that pig epidemic imposes on price volatility, authorities should raise the awareness of risk prevention of animal diseases.

**Key words:** pork price; influencing factor; multi-dimensional association rule; support vector regression; price forecasting; pig epidemic

【研究意义】我国不仅是猪肉产量大国，还是猪肉消费大国。受非洲猪瘟疫情的影响，猪肉价格从2018年底的23.24元/kg持续飞速增长，到2020年2月达58.89元/kg，随后保持高位震荡。猪肉价格的异常波动给农业生产、民生福利的健康发展带来负面影响，对猪肉价格波动影响因素的分析及预测具有重要而深远的意义。【前人研究进展】猪肉价格波动受到内、外部多重因素的共同影响，综合当前学者的研究成果，归纳出以下5大类猪肉价格波动的影响因素：（1）生猪养殖加工产业链。饲料价格波动是造成猪肉价格波动的主要因素<sup>[1]</sup>；仔猪市场供给减少致使仔猪价格不断攀升，进而导致生猪价格上涨<sup>[2]</sup>；猪肉产量、出栏肉猪量以及年末存栏量则与猪肉价格波动呈负相关性<sup>[3]</sup>。（2）替代品市场。猪肉常见的替代品为鸡肉、牛肉和羊肉等。猪肉价格与鸡肉、牛肉价格之间存在正相关性，且牛肉价格波动对猪肉价格波动的影响最大<sup>[3]</sup>，鸡肉价格波动对猪肉价格波动的影响存在一定滞后性<sup>[4]</sup>。（3）宏观经济环境。经济增长、货币政策、资金市场等宏观经济因素对我国农产品市场的影响较为直接和显著<sup>[5]</sup>。货币发行量（M2）短期内对猪肉价格波动影响较小，但长期能显著影响猪肉价格波动<sup>[6]</sup>。居民消费价格指数（CPI）与猪肉价格具有显著的协同效应，二者存在双向的格兰杰因果关系<sup>[7]</sup>。（4）突发性和随机性事件。非洲猪瘟、新冠疫情和经济政策的不确定性等因素都会影响猪肉价格的波动<sup>[8]</sup>。生猪疫病对猪肉价格波动具有明显的时变特征和显著的横向溢出效应<sup>[9]</sup>，直接影响当期猪肉需求量，间接影响当期猪肉供给

量<sup>[10]</sup>。政策不确定性对农业企业的投资行为存在明显的抑制效应，且高于对一般企业的影响<sup>[11]</sup>。

（5）国际市场环境。近年来，猪肉进口趋势逐渐增加，全球猪价对中国猪肉零售市场产生的冲击和传导溢出效应逐渐显现<sup>[12]</sup>，国际市场的猪肉价格波动对国内生猪产业链各环节均产生不同程度的影响<sup>[13]</sup>。

科学准确地预测猪肉价格的未来运行走势，可为生猪产业从业人员和相关管理部门制定决策提供参考依据。经济计量模型和人工智能模型是当前研究中广泛使用的两类模型。例如，蔡超敏等<sup>[14]</sup>提出EMD-SVM模型对我国猪肉市场价格进行分解集成预测，通过对分解后的子序列进行集成，更好地把握猪肉市场价格的波动规律与趋势。Zhang等<sup>[15]</sup>将向量误差修正模型（VECM）与考虑上下界协整关系的智能模型（Coin AIs）进行组合以预测猪肉价格的区间波动，通过合理的数据转换，证明了区间预测比点预测精度更高；姜百臣等<sup>[16]</sup>使用集成经验模态分解（EEMD）与引入遗传算法（GA）的支持向量机（SVM）的组合预测模型对猪肉价格预测精度更高。

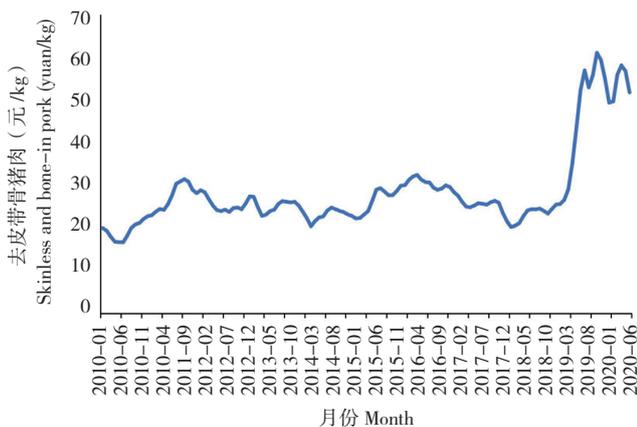
【本研究切入点】通过上述文献梳理可知，影响猪肉价格波动的内、外部因素众多，这些因素对猪肉价格波动的影响机制、影响程度尚缺乏系统性分析；此外，不同影响因素对猪肉价格波动预测的有效性，仍有待进一步研究。关联规则是一种分析事物之间相互依存及影响机制的数据挖掘方法，已在零售、金融、互联网等领域得到广泛应用<sup>[17]</sup>。将其应用于猪肉价格波动影响因素分析，有利于识别众多因素中的关键影响因素。

【拟解决的关键问题】本研究将多维关联规则应用于猪肉价格波动因素分析，通过梳理影响猪肉价格波动的5大类16种影响因素并获取对应的研究数据，运用Apriori算法分析各因素对猪肉价格波动的影响关系及程度，将挖掘得到的高相关影响因素作为预测模型的输入变量，设计多组对比试验，探讨不同影响因素的组合对提高猪肉价格预测精度的有效性。

## 1 数据来源与研究方法

### 1.1 数据来源

本研究选取2010年1月至2020年10月国内猪肉价格作为被解释变量，共130个样本。从2010年开始我国猪肉价格经历了3次显著的周期性波动，在大周期波动的同时出现了若干次小的周期性波动（图1）。由于非洲猪瘟疫情的流行，部分地区生猪产量和能繁殖的母猪产能出现显著下降，造成生猪出栏存在季节性低位，导致猪肉价格由2018年底的23.24元/kg持续飞速增长，到2020年2月增至58.89元/kg，随后保持高位震荡。



数据来源于中国畜牧业信息网 www.caaa.cn

Data source: China Animal Agriculture Information Website: www.caaa.cn

图1 国内猪肉价格趋势

Fig. 1 Domestic pork price trend

### 1.2 研究方法

**1.2.1 多维关联规则** 关联规则的支持度和置信度是衡量现有规则重要程度和可靠程度的两个指标。支持度(X)是指事务集D中包含项目集数X的数量，置信度(X⇒Y)是指关联规则X⇒Y在D中同时包含项集X和Y的事务数与包含项集X的事务数之比。如果关联规则X⇒Y同时满足最小支持度(Minsup)和最小置信度(MinConf)则称为

强关联规则。为了避免伪关联规则的影响，将提升度(Lift)的概念引入到关联规则。计算公式如下：

$$\text{提升度}(X \Rightarrow Y) = \frac{\text{置信度}(X \Rightarrow Y)}{\text{支持度} Y}$$

提升度越大表明项集X对项集Y的影响程度越大。

**1.2.2 支持向量回归机** 支持向量机(Support vector machine, SVM)是由前苏联学者Vapnik基于结构化风险最小化原则而提出的一种机器学习模型，通过引入该方法，解决高维数据在低维空间线性不可分的问题。支持向量回归机(Support vector regression, SVR)是支持向量机在回归问题的应用，对于时间序列的预测表现出较好的学习能力<sup>[18]</sup>，其具体原理如下：SVR模型将处于低维度的输入数据x，通过映射函数φ(x)，转化成高维特征空间，输出值为f(x)：

$$f(x) = \omega \phi(x) + b$$

最优系数ω和偏置b的求解如下：

$$\begin{cases} \min \frac{1}{2} \omega \omega^T + C \sum_{i=1}^N (\zeta_i + \zeta_i^*) \\ \text{s. t.} \begin{cases} \omega \phi(x_i) + b - y_i \leq \varepsilon + \zeta_i^* \\ y_i - (\omega \phi(x_i) + b) \leq \varepsilon + \zeta_i \\ \zeta_i, \zeta_i^* \geq 0 \\ i = 1, 2, \dots, N \end{cases} \end{cases}$$

式中， $y_i$ 为真实值，C为用于控制模型的经验风险和校准项的权重，ε为决定损失函数的宽度，松弛变量 $\zeta_i$ 和 $\zeta_i^*$ 分别代表数据到其ε边界的垂直距离。引入Lagrange乘子 $\lambda_i$ 和 $\lambda_i^*$ ，将上述问题转化为对偶问题：

$$\begin{cases} \min R(\lambda_i - \lambda_i^*) = \sum_{i=1}^N y_i (\lambda_i - \lambda_i^*) - \varepsilon \sum_{i=1}^N (\lambda_i - \lambda_i^*) \\ \text{s. t.} \begin{cases} -\frac{1}{2} \sum_{i,j=1}^N (\lambda_i - \lambda_i^*) (\lambda_j - \lambda_j^*) K(x_i, x_j) \\ \sum_{i=1}^N (\lambda_i - \lambda_i^*) = 0 \\ 0 \leq \lambda_i \leq C \\ 0 \leq \lambda_i^* \leq C \end{cases} \end{cases}$$

当Lagrange乘子 $\lambda_i$ 和 $\lambda_i^*$ 满足 $\lambda_i \lambda_i^* = 0$ 时，则有：

$$f(x, \lambda_i, \lambda_i^*) = \sum_{i=1}^N (\lambda_i - \lambda_i^*) K(x_i, x_j) + b$$

鉴于径向基函数(Radial basis function, RBF)在众多时间序列研究中的有效性，本研究选择其作为支持向量机的核函数，采用R软件的

“e1071”包以实现 SVR 模型，为确保结果的稳健性，取程序运行 20 次的平均值作为 SVR 的预测结果。

## 2 基于多维关联规则的猪肉价格波动影响因素分析

### 2.1 影响因素变量选取

借鉴已有研究猪肉价格波动的文献，本研究从生猪养殖加工产业链、替代品市场、宏观经济环境变化、突发性事件和国际市场 5 个方面选取 16 个经济变量作为分析对象，构建猪肉价格多维数据模型。

**2.1.1 生猪养殖加工产业链** 生猪养殖加工产业链涉及种猪繁育、饲料加工、屠宰加工等环节，其中，玉米、豆粕、仔猪构成生猪养殖的主要成本<sup>[19]</sup>，猪肉产量、出栏肉猪量和年末存栏量决定猪肉的供给数量，生猪价格则通过屠宰加工环节直接影响终端市场的猪肉价格<sup>[3]</sup>。因此，选取猪肉产量、出栏肉猪量、年末存栏量、玉米价格、豆粕价格、仔猪价格、生猪价格作为生猪养殖加工产业链因素对猪肉价格波动进行分析。

**2.1.2 替代品市场** 猪肉价格对牛羊肉消费比例的弹性值显著为正，因此猪肉与牛羊肉之间存在一定的替代性<sup>[20]</sup>，当猪肉价格达到极大值时，牛肉和鸡肉价格同时达到最大值，两种替代品的价格与猪肉价格的波动具有一致性<sup>[21]</sup>，因此选取牛肉价格、鸡肉价格和羊肉价格作为替代品市场的影响因素。

**2.1.3 宏观经济环境** 货币供应量 (M2) 的增加推动猪肉价格的上涨<sup>[6]</sup>，在我国消费价格指数 (CPI) 中，猪肉在食品行业里所占比例较大，某种程度上来说中国的 CPI 就是猪肉价格指数<sup>[22]</sup>，因此采用 M2 和畜肉类 CPI (MCPI) 代表我国宏观经济环境因素。

**2.1.4 突发性随机性事件** 采用由斯坦福大学和芝加哥大学联合发布的经济政策不确定性指数 (EPU) 作为度量随机性因素的指标，其中食品安全事件、禽流感等因素会通过影响市场的情绪、价格预期等引起农产品价格波动<sup>[23]</sup>；采用生猪疫病宽度指数综合量化生猪疫病的严重程度，宽度指数小于 0.2 代表正常水平，大于 0.25 则表示生猪疫病严重<sup>[9]</sup>。

**2.1.5 国际市场环境** 冻猪肉期货、活猪期货及

瘦肉猪期货自 1961 年以来陆续在美国芝加哥交易所 (CME) 上市，目前已成为衡量全球猪肉价格市场的一项重要指标；生猪养殖规模的扩大依靠大量的能源聚集和使用，原油价格对农产品价格存在显著的均值溢出效应<sup>[24]</sup>，国际原油价格的波动会在一定程度上影响中国经济从而影响农产品价格，因此采用 CME 瘦猪肉价格和 WTI 原油价格作为度量国际市场环境的变量。

涉及生猪养殖加工产业链、替代品市场方面的数据来源于中国畜牧业信息网 (www.caaa.cn)，宏观经济环境方面的数据来源于国家统计局 (www.stats.gov.cn)，EPU 指数来源于 EPU 指数数据库 (www.policyuncertainty.com)，生猪疫病宽度指数来源于布瑞克农业数据库，CME 瘦猪肉期货价格来源于 Wind 数据库，WTI 原油价格来源于美国能源信息署 (www.eia.gov)。以上数据的时间跨度为 2010 年 1 月至 2020 年 10 月，共 130 个样本。

### 2.2 数据转换方式

除了猪肉产量、出栏猪肉、年末存栏量为年度数据，其余数据均为月度数据。为了将数据转换为同一时间尺度，采用 Eviews 软件中的二次插值法 (Quadratic) 将低频数据转换为高频数据，即将上述年度数据转换为月度数据。为了将数据的波动性体现在挖掘的关联规则中，根据农业部的农产品价格波动幅度定义，将涉及到农产品价格的数据用月度波动幅度指数  $A$  衡量其波动幅度，即：

$$A_t = \frac{P_t}{P_{t-1}} \times 100, \quad t = 2, 3, \dots, n$$

式中， $P_t$  为当期价格， $P_{t-1}$  为上一期价格。

根据农业农村部对于农产品价格波动幅度的定义，将农产品的价格划分为如下价格波动区间：

$$\begin{cases} A_t \leq 89.99, & \text{大幅下跌} \\ 90.00 \leq A_t \leq 94.9, & \text{明显下跌} \\ 95.00 \leq A_t \leq 104.99, & \text{稳定波动} \\ 105.00 \leq A_t \leq 109.99, & \text{明显上涨} \\ A_t \geq 110.00, & \text{大幅上涨} \end{cases}$$

为了便于数据挖掘，将所有属性的原始数据转化为布尔类型的二进制数据。计算出所有农产品价格的波动幅度指数，当波动幅度指数落入上述波动区间，则将该波动区间的属性记为“1”，其他波动指数未落入的区间属性记为“0”。而对于猪肉产量、出栏猪肉、年末存栏量、M2、

MCPI、EPU 指数、WTI 原油价格等数据，由于目前缺乏完善的理论依据去界定上述指标的波动区间，因此将当期数据与上一期数据进行对比，数据不变或变大的属性记为“1”，数据变小的属性记为“0”，以此构造 0-1 矩阵作为 Apriori 算法的输入矩阵。对于生猪疫病宽度指数，大于 0.25 的宽度指数代表生猪疫病严重，因此将大于 0.25 的宽度指数标记为“1”，小于 0.25 的宽度指数标记为“0”。

### 2.3 实证分析

**2.3.1 参数设定与规则挖掘** 为探究不同类型关联规则对猪肉价格波动的影响，本研究设置两种挖掘参数。首先，设定最小支持度为 0.5、最小置信度为 0.6、最小提升度为 1，对猪肉价格与生猪养殖加工产业链、替代品市场、宏观经济环境变化、突发性事件和国际市场环境 5 方面 16 种因素进行规则的生成和筛选，得到 6 条高频、高相关的规则，按照置信度进行降序排列，具体的关联规则及相关指标见表 1。由表 1 可知，在挖掘到 6 种高频高相关规则中，生猪疫病的宽度指数超过 0.25（即表示生猪疫病严重）时，猪肉价格上涨的概率为 100%，且对猪肉价格波动的影响程度为 1.84，为 6 种因素中影响程度最高者。其次，当生猪价格稳定波动时，猪肉价格稳定波动的概率为 93%，影响程度为 1.35；而当猪肉的替代品有牛肉和鸡肉这两种肉类的市场价格稳定波动时，猪肉价格稳定波动的概率为 71%，对猪肉价格的影响程度均为 1.03。

为了分析出现不太频繁但相关性较高的关联规则，降低最小支持度为 0.3，置信度和提升度的限值不变，得到 6 条低频、高相关的规则，具体

表 1 高频高相关规则

Table 1 High frequency and high correlation rules

编号 No.	关联规则 Association rule	支持度 Support	置信度 Confidence	提升度 Lift
1	生猪疫病严重 $\Rightarrow$ 猪肉价格上涨	0.54	1.00	1.84
2	生猪价格稳定波动 $\Rightarrow$ 猪肉价格稳定波动	0.52	0.93	1.35
3	牛肉价格稳定波动 $\Rightarrow$ 猪肉价格稳定波动	0.69	0.71	1.03
4	鸡肉价格稳定波动 $\Rightarrow$ 猪肉价格稳定波动	0.67	0.71	1.03
5	M2 上涨 $\Rightarrow$ 猪肉价格上涨	0.59	0.70	1.02
6	玉米价格稳定波动 $\Rightarrow$ 猪肉价格稳定波动	0.67	0.68	1.01

的规则和指标见表 2。由表 2 可知，虽然仔猪价格稳定波动致使猪肉价格稳定波动出现的频次并不高，但两者具有较强的关联程度（82%），仔猪价格稳定波动对猪肉价格稳定波动的影响程度为 1.18。在表 2 挖掘到的 6 条低频高相关规则中，猪肉产量和出栏肉猪量对猪肉价格上涨的影响程度最大、为 1.67。

为了分析出现不太频繁但相关性较高的关联规则，降低最小支持度为 0.3，置信度和提升度的限值不变，得到 6 条低频、高相关的规则，具体的规则和指标见表 2。由表 2 可知，虽然仔猪价格稳定波动致使猪肉价格稳定波动出现的频次并不高，但两者具有较强的关联程度（82%），仔猪价格稳定波动对猪肉价格稳定波动的影响程度为 1.18。在表 2 挖掘到的 6 条低频高相关规则中，猪肉产量和出栏肉猪量对猪肉价格上涨的影响程度最大，为 1.67。

表 2 低频、高相关规则

Table 2 Low frequency and high related rules

编号 No.	关联规则 Association rule	支持度 Support	置信度 Confidence	提升度 Lift
7	仔猪价格稳定波动 $\Rightarrow$ 猪肉价格稳定波动	0.45	0.82	1.18
8	EPU 指数上涨 $\Rightarrow$ 猪肉价格上涨	0.40	0.78	1.12
9	畜肉类 CPI 上涨 $\Rightarrow$ 猪肉价格上涨	0.36	0.72	1.04
10	WTI 原油价格上涨 $\Rightarrow$ 猪肉价格上涨	0.40	0.70	1.02
11	猪肉产量下降 $\Rightarrow$ 猪肉价格上涨	0.40	0.67	1.67
12	出栏肉猪量下降 $\Rightarrow$ 猪肉价格上涨	0.40	0.67	1.67

**2.3.2 规则解读** (1) 生猪养殖加工产业链对猪肉价格波动的影响。规则 2、6、7 表示生猪养殖的成本属性对猪肉价格波动的影响，当生猪价格稳定波动时，猪肉价格稳定波动的概率为 93%；当仔猪价格稳定波动时，猪肉价格稳定波动的概率 82%；当玉米价格稳定波动时，猪肉价格稳定波动的概率为 67%。根据置信度和提升度的指标，相较于仔猪价格和玉米价格，生猪价格稳定波动对于猪肉价格稳定波动的影响程度更高。规则 11、12 代表生猪养殖的供给属性对猪肉价格的影响，当猪肉产量下降时，有 67% 的可能性引起猪肉价格上涨；当出栏猪肉数量下降时，有 67% 的可能性引起猪肉价格上涨。对比表 2 所有规则的

提升度,可知供给方面的因素对猪肉价格的影响程度最大,均为1.67。

(2) 替代品市场对猪肉价格波动的影响。当牛肉价格稳定波动时,猪肉价格稳定波动的概率为71%;当鸡肉价格稳定波动时,猪肉价格稳定波动的概率也为71%。两者对于猪肉价格的影响程度同等重要,均为1.03。

(3) 宏观经济环境对猪肉价格波动的影响。当MCPI上涨时,即畜肉类消费品通货膨胀时,猪肉价格上涨的概率为72%;当M2上涨时,猪肉价格上涨的概率为70%。对比两者的提升度,MCPI与M2均与猪肉价格呈正相关,且MCPI对于猪肉价格的影响程度(1.04)大于M2对于猪肉价格的影响程度(1.02)。

(4) 突发性因素对猪肉价格波动的影响。当疫病宽度指数大于0.25即生猪疫病严重时,猪肉价格上涨的概率为100%;当EPU指数上涨时,有78%的可能性引起猪肉价格上涨。疫病宽度指数、EPU指数的变化与猪肉价格波动呈正相关,且疫病宽度指数在所有因素中对猪肉价格波动的影响程度最高(1.84)。

(5) 国际市场对猪肉价格波动的影响。当WTI原油价格上涨时,有70%的可能性引起我国猪肉价格上涨,WTI原油价格变化与我国猪肉价格波动呈正相关性。

### 3 猪肉价格预测模型构建

#### 3.1 实验方案

为了探究不同多维关联规则筛选得到的输入变量对于猪肉价格预测性能的影响,分别将6种高频、高相关影响因素,6种低频、高相关影响因素,12种运用多维关联规则挖掘的强相关影响因素以及16种未使用多维关联规则挖掘的数据作为SVR模型的输入变量,构建4种对比实验方案:

方案1:预测模型的输入变量为6种高频高相关影响因素,即生猪疫病、生猪价格、牛肉价格、鸡肉价格、M2和玉米价格;

方案2:预测模型的输入变量为6种低频高相关影响因素,即仔猪价格、EPU指数、MCPI、WTI原油价格、猪肉产量、出栏肉猪量;

方案3:预测模型的输入变量为上述12种高相关影响因素,即方案1和方案2的总和;

方案4:未使用多维关联规则进行变量筛选,预测模型的输入变量为原始的16种猪肉价格波动影响因素,即生猪疫病、仔猪价格、生猪价格、EPU指数、牛肉价格、MCPI、鸡肉价格、WTI原油价格、M2、猪肉产量、玉米价格、出栏肉猪量、豆粕价格、年末存栏量、羊肉价格、CME瘦猪肉期货价格。

#### 3.2 实验步骤

采用80:20的方式划分训练集和测试集,其中前80%的数据作为模型的训练样本,后20%的数据作为验证样本。使用SVR模型对4种方案的输入变量进行提前多步的预测建模,探讨多维关联规则对预测建模的有效性。具体实验步骤如下:

步骤1:将4种方案作为SVR模型的输入变量,对数据做归一化处理;

步骤2:划分训练集和测试集,用训练集数据训练SVR模型,通过网格寻优法筛选回归模型的最佳参数cost和gamma;

步骤3:预测验证集的数据,将结果做反归一化的处理,并与真实值做对比,计算每一种方案的RMSE值和MAPE值;

步骤4:构建提前1步、3步和6步的预测步长,找出不同预测步长下的最佳预测方案。

#### 3.3 评价指标

在评价模型效果时,通常采用两个指标作为评价模型的预测性能,分别是均方根误差(Root mean Squared Error,简称RMSE)和平均相对误差绝对值(Mean Absolute Percent Error,简称MAPE)。计算公式如下:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\hat{y}_t - y_t)^2}$$

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{y_t - \hat{y}_t}{y_t} \right| \times 100\%$$

式中, $y_t$ 为 $t$ 时刻的真实值, $\hat{y}_t$ 为 $t$ 时刻的预测值, $n$ 为预测值的个数。为衡量最优模型相较于基准模型的预测精度提升效果,设计改进率指标,计算公式如下:

$$\text{改进率}(RMSE) = \frac{RMSE(\text{方案4}) - RMSE(\text{方案3})}{RMSE(\text{方案4})} \times 100$$

$$\text{改进率}(MAPE) = \frac{MAPE(\text{方案4}) - MAPE(\text{方案3})}{MAPE(\text{方案4})} \times 100$$

### 3.4 实证结果分析

根据 3.2 的实验步骤和流程, 运用 SVR 对猪肉价格进行提前多步预测的结果见表 3 和表 4。综合表 3 和表 4 中不同实验方案的预测结果, 得到以下两个发现。

**3.4.1 基于多维关联规则的变量筛选方案的有效性** 方案 1~ 方案 3 均为使用变量筛选的预测建模结果, 方案 4 为没有使用变量筛选方案的基准模型, 直接选用原始 16 个影响因素进行预测建模。由表 3 可知, 对于短、中期预测而言 (即提前 1 步和 3 步), 方案 1 和方案 3 优于方案 4, 说明基于多维关联规则进行变量筛选, 可在一定程度上提高猪肉价格的预测精度; 然而, 方案 2 的表现并未优于方案 4, 说明只考虑低频高相关因素不足以全面把握猪肉价格波动的影响机理, 导致预测效果欠佳。至于长期预测 (即提前 6 步), 只有方案 3 优于方案 4, 说明对于跨度较长的预测任务, 需要考虑更全面的影响因素, 方能取得理想的预测结果。

**3.4.2 最优预测方案** 由表 3 可知, 对于不同的预测步长, 方案 3 均表现出理想的预测精度, 证明该方案的有效性及稳健性, 因此将方案 3 定义为本实验的最优预测方案, 该方案包含 6 个高频高相关以及 6 个低频高相关影响因素, 可见, 高相关影响因素是确保猪肉价格预测精度的关键因素。由表 4 可知, 进一步呈现的最优方案相较于基准方案的改进率, 证实最优预测方案能显著提

表 3 SVR 模型预测的结果  
Table 3 Results of SVR model prediction

步长 Step length	筛选变量的方案 Variables selection scheme	RMSE	MAPE (%)
1 步 One step	方案 1	2.41	2.71
	方案 2	2.64	3.73
	<b>方案 3</b>	<b>1.65</b>	<b>2.58</b>
	方案 4	2.59	3.17
3 步 Three steps	方案 1	3.03	4.03
	方案 2	3.65	4.25
	<b>方案 3</b>	<b>1.67</b>	<b>3.09</b>
	方案 4	3.13	4.17
6 步 Six steps	方案 1	4.23	5.33
	方案 2	4.29	5.94
	<b>方案 3</b>	<b>2.39</b>	<b>4.94</b>
	方案 4	2.50	5.12

注: 最优预测方案 (即 RMSE/MAPE 最小者) 加粗显示。

Note: The optimal prediction scheme (that is, the one with the smallest RMSE/MAPE) is shown in bold.

表 4 多维关联规则筛选变量的最优方案的改进率  
Table 4 Improvement rate of the optimal scheme for screening variables by multidimensional association rules

预测步长 Prediction step length	改进率 Improvement rate (%)	
	RMSE	MAPE
1 步 One step	36.29	18.61
3 步 Three steps	46.64	25.89
6 步 Six steps	4.40	3.51
平均改进率 Average improvement rate	29.11	16.00

升短、中期的预测精度。综上, 运用基于多维关联规则的变量筛选策略, 不仅可以挖掘出影响猪肉价格波动的关键因素, 还能通过减少模型的解释变量个数, 减轻预测建模的数据收集工作量。

## 4 结论与建议

### 4.1 结论

本研究运用多维关联规则对猪肉价格波动的影响因素进行定量分析, 基于生猪养殖加工产业链、替代品市场、宏观经济环境变化、突发性事件和国际市场环境等 5 个分析维度, 挖掘猪肉价格波动的高相关影响因素作为预测模型的输入变量, 得到以下结论: (1) 从多维关联规则的挖掘结果可知, 与猪肉价格波动关联程度最高的前 3 位因素是生猪疫病、生猪价格、仔猪价格, 置信度分别为 1.00、0.93 和 0.82; 从高相关项集的提升度可知, 对猪肉价格波动影响程度最大的前 3 位因素是生猪疫病、猪肉产量和出栏猪肉量, 提升度分别为 1.84、1.67 和 1.67。(2) 将基于多维关联规则挖掘得到的猪肉价格波动高相关影响因素作为预测模型的输入变量, 进行提前多步预测建模。结果表明, 包含 12 种影响因素即生猪疫病、生猪价格、牛肉价格、鸡肉价格、M2、玉米价格、仔猪价格、EPU 指数、MCPI、WTI 原油价格、猪肉产量和出栏肉猪量的建模方案预测精度最高。(3) 相较于不进行变量筛选的基准模型, 最优模型在 3 个步长中的平均预测精度改进率分别为 29.11% (RMSE) 和 16.00% (MAPE)。可见, 基于多维关联规则的变量筛选策略不仅有助于找出猪肉价格波动的关键影响因素, 而且对于提高模型预测精度具有显著效果。

### 4.2 建议

**4.2.1 完善猪肉价格波动预警机制** 农业生产管理部门应立足于高相关影响因素对猪肉价格波动

进行更有针对性的监管。对生产端（如：玉米、生猪、仔猪、猪肉产量、出栏肉猪量）、替代品（如：鸡肉、牛肉价格）、宏观经济环境（如：M2、MCPI）、突发性事件（如：EPU 指数、生猪疫病宽度指数）、国际环境（如：WTI 原油价格、国际市场猪肉价格）等关键影响因素进行实时监测分析，构建猪肉价格波动指数与预警区间，针对不同级别的警情提前制定应对预案，确保生猪市场的健康平稳运行。

**4.2.2 提高动物疫病风险防范意识** 生猪疫病是与猪肉价格波动关联程度和影响程度最高的决定性因素。因此，政府相关部门应提高动物疫病的风险防范意识。就外部而言，建立国家边境动物防疫安全屏障，健全边境疫病监测制度和突发疫病应急处置机制，完善入境猪肉产品的检验检疫及风险评估办法。就内部而言，提升动物疫病监测预警能力，建立从国家到地方的多级动物疫病预防控制中心，完善动物疫病应急预案，提高相关人员的知识技能及装备水平，确保及时阻断疫病传播扩散链条。

**4.2.3 加强农业信息化建设** 促进农业经济的发展，须坚持以信息技术引领农业的发展。中央一号文件提出，大力发展农业大数据，加快建立现代化养殖体系，保障生猪基础产能，健全生猪产业平稳有序发展的长效机制。当前，散户养殖方式在我国占比接近 50%。由于信息获取手段的局限性，散户无法及时获取全面的市场信息，一定程度上导致其养殖计划制定的盲目性，进而增加其遭遇价格风险的可能性。因此，相关管理部门应尽快建立农业大数据平台，完善农业信息基础设施建设，促进生产、市场信息的透明公开，提高农户的信息决策能力，保障市场的平稳运行。

**4.2.4 构建全链条视角下的生猪价格调控机制** 目前，我国的生猪价格调控预案主要以猪粮比作为预警指标。由于过于重视供给端的成本变动，相关调控政策的出台在一定程度上导致供应的急剧上升或下降，加剧了猪肉价格波动的风险。为确保猪肉市场的健康平稳运行，建议构建涵盖供给端和市场端的全链条风险评价体系，综合生产成本变动以及市场价格波动研判市场风险，依据市场整体风险等级确定调控机制，有效保障猪肉市场多方参与主体的利益，规避其可能面临的生产经营决策风险。

#### 参考文献 (References) :

- [1] 陈哲蕊, 田文勇, 吴秀敏. 饲料价格、加工价格、猪肉价格波动关系实证分析[J]. 价格月刊, 2017(3): 47-52. DOI: 10.14076/j.issn.1006-2025.2017.03.10.  
CHEN Z R, TIAN W Y, WU X M. Empirical analysis on the fluctuation relationship between feed price, processing price and pork price [J]. *Price Monthly*, 2017(3): 47-52. DOI: 10.14076/j.issn.1006-2025.2017.03. 10.
- [2] 罗军, 万忠, 梁俊芬, 马巍, 马力, 林伟君, 方伟. 近期我国猪肉价格大幅度上涨的原因及趋势分析[J]. 广东农业科学, 2011, 38(17): 165-168. DOI: 10.16768/j.issn.1004-874X.2011.17.027.  
LUO J, WAN Z, LIANG J F, MA W, MA L, LIN W J, FANG W. Causes and trends of pork price Increase in China [J]. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2011, 38(17): 165-168. DOI: 10.16768/j.issn.1004-874X.2011.17.027.
- [3] 乔浪, 郭新宇, 彭程. 基于多维关联规则的猪肉价格波动原因分析[J]. 江苏农业科学, 2019, 47(11): 332-335. DOI: 10.15889/j.issn.1002-1302.2019.11.075.  
QIAO L, GUO X Y, PENG C. Based on multidimensional association rules of pork price fluctuations cause analysis [J]. *Journal of Jiangsu Agricultural Sciences*, 2019, 47(11): 332-335. DOI: 10.15889/j.issn.1002-1302.2019.11.075.
- [4] 陈宁, 杨文静. 我国猪肉价格波动及其影响因素分析——基于 Markov 区制转换 VAR 模型的实证检验[J]. 中国畜牧杂志, 2016, 52(20): 51-56. DOI: 52(20): 51-56. DOI: CHEN N, YANG W J. Analysis of pork price fluctuation and its influencing factors: An empirical test based on Markov system VAR model [J]. *Chinese Journal of Animal Science*, 2016, 52(20): 51-56.
- [5] 张照新, 翟雪玲, 宋洪远, 沈贵银, 彭超, 夏海龙. 通货膨胀、农产品价格上涨与市场调控[J]. 农业技术经济, 2011(3): 4-12. DOI: 10.13246/j.cnki.jae.2011.03.004.  
ZHANG Z X, ZHAI X L, SONG H Y, SHEN G Y, PENG C, XIA H L. Inflation, agricultural product prices and market regulation and control [J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2011(3): 4-12. DOI: 10.13246/j.cnki.jae.2011.03.004.
- [6] 杨军, 黄季焜, 李明, 尚强. 我国货币供应量对农产品价格影响分析及政策建议[J]. 农村金融研究, 2011(12): 58-61. DOI: 10.16127/j.cnki.issn1003-1812.2011.12.011.  
YANG J, HUANG J K, LI M, SHANG Q. China's money supply of agricultural products price impact analysis and policy advice [J]. *Rural Finance Research*, 2011(12): 58-61. DOI: 10.16127/j.cnki.issn1003-1812.2011.12.011.
- [7] 何蒲明, 全磊, 马敬桂. 中国 CPI 之“猪价周期”的实证研究[J]. 经济问题探索, 2013(8): 17-22.  
HE P M, QUAN L, MA J G. An empirical study on the "Pig Price Cycle" of China's CPI [J]. *Inquiry into Economic Issues*, 2013(8): 17-22.
- [8] LARY N B A, HIROICHI K, ANOMA G et al. Impact of foot-and-mouth disease on pork and chicken prices in Central Luzon, Philippines [J]. *Preventive Veterinary Medicine*, 2014, 113(4): 398-406.
- [9] 陈昱帆, 花俊国, 张俊华. 生猪疫情变动对猪肉价格的冲击效应与溢出效应研究[J]. 农业技术经济, 2022(7): 48-63. DOI: 10.13246/j.cnki.jae.20211208.005.

- CHEN Y F, HUA J G, ZHANG J H. Impact effect and spillover effect of swine epidemic on pork price [J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2022(7): 48–63. DOI: 10.13246/j.cnki.jae.20211208.005.
- [10] 肖琦, 周杨. 疫病对猪肉价格波动的影响——基于供需关系视角[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2019(2): 12–16, 177. DOI: 10.13881/j.cnki.hljxmsy.2018.11.0014.
- XIAO Q, ZHOU Y. Effects of epidemic diseases on pork price fluctuation: from the perspective of supply and demand relationship [J]. *Heilongjiang Animal Husbandry and Veterinary Medicine*, 2019(2): 12–16, 177. DOI: 10.13881/j.cnki.hljxmsy.2018.11.0014.
- [11] 王萍, 李刚. 政策不确定性抑制了农业企业投资吗[J]. 农业技术经济, 2021(8): 20–31. DOI: 10.13246/j.cnki.jae.2021.08.002.
- WANG P, LI G. Does policy uncertainty inhibit agribusiness investment [J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2021(8): 20–31. DOI: 10.13246/j.cnki.jae.2021.08.002.
- [12] 夏龙, 刘芳. 中国生猪价格国际传导中的溢出效应研究[J]. 农林经济管理学报, 2014, 13(6): 628–635. DOI: 10.16195/j.cnki.cn36-1328/f.2014.06.009.
- XIA L, LIU F. Study on spillover effect of Chinese live pig price in international transmission [J]. *Journal of Agro-Forestry Economics and Management*, 2014, 13(6): 628–635. DOI: 10.16195/j.cnki.cn36-1328/f.2014.06.009.
- [13] 何伟, 刘芳. 国内外生猪价格整合研究: 基于月度时间序列数据的检验[J]. 世界农业, 2015(8): 63–68. DOI: 10.13856/j.cn11-1097/s.2015.08.013.
- HE W, LIU F. Study on the integration of domestic and foreign hog prices: Based on the test of monthly time series data [J]. *World Agriculture*, 2015(8): 63–68. DOI: 10.13856/j.cn11-1097/s.2015.08.013.
- [14] 蔡超敏, 凌立文, 牛超, 张大斌. 国内猪肉市场价格的 EMD-SVM 集成预测模型[J]. 中国管理科学, 2016, 24(S1): 845–851.
- CAI C M, LING L W, NIU C, ZHANG D B. An EMD-SVM integrated prediction model for domestic pork market price [J]. *China Management Science*, 2016, 24(S1): 845–851.
- [15] ZHANG D B, LI Q, MUGERA A W, LING L W. A hybrid model considering cointegration for interval-valued pork price forecasting in China [J]. *Journal of Forecasting*, 2020, 39(8): 1324–1341. DOI: 10.1002/for.2688.
- [16] 姜百臣, 冯凯杰, 彭思喜. 基于改进支持向量机的猪肉价格预测研究[J]. 广东农业科学, 2018, 45(12): 158–164. DOI: 10.16768/j.issn.1004-874X.2018.12.026.
- JIANG B C, FENG K J, PENG S X. Research on pork price prediction based on improved support vector machine [J]. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2018, 45(12): 158–164. DOI: 10.16768/j.issn.1004-874X.2018.12.026.
- [17] 赵洪英, 蔡乐才, 李先杰. 关联规则挖掘的 Apriori 算法综述[J]. 四川理工学院学报(自然科学版), 2011(1): 66–70.
- ZHAO H Y, CAI L C, LI X J. Survey on apriori algorithm for association rule mining [J]. *Journal of Sichuan University of Science and Technology (Natural Science Edition)*, 2011(1): 66–70.
- [18] CORTES C, VAPNIK V. Support-vector networks [J]. *Machine Learning*, 1995, 20(3): 273–297.
- [19] 王刚毅, 李春雷, 郝岩芝, 王志琳. 政策风险抑制生猪企业扩张了吗? ——基于政策不确定性视角的分析[J]. 农业经济与管理, 2022(3): 75–85.
- WANG G Y, LI C L, HAO Y Z, WANG Z L. Does policy risk restrain hog business expansion?—Analysis from the perspective of policy uncertainty [J]. *Agricultural Economics and Management*, 2022(3): 75–85.
- [20] 王雪娇, 肖海峰. 牛羊肉价格上涨对我国城乡居民肉类消费结构的影响研究[J]. 农业经济与管理, 2015(3): 40–45, 50.
- WANG X J, XIAO H F. Effects of beef and mutton price increase on meat consumption structure of urban and rural residents [J]. *Agricultural Economics and Management*, 2015(3): 40–45, 50.
- [21] 唐利群, 陈小珍. 疫情背景下中国猪肉价格波动的主要影响因素研究[J]. 价格月刊, 2022(4): 1–7. DOI: 10.14076/j.issn.1006-2025.2022.04.01.
- TANG L Q, CHEN X Z. Study on the main influencing factors of pork price fluctuation in China under the background of epidemic [J]. *Price Monthly*, 2022(4): 1–7. DOI: 10.14076/j.issn.1006-2025.2022.04.01.
- [22] 孙红英, 刘向荣, 谢伟聪. 广东猪肉价格波动关联效应实证研究——基于改进的投入产出价格影响模型分析[J]. 广东农业科学, 2013, 40(15): 213–217. DOI: 10.16768/j.issn.1004-874X.2013.15.020.
- SUN H Y, LIU X R, XIE W C. An empirical study on the correlation effect of pork price volatility in Guangdong Province: Based on an improved input-output price impact model [J]. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2013, 40(15): 213–217. DOI: 10.16768/j.issn.1004-874X.2013.15.020.
- [23] 石自忠, 王明利, 胡向东. 经济政策不确定性与中国畜产品价格波动[J]. 中国农村经济, 2016(8): 42–55.
- SHI Z Z, WANG M L, HU X D. Economic policy uncertainty and price fluctuation of livestock products in China [J]. *China's Rural Economy*, 2016(8): 42–55.
- [24] 肖小勇, 章胜勇. 原油价格与农产品价格的溢出效应研究[J]. 农业技术经济, 2016(1): 90–97. DOI: 10.13246/j.cnki.jae.2016.01.009.
- XIAO X Y, ZHANG S Y. Research on spillover effect between crude oil price and agricultural product price [J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2016(1): 90–97. DOI: 10.13246/j.cnki.jae.2016.01.009.

(责任编辑 邹移光)