

农产品滞销风险的数学建模和评估

陈虹宇, 李翔, 丁朱敏

(南昌大学理学院, 江西南昌 330031)

摘要: 在查阅农产品滞销事件相关信息的基础上, 构建出了评价农产品滞销风险等级的量化指标和计算公式, 该计算公式能对任何一个农产品下一生产周期出现滞销的风险给出“很大、大、不大、小、很小”5个等级的评定结果, 同时说明了给出这5个等级的评定依据, 并用实际案例证明了该方法的可行性和科学性。

关键词: 农产品滞销; 数学建模; 滞销风险评估

1 引言

近年来, 农产品滞销现象层出不穷, 屡见不鲜, 让农民的丰收成为困扰, 也成为我国各级政府所担心的重要问题。影响农产品滞销的因素有很多, 而且在不同地区、不同环境条件下导致农产品滞销的原因也各不相同^[1, 2]。因此, 我们要筛选出一些导致农产品滞销的主要因素, 并且找出评估农产品滞销风险的方法, 最后通过Matlab软件进行数据迭代得出农产品滞销风险值的计算公式, 从而完成对农产品滞销风险等级的评定。

本文首先根据微观经济学中的农产品滞销规律总结出本期农产品产量与上一期农产品价格之间的关系, 本期农产品需求量与本期农产品价格之间的关系^[3, 4], 然后用一个合适的公式描述变量之间的关系, 接着运用Matlab工具输入收集的农产品价格、产量等数据进行公式迭代, 求得公式中的未知参数。最后, 得出滞销风险公式并给出风险等级评定方法。

基于我们建立的模型, 引用布瑞克农业数据的陕西省西红柿历年批发价的数据, 求出模型中的各参数, 并通过求出各参数的大小与参数的实际意义作为模型的合理性检验。得出各参数后, 该模型就可以用于预测下一期农产品的滞销风险。

2 构造评价农产品滞销风险等级的量化指标和计算公式, 并评定风险等级

根据农产品滞销规律, 我们知道当种植人数多的时候会导致供大于求, 进而导致价格暴跌, 这样就导致下一季种植者减少, 以至于下一季的产量供不应求, 造成下一季价格暴涨, 进而导致下下季种植者增多, 如此循环往复。所以农产品价格高低循环往复, 供大于求与供不应求的状况循环往复。当供大于求比较严重时, 就会出现滞销的现象。

如此, 构建一个数学模型描述这种现象。以 $Q(t)$ 表示本期某农产品产量, $P(t-1)$ 表示上一期农产品价格。上一期农产品价格的高低决定了有多少农户愿意投入本期的该农产品的种植。如果上一期的价格低于成本, 则散户农民会改种别的作物, 较大规模的生产者仍会继续种植该农作物, 但会减少生产规模, 而把部分农田用于生产别的农作物。如果上一期的价格高于成本, 则价格越高, 本期的种植面积就越大, 进而本期产量也越高。但这种增长不是无限的。农田总面积是有限的, 所以产量会有一个最大饱和量。根据上述思路如图1所示。

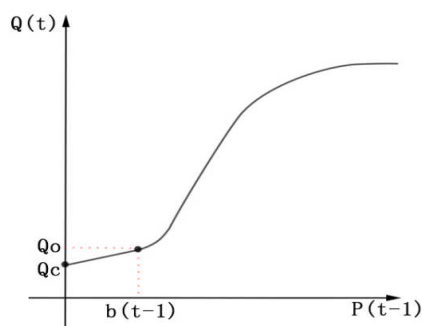


图1 本期产量与上一期价格关系曲线

当上一期价格低于上一期成本时, 意味着生产即亏损, 所以大多数私营经济单位将暂停生产该农产品。但考虑到我国的公有制经济部门为保障民生, 仍会在亏本的情况下生产该农产品, 所以图1左部的一小段直线表示在大多数私营经济单位将暂停生产该农产品时, 公有制经济部门的生产量。图1右部曲线刻画当上一期价格高于上一期成本时(即预期有利可图时), 价格越高, 产量越大。但考虑到受制于有限的资源, 产量不能无限增大, 所以图1右部曲线最右端趋近于水平直线(即产量饱和)。

用下列式子对上图进行数学描述:

$$Q(t) = \frac{Q_0 - Q_c}{b(t-1)} P(t-1) + Q_c \quad P(t-1) \leq b(t-1) \quad (1)$$

$$Q(t) = \frac{Q_b}{1 + (\frac{Q_b}{Q_0} - 1)e^{-r(P(t-1) - b(t-1))}} \quad P(t-1) > b(t-1) \quad (2)$$

其中, $Q(t)$ 表示本期某农产品产量, $P(t-1)$ 表示上一期该农产品价格, $b(t-1)$ 表示上期该农产品的生产成本, Q_b 表示该农产品的饱和产量, Q_0 表示该农产品在 $P(t-1) = b(t-1)$ 时的产量, r 和 Q_c 是参数。

接下来, 考虑本期产量对本期价格的影响。一般来说, 产量越高, 价格越低, 产量越低, 价格越高。可以用一个反比函数描述之:

$$P(t) = \frac{\alpha}{Q(t)}, \quad (3)$$

其中, $Q(t)$ 表示本期某农产品产量, $P(t)$ 表示本期该农产品价格, α 是参数。

接下来, 考虑需求量。需求量与价格的关系在经济学上有很成熟的模型, 尤其是对于蔬菜、水果这种有一定的需求弹性的商品。需求曲线如下:

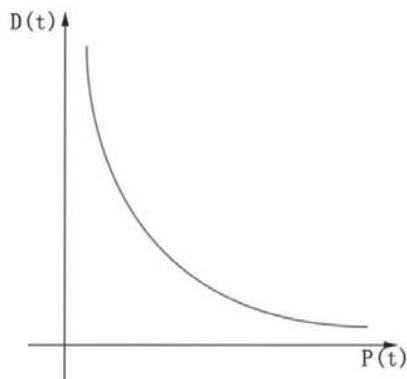


图2 需求价格关系曲线

数学表达式可以写成:

$$D(t) = \beta e^{-\omega P(t)}, \quad (4)$$

其中, $D(t)$ 表示本期某农产品的市场需求量, $P(t)$ 表示本期该农产品价格, β 和 ω 是参数。

那么, 滞销量 $Z(t)$ 就可以用产量和需求量的差来表示。

$$Z(t) = Q(t) - D(t) \quad (5)$$

下面介绍如何用该模型计算下一期农产品是否会滞销以合理引导农民种植该农产品。

首先, 要先用以往的数据确定模型中的参数以及验证该模型的合理性。某种农产品的滞销一般发生在某省市或某几个省市。某省市某农产品的产量数据

不容易统计、查找, 但是价格的数据容易统计、查找。所以, 把 (1)、(3) 式, (2)、(3) 式联立得出关于价格的迭代关系式。

(1)、(3) 式联立得:

$$P(t) = \frac{\alpha}{\frac{Q_0 - Q_c}{b(t-1)} P(t-1) + Q_c} \quad P(t-1) \leq b(t-1) \quad (6)$$

(2)、(3) 式联立得:

$$P(t) = \frac{\alpha}{Q_b} \left(1 + \left(\frac{Q_b}{Q_0} - 1 \right) e^{-r(P(t-1) - b(t-1))} \right)$$

$$P(t-1) > b(t-1) \quad (7)$$

该农产品成本可以认为是一个随时间缓慢增长的值, 即在某一期中, 视为一个定值, 在下一期中将此值上调 $m\%$, m 取决于人工成本的上涨和原材料价格的上涨。这些增长可以用国家 GDP 的增长来近似。期的长短即该农作物生长周期的长度。

代入实际价格数据可以将 (6)、(7) 式中的参数求出。进而可以用本期的价格数据求出下一期 (将来) 的价格。将下一期的价格代入 (1)、(2) 式中可以得出下一期的产量。将下一期的价格代入 (4) 式可以得出下一期的需求量。将下一期的产量和需求量代入 (5) 式中可以得出下一期的滞销量。用下一期的滞销量 $Z(t+1)$ 与需求量 $D(t+1)$ 的比值 $\frac{Z(t+1)}{D(t+1)}$ 来表示滞销风险 η ,

$$\eta = \frac{Z(t+1)}{D(t+1)} \quad (8)$$

如果滞销风险较大, 则建议农民在下一期中减少该农作物的种植面积或完全改种其它作物。

如果滞销风险 $\eta < 0$, 则说明下一期可能会供不应求, 更无滞销之虞, 代表滞销风险“很小”这一等级。如果 $0 \leq \eta < 0.05$, 说明下一期的供应量超出需求量不超过 5%, 代表滞销风险“小”这一等级。如果 $0.05 \leq \eta < 0.1$, 说明下一期的供应量超出需求量 5% ~ 10%, 代表滞销风险“不大”这一等级。如果 $0.1 \leq \eta \leq 1$, 说明下一期的供应量超出需求量 10% ~ 100%, 代表滞销风险“大”这一等级。如果 $\eta > 1$, 说明下一期的供应量超出需求量一倍, 代表滞销风险“很大”这一等级。

3 实例分析农产品滞销风险评价方法的可行性和科学性

为了将该模型应用到实际中,我们查找了陕西省西红柿历年的价格,以月为单位,求得了各月之均价。在陕西,西红柿一般一年两季种植:2月播种,6月收获;7月播种,10月收获。所以使用2014年6月,2014年10月,2015年6月,2015年10月,2016年6月,2016年10月的价格作为每期的价格。这些价格分别为2.49元/千克、3.09元/千克、2.13元/千克、3.39元/千克、1.75元/千克、3.92元/千克。(注意陕西2016年6月出现了严重的西红柿滞销现象。)

首先需用现有的数据求得式(6)、(7)中的各参数。为了简化分析,先假定陕西西红柿的生产成本从2014年开始就没有变化,恒定为2元/千克。

由于式(7)是迭代方程,有4个未知参数,所以用5期价格数据可以求出这四个未知参数。代入2.49元/千克、3.09元/千克、2.13元/千克、3.39元/千克、1.75元/千克这五个价格,用Matlab曲线拟合的功能求出这四个未知参数分别为 $\alpha=4.317$, $Q_b=7.753$, $Q_0=1.147$, $\gamma=0.6523$ 。所以式(7)变为:

$$P(t) = \frac{4.317}{7.753} \left(1 + \left(\frac{7.753}{1.147} - 1 \right) e^{-0.6523(P(t-1)-2)} \right) \\ = 0.5568(1 + (5.759)e^{-0.6523(P(t-1)-2)})$$

$$P(t-1) > b(t-1) \quad (9)$$

得出 α , Q_b , Q_0 , γ 这些参数后,式(6)中还有一个未知参数 Q_c 。考虑到2016年6月陕西西红柿出现滞销,且售价低于成本价,所以用2016年6月的价格1.75元/千克作为 $P(t-1)$,下一期即2016年10月的价格3.92元/千克作为 $P(t)$,代入式(6),得出参数 $Q_c=0.7812$ 。则式(6)变为:

$$P(t) = \frac{4.317}{\frac{1.147-0.7812}{2}P(t-1) + 0.7812} \\ = \frac{4.317}{0.1829P(t-1) + 0.7812}$$

$$P(t-1) \leq b(t-1) \quad (10)$$

注意上述算出的参数 $Q_b > Q_0 > Q_c$,与这三个参数的含义符合,这为该模型的正确性提供了一个证据。

为了求出式(4)中的两个参数,需要用到2组

D、P数据。考虑到2014年10月和2015年6月陕西西红柿并未出现滞销现象,也没出现抢购现象,所以认为用2014年10月和2015年6月陕西西红柿的需求量与产量相等。利用2014年6月的价格和式(7)并结合已知参数,得出2014年10月的产量 $Q(2014/10)=1.496=D(2014/10)$ 。利用2014年10月的价格和式(7)并结合已知参数,得出2015年6月的产量 $Q(2015/06)=2.025=D(2015/06)$ 。将 $D(2014/10)$ 、 $D(2015/06)$ 以及2014年10月和2015年6月陕西西红柿的价格 $P(2014/10)$ 、 $P(2015/06)$ 代入式(4),求出参数 $\omega=0.3154$, $\beta=3.964$ 。所以式(4)可写为:

$$D(t) = 3.964e^{-0.3154P(t)} \quad (11)$$

为了验证该模型的正确性与有效性,我们用该模型来预测今年6月的陕西西红柿是否会滞销。上一期的价格为去年10月份的价格,即3.45元/千克。所以 $P(t-1)=3.45$ 。模型中西红柿的生产成本用的是2014年的生产成本。那么2017~2018年度的生产成本以2014年的为基准,每年递增7.5%(假设生产成本的增速与我国GDP的增速一致),那么2017~2018年度的生产成本为2.48元/千克。用将此成本替换式(9)中的成本项,并用 $t+1$ 代替 t ,得到:

$$P(t+1) = 0.5568(1 + (5.759)e^{-0.6523(P(t)-2.48)}) \\ P(t) > b(t) \quad (12)$$

2017年10月陕西西红柿的均价为3.45元/千克,则 $P(t)=3.45$ 。利用式(12)求出 $P(t+1)=2.26$ 。所以预测陕西西红柿2018年6月的均价为2.26元/千克。由布瑞克农业数据的数据库查出2018年6月前10天陕西西红柿的均价为2.22元/千克,与我们的模型对整个月的均价的预测很接近。

结合已求出的参数,并用 $t+1$ 代替 t ,式(1)、(2)可写为:

$$Q(t+1) = \frac{1.147-0.7812}{2.48}P(t) + 0.7812 \\ = 0.1475P(t) + 0.7812 \quad P(t) \leq b(t) \quad (13)$$

$$Q(t+1) = \frac{7.753}{1 + \left(\frac{7.753}{1.147} - 1 \right) e^{-0.6523(P(t)-2.48)}} \\ = \frac{7.753}{1 + 5.759e^{-0.6523(P(t)-2.48)}} \quad P(t) > b(t) \quad (14)$$

将 $P(t)=3.45$ 代入式(14),得出 $Q(t+1)=1.9102$ 。

将 $P(t+1)=2.26$ 代入式(11), 得出 $D(t+1)=1.9434$ 。

可以看出, 预计2018年6月陕西西红柿的产量很接近需求量, 需求量略微多于产量。

将 $Q(t+1)=1.9102$ 和 $D(t+1)=1.9434$ 代入式(5), 得出预计的滞销量 $Z(t+1)=-0.0332$ 。用式(8)求出2018年6月陕西西红柿的滞销风险为 $\eta=-0.0171$ 。滞销风险 $\eta<0$, 说明代表滞销风险“很小”这一等级。所以2018年6月陕西西红柿预计不会出现滞销现象, 这与实际情况是一致的。

4 总结

近几年来, 农产品滞销成为一个热门话题, 相关话题不仅体现在农产品滞销, 还有农民兄弟种菜亏损以至于“菜贱伤农”。我们构造出了评价农产品滞销风险等级的量化指标和计算公式, 从而得出了一种农产品滞销风险的评价方法。我们用实例验证了该方法的可行性和有效性。

从政府来看, 这种方法有利于政府对农作物的

宏观调控, 可以减少甚至避免农作物在下一个生产周期出现滞销给农民带来经济上的伤害, 实现市场平衡; 从生产者来看, 有利于农民通过此风险评价方法来避免生产环节中盲目扩大生产, 造成资源浪费, 也有利于农民降低生产成本和风险, 提高农户收益; 最后, 从整个农业产业来说, 有利于加快转变农业发展方向, 走高效安全、资源节约、环境友好的农业现代化道路。

参考文献

- [1] 刘俊华, 才奇, 长青. 初级农产品滞销的关键控制点判别与定位研究——基于32个农产品滞销事件的实证分析[J]. 农村经济, 2013(2): 51-55.
- [2] 赵晓飞. 我国现代农产品供应链体系构建研究[J]. 农业经济问题, 2012, 33(1): 15-22.
- [3] 马晓燕. 从2008年贵州省番茄滞销现象引发对农产品发展的思考[J]. 农技服务, 2008(10): 152-154.

(上接第63页)

生物菌种和净化剂, 然后进行好氧发酵, 并将其产物应用于果蔬的种植培养中, 其多级循环农业资源化利用模式如下^[3]:

秸秆利用→生物反应堆→农田

3 总结

农作物秸秆资源的可利用领域很多, 像饲料、能源、肥料等等领域都有它的用武之地。为此, 我国各地方还应该深入研究秸秆资源的深化科学运用途径, 保证农业种养一体化和多方面农作物秸秆资源循环链条的有机建设, 不断提升该资源的循环利用价

值, 保护农业生态环境, 确保我国农业生产社会效益最大化。

参考文献

- [1] 曹旭华. 基于循环农业的农作物秸秆资源化利用模式研究[J]. 农技服务, 2016, 33(16): 150.
- [2] 蒋磊. 农户对秸秆的资源化利用行为及其优化策略研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2016.
- [3] 马秋颖, 王智, 徐道清, 等. 玉米秸秆收贮高效资源化利用模式分析[J]. 作物学报, 2017, 43(8): 1190-1195.