

基于极值理论的生猪市场价格风险识别与预警研究

夏 龙,何 伟

(北京农学院 经济管理学院,北京 102206)



摘 要 运用极值理论,分析 1998 年 1 月至 2014 年 6 月的月度时间序列数据,以识别生猪市场 4 个指标的价格风险,并建立预警机制。首先利用仔猪、活猪和猪肉的价格序列构建了生猪市场价格指数,然后以断点检验对其波动率进行了阶段划分;计算得出仔猪、活猪、猪肉及生猪价格指数阈值估计在 0.064、0.045、0.040 和 0.060,基于此对历史数据进行了识别,以确保阈值估计的科学性;以阈值和不同分位数下的风险度量建立了预警机制的单一规则和分级体系,为政府决策部门对生猪市场的价格风险进行识别和干预提供理论参考。

关键词 生猪价格; 预警机制; 极值理论; 时间序列因子分析; 断点检验

中图分类号:F 307.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1008-3456(2016)01-0030-08

DOI 编码:10.13300/j.cnki.hnwkxb.2016.01.005

生猪产业在整体国民经济中占有非常重要的地位,生猪市场的价格波动关系着国计民生。由于生猪养殖收入占到了农村居民人均纯收入的 8%~10%^[1],而且中国的生猪养殖依然有近半数的散户养殖户^[2],不具有规模化的生产优势,难以抵抗价格风险,因此生猪市场的价格稳定不仅影响着生猪产业的健康发展,而且对于促进资源优化配置、建立稳定的价格预期、增加农民收入也具有重要意义。猪肉消费是中国居民最重要的肉类消费,猪肉价格也是 CPI 的重要组成部分,研究指出,猪肉价格波动对于一般物价水平的变化具有显著的带动和示范作用,其与 CPI 的相关系数高达 80%以上,猪肉的价格波动会直接“拱”高或拉低当月的 CPI^[3]。

但是,进入 21 世纪以后,生猪产业的价格波动日益频繁,2007 年以来还呈现出暴涨暴跌的态势,这给人民的生活和生猪产业的发展均带来了诸多不利。为了及时调整生猪市场价格,理论界和政策界均进行了各种有益的尝试,试图建立生猪市场价格风险识别与预警机制。理论界偏重于使用各种统计和计量方法来构造预警指标,代表性的方法有结构方程模型^[4]、BP 人工神经网络模型^[5-6]、落点概率与多元线性回归^[7]、向量自回归模型^[8]、系统动力学^[9]等。应用理论研究的优点在于科学、精确,确实能够反映生猪市场的价格风险,但缺点在于,经过复杂的统计处理后所获得的指标过于抽象,不易为政策部门所采用。而且,在实证过程中,变量的选择也会影响到计算的结果。在实践中,预警指标必须直观、简单、容易理解、易于操作,正是因此,猪粮比成为生猪市场最重要的价格预警指标。但该指标在运用时,预警区域的划分主要依赖于主观判断,缺乏科学性,且无法正确反映养殖成本的时间变化和区域变化,存在不合理性^[10-11]。

本文试图通过引入极值理论来拓展生猪价格预警机制的实证研究,通过该理论估计出生猪市场价格波动率的阈值和不同分位数水平下的风险度量,以此来识别历史数据存在的价格风险,并建立生猪市场预警机制的单一规则和分级体系,为政策界提供一个可操作的经验估计。

收稿日期:2014-12-06
基金项目:国家社会科学基金项目“保障我国畜产品食用安全对策研究”(13BGL098);北京市教育委员会社会科学计划面上项目(SM201510020001)。
作者简介:夏 龙(1978-),男,副教授,博士;研究方向:发展经济学、农业技术经济。
通讯作者:何 伟(1969-),男,教授,博士;研究方向:农业技术经济、农产品贸易。

一、研究方法

1. 极值理论

在经济学中,极值理论用以衡量资产价格的极端变化对生产者、消费者、投资者乃至于管理部门造成的风险。其中,风险价值(VaR)是衡量风险的标准方法,它被定义为在一定的概率下,一定时期内某种商品或金融资产由于价格波动所可能发生的最大损失。不过,价格的极端变化总是小概率事件,价格的波动率在分布上常常表现出尖峰厚尾的特征,并非总是服从正态分布。因此,为了估计 VaR 值,往往需要采用特殊的分布来拟合数据。

广义帕累托分布(GPD)是估计 VaR 时常用的分布之一。 GPD 主要关注数据的阈值(η),重点测量价格波动率($r_t, t=1,2\cdots T$)对某一阈值水平的超越量和超越发生时间。定义一个正的超越量序列 $x=r-\eta$,且 $r>\eta$,一个 GPD 的累积分布函数由式(1)给出:

$$G_{\xi,\psi(\eta)}(x)=\begin{cases} 1-\left[1+\frac{\xi x}{\psi(\eta)}\right]^{-1/\xi} & \xi\neq 0 \\ 1-\exp[-x/\psi(\eta)] & \xi=0 \end{cases} \tag{1}$$

式(1)中,当 $\xi>0$ 时,有 $\psi(\eta)>0$ 且 $x>0$;当 $\xi<0$ 时,有 $-\psi(\eta)/\xi\geq x\geq 0$ 。其中, $\xi,\psi(\eta)$ 分别为 GPD 分布的形态参数和尺度参数。

超越阈值(POT)模型是对 GPD 的发展。和 GPD 主要考察超越阈值部分数据的顺序统计量不同, POT 以 GPD 为基础,通过引入泊松点过程,对超越阈值的所有数据进行数学建模,刻画尾部分布特征。相较于 GPD 而言,具有更好的统计特征。对于 $x>0$,定义 $y=x+\eta$,同时可定义 y 和 η 的累积分布函数 $F(y)$ 和 $F(\eta)$,然后将其代入式(1)中,可以获得 POT 模型的总体分布如式(2):

$$F(y)=1-\frac{N_\eta}{T}\left[1+\frac{\xi(y-\eta)}{\psi(\eta)}\right]^{-1/\xi} \quad \xi\neq 0 \tag{2}$$

式(2)中, N_η 为超越阈值的样本总量。给定一个小的上尾概率 p ,定义分位数 $q=1-p$,可以计算获得第 q 个分位数的 $F(y)$,并以此计算 q 分位数下 VaR_q 。

近年来,对 VaR 的主要批评是,在理论上不满足次可加性,在实践中也很难获得分布函数的良好估计。由此在 VaR 的基础上发展出预期不足(ES)模型,该模型定义了超过 VaR 后的期望损失^[12]。对于 q 分位数下 VaR_q ,有式(3):

$$ES_q=\frac{VaR_q}{1-\xi}+\frac{\psi(\eta)-\xi\eta}{1-\xi} \quad 0<\xi<1 \tag{3}$$

2. 模型估计

为了将极值理论引入到生猪市场的风险识别与预警研究当中,将生猪价格波动率视之作为一种风险资产。通过估计它的 GPD 和 POT 分布,来考察在不同分位数 q 水平下,价格波动率的概率,以及在估计 ES 的过程中,价格变动率的期望概率。

按以下几个步骤完成生猪价格的风险识别与预警:首先,对数据进行平稳性检验,这是数据独立同分布的必然要求;其次,确定阈值 η ,阈值估计对本文的结果至关重要,现有的方法都只能通过提供图形的方式让研究者凭经验判断。基于此,本文试图结合平均残差寿命图和线性矩法来对阈值进行识别。最后在确定的阈值和不同分位数估计值的基础上,建立相应的预警体系。就具体的估计方法而言,本文采用极大似然估计,因其具有更高精度的参数估计等优良特征。

二、实证研究

1. 数据的预处理与描述统计

本文选取了 4 个指标的月度数据来反映生猪市场价格,时间跨度为 1998 年 1 月至 2014 年 6 月,样本容量为 198 个。其中前 3 个指标分别为仔猪、活猪和猪肉的实际价格数据,它们是名义价格经过以 1998 年 1 月为基期的月度消费者价格指数平减而得。名义价格源自农业部畜牧业司历年历月公

布的《全国畜产品、饮料价格情况》，该数据为全国 480 个农村集贸市场的平均价格。对于部分缺失值，本文采用了线性插值法补充。

因为仔猪、活猪和猪肉价格恰好反映了生猪产业链价格波动情况，涉及了生产、加工和消费各个环节，本文也试图以这些价格为基础，构造 1 个生猪市场价格指数。除了加权方法以外，另一种合理的指数构造方式是主成分分析，它能够在不损失太多信息的前提下将多个指标浓缩为一个指数。当然，时间序列数据意味着传统的主成分分析失效，在此采用一个改进方法——时间序列因子分析 (TSFA)^[13]，它能够克服各个时间序列之间的序列相关性，获得主成分的一致性估计。上述 3 个指标的 KMO 测度为 0.75，Bartlett 球体检验的 χ^2 统计量为 1 358.08，伴随概率为 0.00，适合做因子分析。TSFA 建议提取 1 个主成分，因为仅有一个为 2.94 的特征值大于 1，它可以解释累积方差的 98%。基于此，本文将该主成分定义为生猪市场价格指数。图 1 展示了 3 个指标的时序数据和它们被生猪市场价格指数解释部分的时序数据的趋势图，该图清楚地表明生猪价格指数具有极高的解释力。

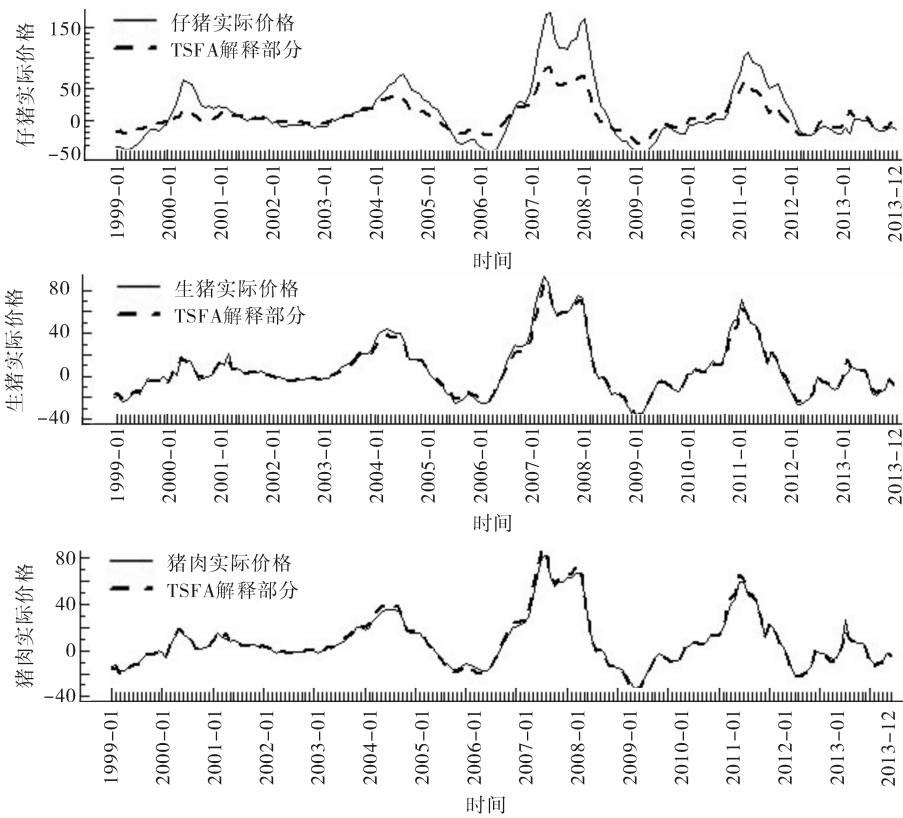


图 1 3 个指标的时序数据及被解释的部分

为了获得指标的实际价格波动率，对数据进行了如下处理。首先，利用 X_{11} 方法对各指标进行季节调整；然后，以季节调整后数据的对数差分来代表各指标的实际价格波动率。经此处理后，4 个指标实际价格波动率的描述性统计和趋势图分别如表 1 和图 2 所示。

表 1 4 个指标波动率的描述性统计

波动率	均值	标准差	最大值	最小值	偏度	峰度	JB 统计量	伴随概率
仔猪	0.00	0.06	0.20	-0.21	-0.12	3.77	5.33	0.07
活猪	0.00	0.04	0.13	-0.13	0.18	3.75	5.69	0.06
猪肉	0.00	0.04	0.18	-0.17	0.15	7.23	147.50	0.00
生猪	0.00	0.04	0.13	-0.13	0.11	4.17	11.71	0.00

表 1 的描述性统计表明，4 个指标的价格波动率具有明显的尖峰厚尾特点。第一，4 个指标的 JB 统计量在 10% 的显著性水平上拒绝了数据服从正态分布的原假设；第二，除了仔猪价格波动率的偏

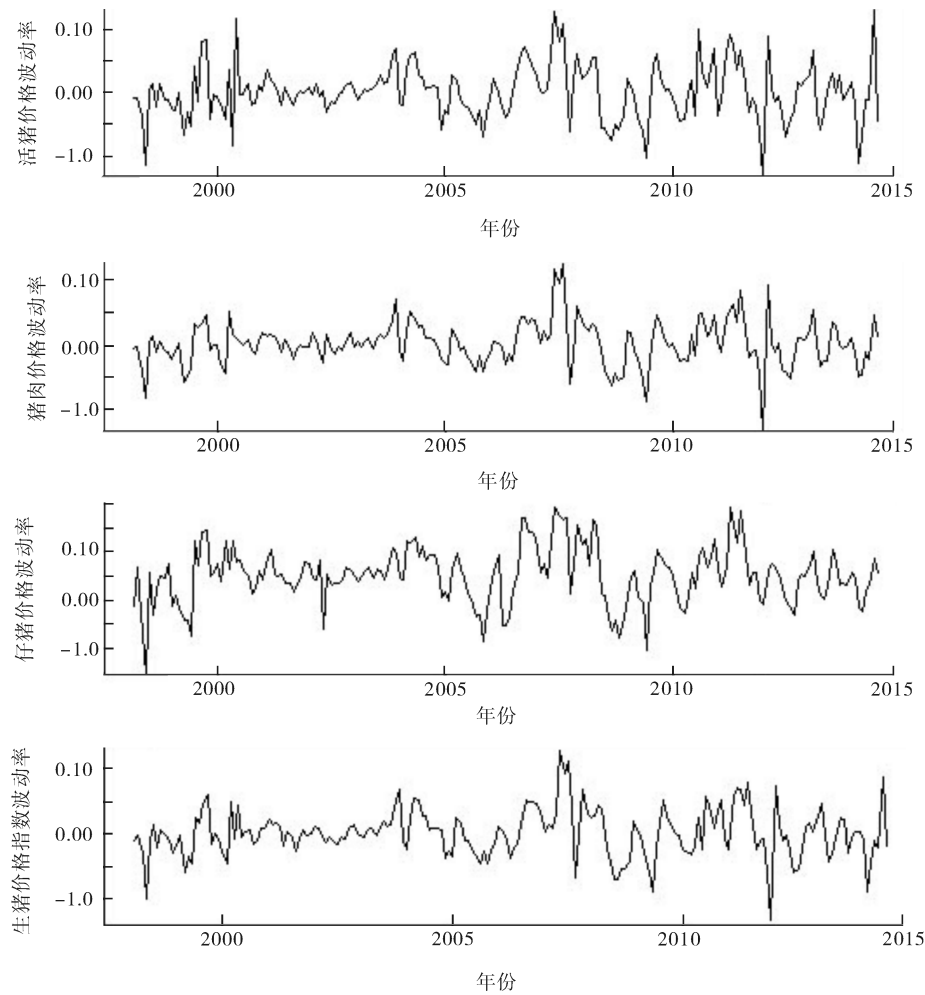


图 2 4 个指标市场价格波动率

度小于 0 以外,其余 3 个指标价格波动率的偏度系数均大于 0,呈现出明显的右偏特点;第三,所有指标价格波动率的峰度系数均大于 3,说明这些指标波动率的分布远高于标准正态分布。综上,4 个指标价格波动率的非正态尖峰厚尾分布符合极值理论的建模条件。

图 2 表明,在整个考察期,4 个指标价格波动率呈现出不规则波动。以多重断点检验^[14]来精确地描述生猪价格运动规律。检验显示,这 4 个指标价格波动率具有较强的一致性,均有 3 个断点,可以依据波幅标准差划分为 4 个阶段。以生猪市场价格指数为例,该指数表明第一阶段出现在 2000 年 5 月以前,波幅标准差为 0.034,由于前期生猪销售不畅极大地挫伤了农户养殖的积极性以及消费者价格指数持续下降所引发的经济低迷,该时期生猪价格小幅振荡。第二阶段为 2000 年 6 月至 2003 年 9 月,波幅标准差为 0.011,由于生产规模逐步扩大和需求缓慢增长,生猪价格低位平稳运行。第三阶段为 2003 年 10 月至 2006 年 7 月,波幅标准差 0.030,由于生猪养殖数量和需求波动幅度均比较大,这一时期生猪价格又回到了小幅震荡阶段。第四阶段为 2006 年 8 月以后,波幅标准差为 0.047。需要指出的是,猪肉价格波动率在此表现出不一致性,其断点出现在 2007 年 4 月。这一阶段,先是生猪存栏量的大幅下降导致生猪价格大涨,而后由于市场机制的作用和政府补贴政策的出台,价格大幅下滑,市场一度出现了抛售性恐慌,生猪存栏量的极速下降进而又引发了价格的迅速回升,因而,该阶段的生猪价格属于大幅震荡阶段。

2. 确定阈值与参数估计

在实践中,要对尖峰厚尾分布的尾部建模,首先要求数据具有平稳性。故对 4 个指标的波动率进行了平稳性检验,基于带常数项的 ADF 检验和 PP 检验的结果如表 2 所示。该表显示,所有的检验

表 2 4 个指标的平稳性检验

波动率	ADF 检验		PP 检验		结论
	t 统计量	P 值	$ADJ.t$ 统计量	P 值	
仔猪	-5.82	0.00	-8.17	0.00	平稳
活猪	-9.42	0.00	-9.44	0.00	平稳
猪肉	-10.17	0.00	-10.17	0.00	平稳
生猪	-8.68	0.00	-8.69	0.00	平稳

统计量均在 1% 的显著性水平上拒绝了数据含有单位根的原假设,4 个指标的波动率是平稳序列。

为了确定 4 个指标波动率的阈值,本文结合了平均残差寿命图和线性矩法两种方法。前者基于 GPD 分布的理论均值来构图,在实践中,常常凭经验来判断可能存在的阈值,存在一定的随意性。后者则是一个概率分布和样本数据的概括性统计量,在实践中,可以构造出一系列可能存在的阈值,并对超出这些阈值的数据估计 L 峰度与 L 偏度,从而可以反向推理实际的阈值。重要的是,线性矩法可以明确给出最大可能出现的阈值,为寻求最大化阈值提供了指导。

依据平均残差寿命图和线性矩法来构造阈值可能存在的区间。4 个指标波动率的平均残差寿命图如图 3 所示,这些指标的波动率分别在 0.05、0.04、0.04 和 0.05 时处于稳定状态,越过这些值时,数据量太少会导致平均残差寿命图的估计偏差较大。线性矩法给出的 4 个指标波动率的最大可能阈值分别是 0.12、0.07、0.06 和 0.07。因此仔猪、活猪、猪肉及生猪价格指数波动率阈值出现的区间分别为 $[0.05, 0.12]$ 、 $[0.04, 0.07]$ 、 $[0.04, 0.06]$ 和 $[0.05, 0.07]$ 。在实践中,这些指标阈值区间的估计是较为合理的。如在美国等发达国家,猪肉价格的波动幅度大约在 5%~10% 之间^[15]。如果将其视为一个正常的波动幅度来对照本文的估计,估计的阈值区间恰好处于这一区域。考虑到是月度数据,如果以月波幅 5% 计算,仅 2 个月的持续上升或下降就将达到 10.25%,尚不足以达到一个生猪生产周期。显然,如果生猪价格的波幅持续的超过阈值,不仅会加大生产、经营者的市场风险,而且会引发通货膨胀。

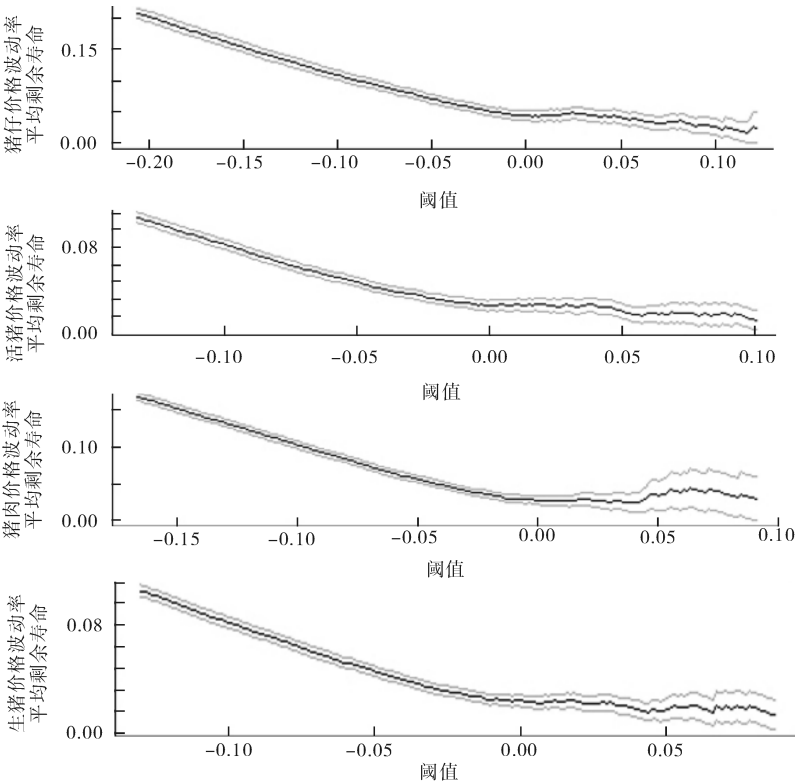


图 3 4 个价格指标的平均残差寿命

为了精确的确定阈值,在每个指标前期估计的阈值区间基础上,采用极大似然估计拟合一个 *GPD* 模型,通过观察形态参数 ξ 的稳定性来确定阈值。因为在 Hill^[16] 看来,形态参数可以作为临界样本序号的函数,它与各种不同的阈值在一定范围内表现出较为稳定的函数关系,如果这种关系被打破,则不可能是真实的阈值。依据图 4 的拟合结果,仔猪、活猪、猪肉及生猪价格指数波动率在 0.064、0.045、0.040 和 0.060 附近表现得很稳定,因此选取这 4 个值作为阈值是十分合理的。可以发现前 3 个阈值依次减小,而生猪市场价格指数的阈值恰好处于三者之间。前 3 个阈值依次减小体现了生猪市场价格波动产业链传导过程中的长期非对称性,造成这种产业链价格波动率挤压效应的主要原因在于,产业链的中后环节,即生猪的屠宰、加工以及猪肉批发和零售企业比产业链的首端即生猪的养殖农户更具有垄断势力,更大的规模化生产优势使得它们更容易抵御市场风险,从而具有一定的价格统治力。

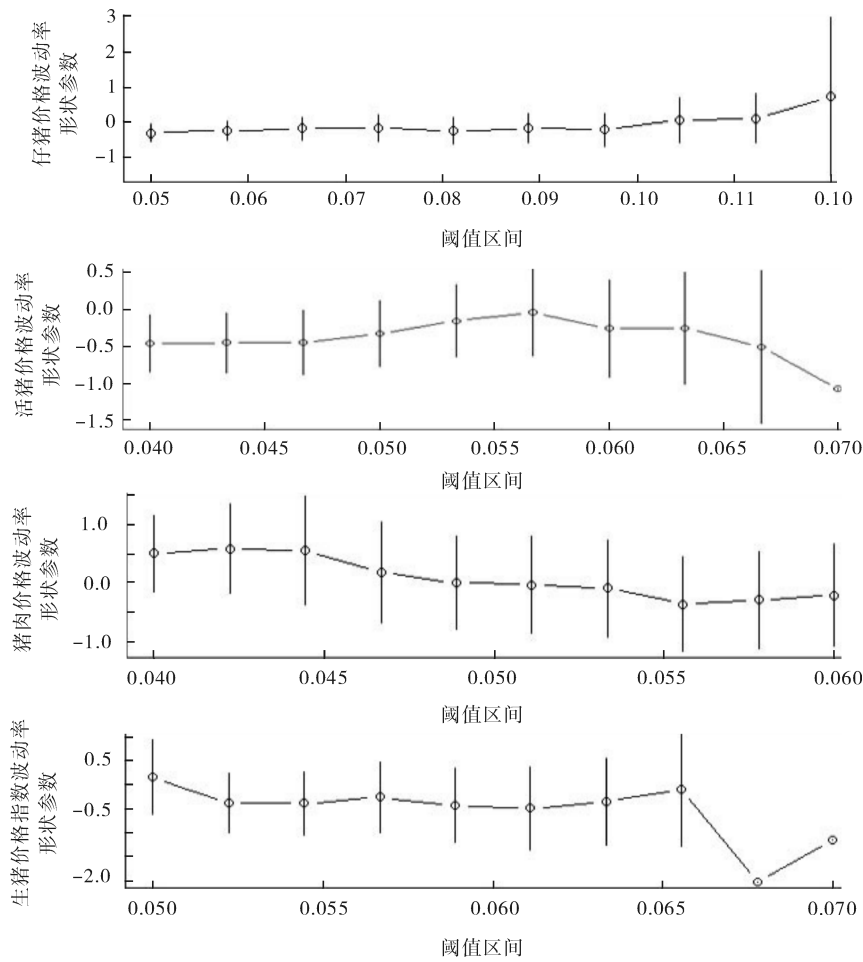


图 4 4 个指标价格波动率不同阈值区间的形状参数

在阈值选定以后,利用极大似然法进行 *GPD* 估计,4 个指标价格波动率参数估计如表 3 所示。形态参数和尺度参数在 10% 的显著性水平下都是显著的。就形态参数而言,其显著性标志着这 4 个序列均为厚尾分布。当然,其正负号则分别代表着上尾和下尾的对应值。一般而言,序列的趋势性会

表 3 4 个指标波动率的 GPD 参数估计

波动率	阈值	形态参数		尺度参数	
		估计值	标准差	估计值	标准差
仔猪	0.064	-0.220	0.105	0.043	0.010
活猪	0.045	-0.452	0.214	0.045	0.012
猪肉	0.040	0.510	0.180	0.013	0.005
生猪	0.060	-0.550	0.149	0.041	0.022

导致同一序列的上尾估计略大于下尾估计,但对于生猪价格波动而言,极端的上涨与下跌都对社会都是有害的,为此,不加区分,以此来讨论价格风险的识别。

3. 价格风险的识别与预警

根据估计的阈值来考察历史数据,从而对价格风险进行识别。表 4 列出了 4 种指标在总计 197 个月的考察期以及断点检验所划分的 4 个阶段中,波动率绝对值(以下改称“波幅”)超过阈值的月数。首先,除了生猪价格指数由于使用 TSFA 而消除了波动以外,其他 3 种猪产品价格波幅超越阈值的占比分别为 29.4%、25.4%、23.4%,依产业链逐次下降,这也进一步验证了产业链垄断势力依次增强;其次,不同阶段连续 1 个月波幅超越阈值的占比显著不同。比如,在价格平稳运行的第二阶段,仔猪仅有 1 个月的波幅超过阈值,占第 2 阶段 40 个月的 2.5%,但到了价格小幅波动和大幅震荡的第 1、3 阶段和第 4 阶段,占比却高达 35.5%和 36.8%,显著上升。这种差异性也体现在其他两种猪产品上;第三,不同阶段连续两个月超越阈值的月数占比差异性更加明显。同样对仔猪而言,第 1、3 阶段有 18 个月连续两个月波幅超越阈值,占比为 29%,但在第 4 阶段,有 31 个月超越阈值,占比上升至 32.6%。这种差异性的明显上升也同样体现在其他 2 种猪产品上。实际上,几乎所有的连续 3 个月价格波幅超越阈值的情况都出现在第 4 阶段。综上,如果有 1 个月价格波幅超越了阈值,则可以基本断定价格波动处于小幅波动阶段,如果有两个月的价格波幅超越了阈值,则更有可能处于大幅震荡阶段,如果是 3 个月,则可以完全肯定。

表 4 4 个指标波动率超出阈值的月数与比例

波动率	超越月数	连续 1 个月超越阈值的月数			连续 2 个月以上超越阈值的月数		
		第 2 阶段	第 1、3 阶段	第 4 阶段	第 2 阶段	第 1、3 阶段	第 4 阶段
仔猪	58	1	22	35	0	18	31
活猪	50	0	14	36	0	6	26
猪肉	46	0	12	34	0	6	26
生猪	19	0	2	17	0	0	7
总计月数	197	40	62	95	40	62	95

阈值的估计可以帮助建立风险预警机制的单一规则,即一旦某种猪产品价格波幅超过了阈值水平,则生猪市场就存在价格风险。当然,为了完整地建立风险预警机制,还需要考察在不同分位数上的风险度量,具体如表 5 中所示。

表 5 4 个指标的价格波动率在不同分位数水平上的风险度量

波动率	分位数水平=92%		分位数水平=96%		分位数水平=98%	
	POT	ES	POT	ES	POT	ES
仔猪	0.090	0.121	0.114	0.140	0.135	0.157
活猪	0.068	0.092	0.089	0.106	0.104	0.117
猪肉	0.051	0.080	0.071	0.101	0.091	0.123
生猪	0.062	0.076	0.073	0.095	0.092	0.108

因为 GPD 的估计与 POT 的估计极为相近,且 POT 更优于 GPD,该表中没有给出 GPD 估计。就分位数水平而言,考虑到是月度数据,选择了 92%、96%及 98%,它们可以近似地代表 1 年、2 年和 5 年。比如,对于仔猪的数据而言,92%的分位数水平意味着在每月当中,大概有 8%的可能性价格波幅超过 9%,或者说,每年中约有 1 个月的价格波幅超过 9%,其期望水平为 12.1%,依此类推。

由此,可以以阈值和不同分位数水平下的风险度量来构造不同指标的分级预警体系。第一,绿色区域。当月波幅低于 0.5 倍阈值时,说明生猪价格水平较为合理。之所以考虑 0.5 倍阈值波幅水平,是因为所有指标的该水平基本处于本文断点检验中平稳运行的第二阶段和小幅震荡的第一、三阶段的标准差之间。第二,蓝色区域。当月波幅高于 0.5 倍阈值且低于阈值时,说明生猪市场基本维持在正常的价格波动范围内,但是应当关注价格的持续运动,防止突破阈值。第三,黄色区域。当月波幅

处于阈值和 92% 的分位数水平之间时,则应该立即实施直接干预,进行季节性调整,比如在价格上升时向市场投放库存猪肉,在价格下降时增加收购量等。第四,橙色区域。当月波幅处于 92%~96% 的分位数时,说明已经遇到一年一遇的价格风险,对此,不仅要实施直接干预,而且还要通过生产资料调控等手段来进一步干预生猪价格。第五,红色区域。当波幅处于 96%~98% 的分位数水平时,说明已经遇到两年一遇的价格风险,临时性税收调控和价格补贴等手段应该采用。第六,紫色区域。当月波幅处于 98% 以上时,说明已经遇到 5 年一遇的价格风险,对此,除了采用上述措施以外,更应该防止价格的暴涨和暴跌。

三、结 论

本文通过引入极值理论构建中国生猪产业的价格预警机制。首先,利用仔猪、活猪和猪肉价格,运用时间序列因子分析建立了生猪市场价格指数,并采用断点检验将其进行了阶段划分。然后,在科学合理的估计了阈值以后,利用阈值对历史数据进行了识别,有效地捕捉了近年来出现的生猪价格风险。通过阈值和风险度量,建立了生猪产业价格预警机制,一个单一规则是利用阈值进行价格预警,一个较为复杂的机制是利用阈值和不同分位数水平下的风险度量建立分级预警体系。总之,研究为政府决策部门和市场研究人员提供一个合理的经验估计。

基于此,提出两个层次的政策建议:在短期,要进一步加强和完善生猪市场价格风险的监测体系。政府部门在生猪市场价格风险的监测和预警方面有着不可替代的优势。除了传统的猪粮比外,利用阈值和不同分位数水平下的风险度量来进行风险监测更加合理和可靠,同时,还可以根据不同的“警情”确定不同的风险水平和干预手段。在长期,要引导和培育更多的规模化生产和经营主体,降低政府面临的产业风险;要尽可能地加快改变散户及小规模养殖户较多的现状,加快培育中型及大型养殖企业,同时,要对这些相关主体进行风险管理的培训,提高生产企业的风险管理意识和风险承受能力。只有这样,才能保证生猪的价格风险处于安全的区域之内。

参 考 文 献

[1] 于爱芝.中国生猪饲养业比较优势分析[J].农业技术经济,2005(1):40-44.

[2] 沈银书.中国生猪规模养殖的经济学分析[D].北京:中国农业科学院研究生院,2012.

[3] 高晓辉.我国生猪价格波动及对 CPI 影响的研究[J].金融发展研究,2013(7):36-40.

[4] 杨璐.基于结构方程模型的生猪价格预警研究[J].中国畜牧经济,2011(18):6-14.

[5] 赵瑞莹,陈会英,杨学成.生猪价格风险预警模型的建立和应用[J].运筹与管理,2008(8):128-131.

[6] 刘芳,王琛,何忠伟.我国生猪市场价格预警体系研究[J].农业技术经济,2013(5):78-85.

[7] 贾会玲,杨晓光,邓若鸿,等.基于数据的生猪价格风险分析模型研究与实证分析[J].数学的实践与认识,2010,40(12):53-58.

[8] 刘全,程彬,郑广宇,等.辽宁省生猪生产周期性分析及预测预警模型研究[J].中国畜牧杂志,2011,47(10):22-26.

[9] 赵守军.山东省生猪价格风险预警管理研究[D].泰安:山东农业大学经济管理学院,2013.

[10] 刘国信.“猪粮比”:量化指标需与时俱进适当调整[J].中国农业信息,2014(1):17-18.

[11] 刘晓磊,崔雪峰.中国猪粮比的时空分析特征及驱动因素分析[J].中国畜牧杂志,2014(10):17-21+27.

[12] ARTZNER P, DELBAEN F, EBER J M, et al. Thinking coherently: generalised scenarios rather than VAR should be used when calculating regulatory capital[J]. Risk, 1997(10):68-71.

[13] GILBERT P D, MEIJER E. Time series factor analysis with an application to measuring money[DB/OL]. (2004-03-29)[2014-12-19]. http://www.cass.city.ac.uk/__data/assets/pdf_file/0006/64878/GilbertMeijer.pdf.

[14] KILLICK R, FEARNHEAD P, ECKLEY IA. Optimal detection of changepoints with a linear computational cost[J]. Journal of the American Statistical Association, 2012, 107(500):1590-1598.

[15] 李国祥.如何防止猪肉价格过度波动? [DB/OL]. (2013-06-19)[2014-06-19]. http://news.xinhuanet.com/food/2013-06/19/c_124878621.htm.

[16] HILL B M. A simple general approach to inference about the tail of a distribution[J]. The Annals of Statistics, 1975, 3(5):1163-1174.