

农产品市场价格短期预测方法与模型研究 ——基于时间序列模型的预测

李干琼 许世卫* 李哲敏 董晓霞

(中国农业科学院 农业信息研究所/农业部 智能化农业预警技术重点开放实验室,北京 100081)

摘要 为提高农产品市场价格的预见性,及早采取措施减缓价格波动,以全国西红柿月度批发市场价格为预测目标,综合利用季节虚拟变量法、Census X12法、移动平均比率法、Holt-Winters季节指数平滑法、SARIMA法等建立短期预测模型,并根据模型预测误差大小赋予不同的权重值,从而建立组合预测方法。实证分析结果表明:单一模型预测误差波动较大,总体上随着预测周期变长精度下降。在2009年的评估预测中,所建立的5个单一短期预测模型平均绝对误差百分比(MAPE)为10%左右,其中Holt-Winters季节指数平滑法建立的短期预测模型精度最高,MAPE为6.81%。如果预测提前期为3个月,SARIMA模型的预测精度更高,准确率达到95%以上。在实证分析的基础上,采用组合预测方法对2010年西红柿价格进行了预测。

关键词 农产品; 市场价格; 预测模型

中图分类号 F 323.7 文章编号 1007-4333(2011)02-0172-07 文献标志码 A

Study on short-term forecasting methods and modeling of agro-product market price: Forecasting based on the time series models

LI Gan-qiong, XU Shi-wei*, LI Zhe-min, DONG Xiao-xia

(Agricultural Information Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences/Key Lab of
Digital Agricultural Early Warning Technology, Ministry of Agriculture, Beijing 100081, China)

Abstract In order to improve the predictability of agro-product market price and to take measures to reduce price fluctuation, this study selected the wholesale price of tomatoes as an object and employed the five methods, the seasonal dummy variables, the Census X12 method, the moving average method, the Holt-Winters seasonal exponential smoothing method and the SARIMA, to establish short-term forecasting models. A combination forecasting model was established and the weights used in the model were calculated according to the single model prediction error. The results showed that the error of single model fluctuated greatly and the accuracy declined with longer forecast period. Mean absolute percent error (MAPE) of the five single models in forecasting evaluation for 2009 is about 10%, of which the Holt-Winters seasonal exponential smoothing model has the lowest MAPE of 6.81%. When forecast period is ahead of 3 months, the accuracy of the SARIMA model was the highest which was more than 95%. On the basis of empirical analysis, this study used the combination forecast method to predict the tomatoes market price in 2010.

Key words agro-product; market price; forecasting model

收稿日期: 2010-07-21

基金项目: 国家“十一五”科技支撑计划重点项目(2009BADA9B01); 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项(2010-J-11)

第一作者: 李干琼, 助理研究员, 博士研究生, 主要从事农业信息分析与食物发展研究, E-mail: lgqxj@caas.net.cn

通讯作者: 许世卫, 研究员, 博士生导师, 主要从事农业信息分析与管理、食物安全预警等研究, E-mail: xushiwei@mail.caas.net.cn

我国农产品价格受市场供求、生产成本、市场流通、自然气候以及突发事件等多种因素的影响,短期波动十分频繁。开展农产品市场价格短期预测研究,对有效指导农民及时调整生产和规避市场风险,提高农业行政主管部门的管理效率,促进现代农业又好又快发展具有重要意义。

从国内外研究动态看,短期预测在社会经济、电力负荷、交通运输等领域取得了较大进展。在农产品市场预测方面, Henry 选择降雨量、温度 2 个影响因素对美国棉花产量进行回归预测,预测结果比当时美国农业部的预测结果更为准确^[1]。Sarle 研究表明工业股票价格、芝加哥二等混合玉米期货价格、玉米与生猪价格比、芝加哥生猪期货价格等 4 个影响因素与生猪市场价格具有很强的相关性;并利用 1887—1924 年的样本数据建立了生猪价格预测方程,方程拟合优度达 0.75^[2]。Smith 研究认为尽管农作物当年的价格是影响下一年种植面积的重要因素,但由于农作物间存在“争地”问题,在食物和饲料价格较高的情况下,较高的棉花价格并不代表棉花种植面积会增加^[3]。Ezekiel 采用生猪影响因素回归预测法和基于生猪消费需求曲线预测方法进行价格预测,结果表明 2 种方法各有优缺点,预测精度很接近^[4]。综上,早期研究主要是针对影响因素的回归方程预测法,而现代时间序列模型法的真正兴起是在 20 世纪 70 年代。Jarrett 采用指数平滑法对澳大利亚羊毛价格进行短期预测结果表明,指数平滑法对转折点的预测具有优势^[5]。1970 年, Schmitz 和 Watts 发表了介绍 Box-Jenkins 法和指数平滑法的文章,并应用这 2 种方法对生猪日价格进行预测,结果表明时间序列法与因果关系模型相比并不逊色^[6]。在预测方法方面,主要采用计量经济方法,如三时点预测模型^[7]、VAR 模型^[8]、ARIMA 模型^[9-12]、GARCH 模型^[13]、马尔可夫模型^[14]和人工神经网络^[15]等。已有研究以单一模型预测较为常见,综合采用多种方法预测的较少,特别是在组合预测研究方面更属于空白。本研究旨在突破农产品市场价格预测技术,增强短期价格的预见性。

1 常用时间序列短期预测方法及模型

随着计量经济建模理论的发展与完善,时间序

列分析与预测^[16]得到了广泛应用。目前,常用的时间序列短期预测方法与模型主要有时间趋势外推法、季节分解法、指数平滑法和 Box-Jenkins 法。

1) 趋势外推法。当时间序列具有某种上升或下降的趋势,并且无明显的季节波动时,通常采用简单趋势外推预测模型,主要包括多项式曲线预测模型、指数曲线预测模型、对数曲线预测模型、生长曲线预测模型等 4 种^[17]。当既有某种上升或下降趋势,又存在季节性波动时,需要加入季节虚拟变量。常用方法有截距变动模型、斜率变动模型、截距和斜率同时变动模型。

2) 季节分解法。将影响时间序列变化的因素分为 4 种:长期趋势因素(trend, T),表示随着时间变化按照某种规律稳步上升、下降或保持在某一水平上;季节变动因素(seasonal, S),表示在 1 个年度内依一定周期规律性变化;循环变动因素(circle, C),表示以若干年为周期的变动变化;不规则变动因素(irregular, I),表示不可控的偶然因素,如地震、水灾、恶劣天气、罢工和意外事故等^[18]。季节分解常用模型有:乘法模型($Y = TSCI$)和加法模型($Y = T + S + C + I$)。

3) 指数平滑法。以本期实际数和本期预测数为基础,引入 1 个简化加权因子(平滑系数)的一种指数平滑预测法。常用的指数平滑法有单指数平滑法、双指数平滑法、Brown 二次(或高次)多项式指数平滑法、Holter-Winters 非季节模型、Holter-Winters 季节乘法模型和 Holter-Winters 季节加法模型^[18]。

4) Box-Jenkins 法。如果时间序列是非平稳的,先将序列变成平稳序列,变化后的新序列仍保持原时间序列的随机性^[19]。主要模型包括:自回归模型(AR)、移动平均模型(MA)、自回归移动平均模型(ARMA)或差分自回归移动平均模型(ARIMA 或 SARIMA)。

2 农产品市场价格短期预测模型的建立

本研究选择西红柿批发市场价格作为研究对象。原始数据资料来源于农业部 511 个定点批发市场的日价格监测数据,经加权平均后计算为全国的月度价格数据。从 2000—2009 年西红柿的月度价格变

化看,其波动具有明显的季节性和趋势性(图1)。因此考虑采用季节虚拟变量回归预测法、Census X12 季节分解法、移动平均比率法、Holt-Winters 季节指数平滑法和差分自回归移动平均法(SARIMA)

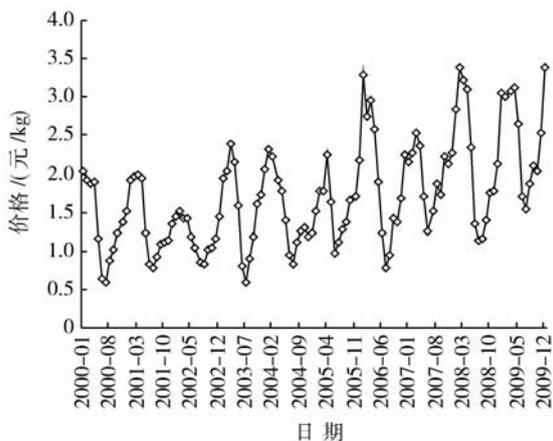


图1 2000—2009年全国西红柿月度批发价格

Fig.1 National monthly wholesale price of tomatoes between January 2000 and December 2009

5种方法分别建立农产品市场价格短期预测模型,建模过程所使用的软件为Eviews5.0。

1)模型1:基于季节虚拟变量法。

根据经验选择虚拟变量截距变动模型建模,模型参数估计结果见表1。回归方程调整的可决系数为0.85,残差自相关检验值为2.08,回归方程的显著性检验(F 检验)值为0。

残差的B-G自相关检验和怀特异方差检验都表明,在0.05的显著水平下接受原假设,即残差不存在自相关和异方差。综合可知,模型总体拟合效果较好,因此可建立短期预测方程如下:

$$P_t = 0.3605 + 0.0020T + 0.0658D_1 - 0.5679D_2 - 0.2783D_3 + 0.8386P_t(-1) - 0.3687P_t(-2) \quad (1)$$

式中: P_t 为西红柿当期价格, $P_t(-1)$ 和 $P_t(-2)$ 为滞后1期和2期的价格; T 为时间变量, $T=1,2,\dots,N$; D_i 为季节虚拟变量,取值为0或1, $i=1,2,3$,分别表示1,2和3季度。

表1 季节虚拟变量截距变动模型参数估计结果

Table 1 Results of model parameter estimation for seasonal dummy variables model

自变量	回归系数	标准误差	t 值	相伴概率
C	0.360452	0.074804	4.818642	0.0000
T	0.002010	0.000843	2.384848	0.0188
D_1	0.065760	0.082200	0.799995	0.4254
D_2	-0.567909	0.071843	-7.904876	0.0000
D_3	-0.278262	0.072598	-3.832890	0.0002
$P(-1)$	0.838573	0.062324	13.455120	0.0000
$P(-2)$	-0.368737	0.095373	-3.866253	0.0002

注: C 为截距项; T 为时间变量; D_i 为季节虚拟变量, $i=1,2,3$,分别表示1,2和3季度; $P(-1)$ 和 $P(-2)$ 分别为滞后1和2期的价格。

2)模型2:基于Census X12的季节分解法。

采用Census X12乘法模型,价格序列 P 季节分解后得到的各个因素序列见图2;价格序列 P 经季节分解后得到的季节因子见表2。可以看出,季节因子“两头大,中间小”的特征与西红柿价格波动的季节性规律吻合,季节因子随年份变化略有不同。

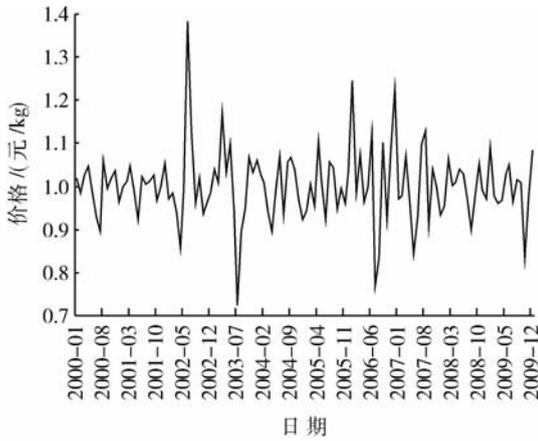
由于季节分解后的新序列 R 表现出明显的非

线性趋势,经比较采用3次曲线拟合建模是最优的。根据序列 R 数据建立的趋势预测方程为:

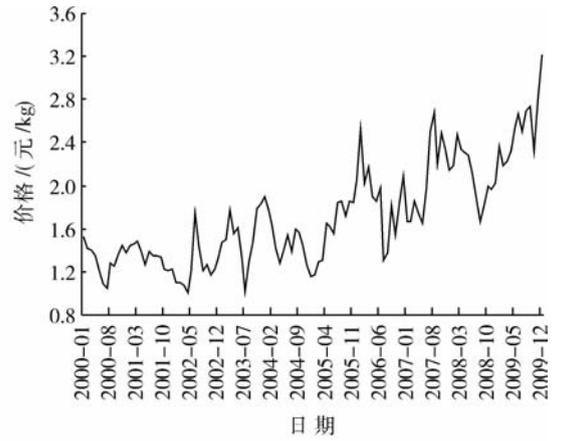
$$R = 1.3218 - 0.0023T + 0.0001T^2 + 1.26 \times 10^{-8}T^3 \quad (2)$$

式中 $T=1,2,\dots,N$ 。根据式(2)和季节因子 S ,得到相应的价格序列 P 的预测方程:

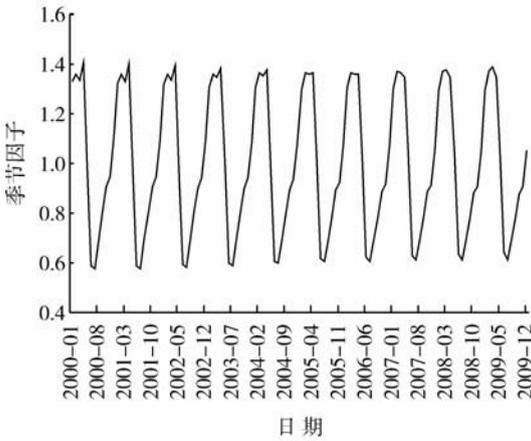
$$P_t = R_t S_t$$



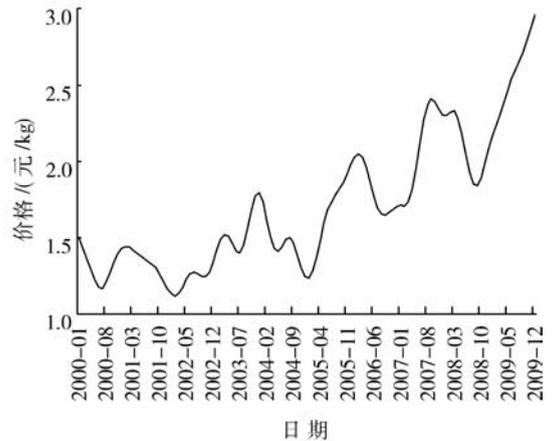
(a) 不规则因素序列



(b) 季节分解后的新序列 R



(c) 季节因子序列



(d) 趋势与循环波动叠加序列

图 2 价格序列 P 季节分解后得到的各个序列

Fig. 2 Different series generated by Census X12 method

表 2 基于 Census X12 季节分解法计算的 2009—2010 年的季节因子

Table 2 Seasonal factors estimation from 2009 to 2010 based on Census X12

年份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
2009	1.295	1.369	1.389	1.347	1.035	0.642	0.614	0.694	0.775	0.876	0.904	1.054
2010	1.294	1.369	1.395	1.345	1.037	0.644	0.615	0.693	0.773	0.872	0.903	1.053

3) 模型 3: 基于移动平均比率法。

采用移动平均比率法得到的价格序列 P 季节因子见表 3。移动平均季节调整后得到的新序列 U 呈现非线性趋势(图 3), 经比较采用 3 次曲线拟合建模最优。根据序列 U 数据建立的趋势预测方程如下:

$$U = 1.2643 - 0.0026T + 0.0001T^2 - 6.09 \times 10^{-8}T^3 \quad (3)$$

式中 $T=1, 2, \dots, N$ 。根据式(3)和相应的季节因子(用 F 表示), 相应的价格序列 P 预测方程为:

$$P_t = U_t F_t$$

表 3 基于移动平均比率法计算的季节因子

Table 3 Seasonal factors estimation based on moving average ratio method

月份	季节因子	月份	季节因子
1	1.398	7	0.588
2	1.424	8	0.706
3	1.442	9	0.818
4	1.398	10	0.933
5	1.044	11	0.972
6	0.678	12	1.143

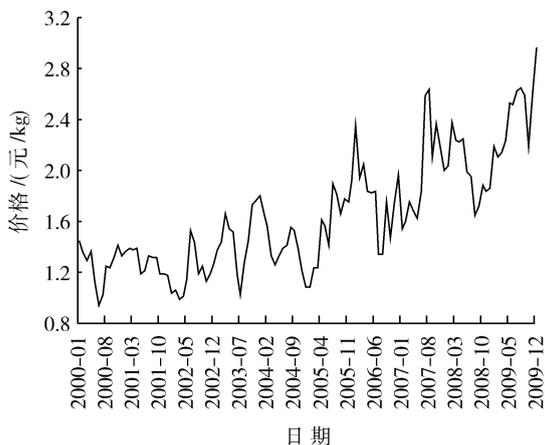


图3 移动平均比率法季节分解后的新序列 U
Fig. 3 The new series U generated by moving average ratio method

模型4:基于 Holt-Winters 季节性指数平滑法。采用 Holt-Winters 乘法模型,价格序列 P 预测方程参数估计结果为: $\alpha = 0.780$; $\beta = 0.000$; $\gamma = 0.000$ 。

模型5:基于 SARIMA 分析法。

首先对价格序列 P 进行平稳性检验,确定价格序列最终达到平稳阶数。由于不同年份间月度价格波动较大,通过取自然对数法消除数据之间的差异,用 $\ln P$ 表示为序列 P 取自然对数后的序列,其 ADF 检验结果见表4。由于序列 $\ln P$ 的检验结果 $t = -1.768$,大于1%和5%显著性水平下的临界值,因此在0.01或0.05显著水平下接受原假设,即序列 $\ln P$ 存在单位根。

对序列 $\ln P$ 进行一阶差分,令 $d(\ln P) = \ln P - \ln P(-1)$,序列 $d(\ln P)$ 平稳性检验 t 值为 -6.679 ,

表4 序列 $\ln P$ 和 $d(\ln P)$ 的 ADF 平稳性检验结果

Table 4 ADF stable test results of series $\ln P$ and $d\ln P$

序列	t 统计量	临界值		
		1%	5%	10%
$\ln P$	-1.768	-2.585	-1.944	-1.615
$d(\ln P)$	-6.679	-2.585	-1.944	-1.615

注:序列 $\ln P$ 检验的 t 统计量伴随概率为 0.073,序列 $d(\ln P)$ 检验的 t 统计量伴随概率为 0.000。

在1%、5%和10%水平下均拒绝原假设,即序列 $d(\ln P)$ 为平稳序列。

观察序列 $d(\ln P)$ 自相关图,滞后阶数 $K = 12$ 或 24 时自相关系数显著不为 0(在随机区间之外),表明季节性存在。对序列 $d(\ln P)$ 进行一阶季节差分,用 $s[d(\ln P)]$ 表示季节差分后得到的新序列,即 $s[d(\ln P)] = d(\ln P) - d(\ln P(-12))$ 。一阶季节差分后自相关和偏相关系数很快地落入随机区间,但滞后阶数 $K = 12$ 时自相关系数仍然不为 0。对序列进行二阶季节差分后,发现序列季节性并没有得到明显改善,故只做一阶季节差分。因此,对价格序列 P 建立 SARIMA(p, d, q)(P, D, Q)¹² 模型。

由序列 $s d \ln P$ 的偏相关图可知 $p = 2$ 或 $p = 4$, 自相关图可知 $q = 2$ 或 $q = 4$ 。由于 $K = 12$ 时,自相关和偏相关系数都显著不为 0,所以 $P = Q = 1$ 。序列进行了滞后 1 期差分和一次季节性差分,故 $d = 1, D = 1$ 。因此,价格序列 P 可选择的模型有: ARIMA(2, 1, 2)(1, 1, 1)¹²、ARIMA(2, 1, 4)(1, 1, 1)¹²、ARIMA(4, 1, 2)(1, 1, 1)¹²、ARIMA(4, 1, 4)(1, 1, 1)¹²。经比较,模型 ARIMA(2, 1, 4)(1, 1, 1)¹² 最优,其方程参数估计结果见表 5。回归方程

表5 SARIMA 模型参数估计与相关检验结果

Table 5 Model parameter estimation and test based on SARIMA

自变量	回归系数	标准误差	t 值	相伴概率
AR(1)	0.072 580	0.091 702	0.791 480	0.430 9
AR(2)	-0.659 425	0.091 009	-7.245 708	0.000 0
SAR(12)	-0.544 956	0.092 216	-5.909 532	0.000 0
MA(1)	-0.357 866	0.073 148	-4.892 375	0.000 0
MA(2)	0.393 704	0.100 414	3.920 814	0.000 2
MA(3)	-0.012 317	0.089 506	-0.137 607	0.890 9
MA(4)	-0.601 536	0.088 679	-6.783 326	0.000 0
SMA(12)	-0.873 166	0.037 474	-23.300 390	0.000 0

注:因变量为 $D(\lg P, 1, 12)$ 。AR(1)、AR(2) 分别表示一阶和二阶自回归变量;SAR(12) 表示季节自回归变量;MA(1)、MA(2)、MA(3)、MA(4) 分别表示滞后 1 期、2 期、3 期和 4 期的残差变量;SMA(12) 表示季节移动平均变量。

调整的可决系数为 0.77,残差自相关检验值为 2.02。

3 短期预测模型的评价分析

为评价本研究所建立的 5 个单一农产品市场价格短期预测模型,分别应用其对 2009-01—12 月全国西红柿价格进行评估预测,比较不同模型的预测精度。评估预测结果见表 6。

表 6 采用不同短期预测模型得到的 2009 年西红柿价格预测结果

Table 6 Forecasting results of tomatoes price in 2009 used different short-term models 元/kg

日期	实际值	模型 1	模型 2	模型 3	模型 4	模型 5
2009-01	3.06	2.53	3.07	3.17	2.65	2.92
2009-02	3.00	2.75	3.27	3.26	3.01	3.00
2009-03	3.09	2.92	3.35	3.33	3.02	2.83
2009-04	3.12	2.47	3.29	3.26	3.00	2.63
2009-05	2.64	2.11	2.55	2.45	2.27	2.04
2009-06	1.71	1.78	1.59	1.61	1.65	1.45
2009-07	1.54	1.80	1.54	1.41	1.53	1.31
2009-08	1.87	1.83	1.76	1.71	1.86	1.66
2009-09	2.12	1.85	1.98	2.00	2.15	1.94
2009-10	2.04	2.15	2.25	2.30	2.40	2.19
2009-11	2.54	2.40	2.35	2.41	2.25	2.26
2009-12	3.39	2.62	2.76	2.86	2.96	2.65

注:模型 1,2,⋯,5 分别表示基于季节虚拟变量回归预测法、Census X12 季节分解法、移动平均比率法、Holt-Winters 季节指数平滑法和季节差分自回归移动平均法所建立的农产品短期预测模型。下表同。

用绝对百分比误差(APE)表示预测值与实际值的误差,计算公式如下:

$$APE = \frac{|X_f - X_{obs}|}{X_{obs}} \times 100\%$$

式中: X_f 为模型拟合值或预测值; X_{obs} 为实际观察值。不同模型得到的评估预测结果差异显著。模型 2 和模型 5 的绝对百分比误差最小值为 0,说明预测值与实际值相等;模型 1 和模型 5 的绝对百分比误差最大值分别为 22.71%和 22.73%,表明拟合效果不理想。总体上,5 个模型的平均绝对百分比误差(MAPE)均可以满足短期预测的要求,其中模型 4 的预测精度最高,平均绝对百分比误差仅为 6.81%(表 7)。

表 7 不同短期预测模型预测效果比较

Table 7 Comparison of forecasting results from different short-term models %

模型	绝对百分比 误差最小值	绝对百分比 误差最大值	平均绝对百 分比误差
模型 1	2.14	22.71	11.79
模型 2	0	18.58	6.87
模型 3	3.59	15.63	7.81
模型 4	0.33	17.65	6.81
模型 5	0	22.73	11.79

4 农产品市场价格短期预测模型的应用

由前面分析可知,所建立的 5 个单一模型均可用来短期价格预测,但由于每个模型都有局限性,为充分利用每个模型的优点,组合预测是一个较好的办法。本研究中组合预测的权重设置根据误差大小分配,误差越小权重越大,越差越大权重越小。权重的计算公式为:

$$w_i = \left(\frac{1}{MAPE_i} \right) / \left(\sum_i \frac{1}{MAPE_i} \right)$$

式中: $MAPE_i$ 表示第 i 个模型的平均绝对百分比误差。应用所建立的 5 个模型对 2010-01—12 全国西红柿价格进行预测,得到的组合预测结果见表 8。

表 8 2010 年西红柿价格单一模型和组合模型预测结果

Table 8 Forecasting results of tomatoes' price in 2010 used single model and combination model

日期	模型 1	模型 2	模型 3	模型 4	模型 5	组合模型
2010-01	3.43	3.43	3.54	4.09	3.52	3.63
2010-02	3.30	3.66	3.63	4.14	3.94	3.76
2010-03	3.47	3.75	3.71	4.16	4.00	3.84
2010-04	3.04	3.66	3.63	4.05	3.49	3.64
2010-05	2.59	2.84	2.74	2.97	2.43	2.76
2010-06	2.18	1.78	1.79	1.91	1.65	1.85
2010-07	2.17	1.72	1.57	1.73	1.49	1.72
2010-08	2.17	1.95	1.90	2.08	1.68	1.96
2010-09	2.16	2.20	2.22	2.40	1.98	2.22
2010-10	2.43	2.50	2.56	2.71	2.48	2.55
2010-11	2.66	2.62	2.68	2.88	2.46	2.68
2010-12	2.86	3.09	3.19	3.44	2.77	3.12

注:组合模型预测值 $P = \sum_{i=1}^n P_i w_i$, 其中, P_i 为第 i 个单一模型的预测值, w_i 为第 i 个单一模型的权重值。

5 结论及讨论

1)短期预测的提前期越长(12个月以内都可称为短期),预测精度将会下降。从本研究的预测评价结果中可以看出,如果将短期预测的提前期由1年变为3个月以内,5个模型的预测精度均可以达到90%以上,且季节差分自回归移动平均模型明显优于其他4个模型。

2)对突发性因素引发的波动异常值拟合效果不理想。本研究中,5个短期价格预测模型对拐点或异值点的评估预测误差均在10%以上。

农产品市场价格短期预测是一个难题,其预测结果是否有意义主要取决于预测精度。农产品市场价格短期预测的建模主要依据历史数据资料所包含的信息,由于影响市场价格短期波动的突发性因素对历史数据的影响没有记载,且对未来市场价格的影响也存在随机性,加上市场交易过程中个人行为也存在随机性等等,致使市场价格短期预测很难做到没有误差。本研究认为,要提高农产品市场价格短期预测的应用性,需要进一步研究以下问题:

1)短期预测模型的选择。通常情况下,不同的预测模型综合信息的方式不一样;实际数据资料也不可能完全具有某一个模型所描述的规律,因此要选择尽可能地与实际数据所反映的规律接近的预测模型或研究新的预测模型。本研究中的价格为月度数据,如果是日度数据或周数据或旬数据,短期建模的方法选择可能不尽相同,预测精度也会有所提高。

2)突发性因素的考虑及模型化问题。一般地,常态性因素在短时间内具有相对的稳定性,而突发性因素的影响往往具有短暂性和脉冲性的特点,如气象因素对价格变化的影响往往具有区域性、时间性和季节性,各种突发因素对价格变化的影响及其建模仍是需要研究的问题。

参 考 文 献

[1] Henry L M. Forecasting the Yield and the Price of Cotton

[M]. New York: The Macmillan Company, 1917: 100-113

- [2] Sarle C F. The forecasting of the price of hogs[J]. American Economic Review, 1925, 15(3): 1-22
- [3] Smith B B. Forecasting the acreage of cotton[J]. Journal of the American Statistical Association, 1925, 20(149): 31-47
- [4] Ezekiel M. Two methods of forecasting hog prices[J]. Journal of the American Statistical Association, 1927, 22(15): 22-30
- [5] Jarrett F G. Short term forecasting of Australian wool prices [J]. Australian Economic Paper, 1965(4): 93-102
- [6] Schmitz A, Watts D G. Forecasting wheat yield: an application of parametric time series modeling [J]. American Journal of Agricultural Economics, 1970, 52: 247-254
- [7] 刘洪宇. 商品市场价格的三时点预测模型及其应用[J]. 预测, 2001, 20(3): 51-54
- [8] 马孝斌, 王婷, 董霞, 等. 向量自回归法在生猪价格预测中的应用[J]. 中国畜牧杂志, 2007, 43(23): 4-6
- [9] 姚霞, 彭汉良, 朱艳, 等. 生鲜农产品价格预测的 ARIMA 时序模型构建与运用[J]. 农业系统科学与综合研究, 2007, 23(1): 89-94
- [10] 刘峰, 王儒敬, 李传席. ARIMA 模型在农产品价格预测中的应用[J]. 计算机工程与应用, 2009, 45(25): 238-239
- [11] 傅如南, 林丕源, 严尚维, 等. 基于 ARIMA 的肉鸡价格预测建模与应用[J]. 中国畜牧杂志, 2008, 44(20): 17-21
- [12] Paulo C. Evolving time series forecasting ARMA models[J]. Journal of Heuristics, 2004, 10: 415-429
- [13] 王素雅. 农产品短期价格分析及预测方法选择: 以北京新发地批发市场苹果为例[D]. 北京: 中国农业科学院, 2009
- [14] 王勇, 张浩. 小麦期货价格预测的马尔科夫模型[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(5): 1721
- [15] 郭超. 农产品价格数据挖掘与趋势预测模型的研究[D]. 济南: 山东大学, 2009
- [16] 孙敬水. 中级计量经济学[M]. 上海: 上海财经大学出版社, 2009: 285-297
- [17] 徐国翔. 统计预测和决策[M]. 2版. 上海: 上海财经大学出版社, 2005: 261-268
- [18] 易丹辉. 数据分析与 Eviews 应用[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2008: 103-11
- [19] 李国柱, 刘德智. 计量经济学试验教程[M]. 北京: 中国经济出版社, 2009: 157-161

(责任编辑: 刘迎春)