

灰色数列预测方法的应用

——以香港猪肉市场为例

程汉文 陈迭云

(农经系)

摘要 本文运用灰色数列预测方法对香港猪肉市场作中期、长期预测。首先,对此方法的适用性和建立模型的原理作简单的描述。预测结果表明:人均鲜猪肉消费下降,人均冷冻猪肉消费上升;两者一增一减,形成香港猪肉市场消费在今后将有温和增长的趋势。猪肉消费占全部肉类消费的40%~50%,猪肉消费中鲜猪肉占2/3强,冷冻猪肉占1/3弱。中国内地输往香港的鲜猪肉、冷冻猪肉均占相当大的比重,是我国大宗的创汇商品。为了增加出口创汇,本文建议,今后我国的猪肉出口应提高活猪的品质,改善冷冻猪肉的包装,以适应香港猪肉市场的要求。

关键词 灰色数列; 预测方法

1 灰色数列预测方法的适用性

预测是根据客观事物的过去和现在的发展规律,借助科学方法和先进技术手段,对客观事物未来的发展趋势和状况进行定量的估算。灰色数列预测方法是众多预测方法中的一种,此法是对研究的系统或因素的发展变化到未来某个时期出现的数量大小进行预测,其特点是确定时间去预测数量大小。灰色数列预测方法和其它预测方法一样,有其理论依据,即灰色系统理论。灰色系统是相对于黑色系统和白色系统而提出。灰色系统理论认为:客观世界是物质、信息的世界,任何事物都是发展变化,相互关联,相互制约的系统。在各类系统中,内部特征完全未知的系统为黑色系统,完全确知的系统为白色系统,而内部特征部分确知、部分未知的系统则为灰色系统^[3]。

预测本质上是属灰色的^[3]。因为一个未出现的未来系统必然有已知信息,又有未知信息的系统,且处于连续变化的动态之中。传统的预测方法,只限于离散型,因此只能反映事物发展的阶段的短过程。而灰色数列预测方法所建立的预测模型则是微分方程的时间连续函数,所以,它可以揭示事物发展的连续长过程,这与社会经济系统的基本特征相吻合。从1982年开始由邓聚龙教授组织对我国粮食的长期预测,就是利用灰色系统多层次分析及模块理论的基础上,用微分拟合建立了粮食长期预测模型。根据预测模型对我国2000年的粮食总产量预测结果是5 049.55亿kg,基本上和我国粮食生产目标一致。

1990-06-06 收稿

2 灰色数列预测的建模原理

灰色系统理论认为,一切随机量都是在一定范围内、一定时段上变化的灰色量(即部分数量已知部分数量未知)。客观系统无论怎样复杂,它总是有关联、有序,有整体功能。因此,作为系统特征的数据总是隐含着某种规律。灰色数列预测的建模原理就是将原始数据进行处理、组合,使原来的随机时间数列的随机性弱化,从而形成较有规律的新时间序列数据,然后用新的时间序列数据建立模型。

例如,对确定某一原始数列 $X^{(0)}$:

$$X^{(0)} = \{X_{(1)}^{(0)}, X_{(2)}^{(0)}, \dots, X_{(n)}^{(0)}\}$$

由于这些数据带有随机性,因而表现没有规律。倘若将原始数列累加成为一个新的数列 $X^{(1)}$,则情况发生变化。

$$X^{(1)} = \{X_{(1)}^{(1)}, X_{(2)}^{(1)}, \dots, X_{(n)}^{(1)}\}, \text{其中 } X_{(n)}^{(1)} = \sum_{i=1}^n X_{(i)}^{(0)}$$

此新数列比原来数列具有较明显的规律性,其随机性被弱化。

根据上述原理,采取以下步骤建立单序列一阶线性动态模型 GM (1, 1)。(Grey model 缩写成 GM, 第一个 1 代表一阶,第二个 1 代表只有一变量)。

第一步:选择任何子数列并记作: $X^{(0)} = \{X_{(1)}^{(0)}, X_{(2)}^{(0)}, \dots, X_{(n)}^{(0)}\}$

第二步:对子数列作一次累加形成新的数列:

$$X^{(1)} = \{X_{(1)}^{(1)}, X_{(2)}^{(1)}, \dots, X_{(n)}^{(1)}\}, \text{其中 } X_{(n)}^{(1)} = \sum_{i=1}^n X_{(i)}^{(0)}$$

第三步:设置累加矩阵 B 和常数向量 y_N :

$$B = \begin{bmatrix} -\frac{1}{2} (X_{(1)}^{(1)} + X_{(2)}^{(1)}) & 1 \\ -\frac{1}{2} (X_{(2)}^{(1)} + X_{(3)}^{(1)}) & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -\frac{1}{2} (X_{(n-1)}^{(1)} + X_{(n)}^{(1)}) & 1 \end{bmatrix}$$

$$y_N = (X_{(1)}^{(0)}, X_{(2)}^{(0)}, \dots, X_{(n)}^{(0)})^T$$

第四步:用最小二乘法解参数 $\hat{a}$:

$$\hat{a} = \begin{bmatrix} a \\ u \end{bmatrix} = (B^T B)^{-1} B^T y_N$$

第五步:将灰参数代入时间函数:

$$\hat{X}_{(n+1)}^{(1)} = (X_{(n)}^{(0)} - \frac{u}{a})e^{-a} + \frac{u}{a}$$

第六步: 对 $\hat{X}^{(1)}$ 求还原得到:

$$\hat{X}_{(t+1)}^{(0)} = -a(X_{(t)}^{(0)} - \frac{u}{a})e^{-at}$$

$$\hat{X} = \hat{X}_{(t+1)}^{(1)} - \hat{X}_{(t)}^{(1)}$$

第七步: 计算 $X_{(t)}^{(0)}$ 与 $\hat{X}_{(t)}^{(0)}$ 之差及相对误差

$$E_{(t)}^{(0)} = X_{(t)}^{(0)} - \hat{X}_{(t)}^{(0)}$$

$$e(t) = E_{(t)}^{(0)} / X_{(t)}^{(0)}$$

第八步: 利用上述模型进行预测。

上述步骤用 BASIC 语言编成程序, 在 IBM 微机上操作, 输入所需数据, 经计算机运算后得出模型参数。

3 灰色数列预测模型的实例

香港居民各种肉类消费结构, 以猪肉的比重最大, 占肉类总消费量 40%~50%, 为此, 我们利用猪肉人均消费量的原始数据, 建立人口预测、鲜猪肉预测和冷冻猪肉预测的 GM(1, 1) 模型, 对香港今后的猪肉消费作中期和长期预测。为内地活猪出口、冷冻猪肉的加工提供参考。

3.1 香港人口预测的 GM(1, 1) 模型 为了计算猪肉消费总量, 首先对香港人口进行预测。影响香港人口变动有两个因素: 一是人口的自然增减, 二是人口的机械变动。香港人口的自然净增长基本上较稳定, 1979~1988 年期间年净增长率平均为 1.4%^[5]; 机械变动方面则包括合法入境和出境移民。从表 1 的原始数据可分析, 香港人口在 1961~1988 年间年平均增长率为 2.14%, 而 1979~1988 年的平均年增长率为 1.53%。因 1979 年后采取即时遣返非法入境政策, 人口变动较规律。我们选用 1979~1988 年的人口原始数据作为子数列建立 GM(1, 1) 中限预测模型, 上下各滑动一年, 得到相应的上限模型和下限模型。香港人口预测 GM(1, 1) 模型:

$$\text{上限模型: } \hat{\text{pop}}_{(t+1)}^{(0)} = 4\,937\,886e^{0.015\,786\,51t}$$

$$\text{中限模型: } \hat{\text{pop}}_{(t+1)}^{(0)} = 5\,053\,158e^{0.014\,581\,521t}$$

$$\text{下限模型: } \hat{\text{pop}}_{(t+1)}^{(0)} = 5\,143\,491e^{0.013\,997\,08t}$$

$\hat{\text{pop}}$ —香港人口预测数量 (单位: 人)
t—建立模型数据序号

根据以上模型计算香港地区人口 1995 年、2000 年的上、中、下限预测结果如表 2。

3.2 香港鲜猪肉人均每年消费预测的 GM(1, 1) 模型 通过对 1961 年至 1987 年人均鲜猪肉消费量原始数据分析, 可以把鲜猪肉人均消费量的变化分成两个阶段: 1961 年至 1970 年的消费基本上呈上升, 而 1971 年至 1987 年则呈下降趋势 (见表 1)。我们选用 1971~1987 年原始数据建立香港人均鲜猪肉消费量预测的 GM(1, 1) 中限模型, 上下滑动一年。

选用这一时期的原因是：一则70年代开始，香港经济发展较快，居民收入有较大提高，带动食物消费结构改变；牛肉、鱼类、禽肉、蛋品、水果的比重提高，而大米、蔬菜、猪肉的消费则减少^[5]。二则食物的需求弹性较小，收入提高会引起食物质量要求提高，数量变动不大；猪肉可被牛、鱼、禽肉和蛋品代替，以减少动物脂肪吸入。三则随着经济发展，收入增加，居民饮食习惯讲究营养平衡并逐渐趋向西化，对猪肉需求的比重将相对下降。基于这三种原因我们认为1971年至1987年的数据会较好反映香港居民未来对猪肉需求的趋势，预测结果会较准确。我们据此建立中限模型，并相应建立上限模型和下限模型。

表1 香港人口及猪肉人均消费情况

年 份	人口 (万人)	鲜猪肉 (带内脏) (kg)	冷冻猪肉 (kg)
1961	316.81	22.505	2.192
1962	330.52	28.221	1.349
1963	342.09	34.444	1.298
1964	350.46	35.999	2.064
1965	359.79	35.900	2.730
1966	362.99	34.688	3.672
1967	372.28	30.380	4.045
1968	380.27	31.808	5.595
1969	386.39	31.191	4.419
1970	395.90	34.228	4.096
1971	404.53	40.826	3.168
1972	411.57	44.072	2.914
1973	421.26	42.265	2.757
1974	431.96	39.527	2.246
1975	439.58	41.492	2.208
1976	451.80	43.733	2.719
1977	458.37	44.142	3.083
1978	466.73	44.913	2.505
1979	492.97	43.200	2.332
1980	506.31	43.908	5.074
1981	518.34	43.703	6.562
1982	526.45	39.414	8.764
1983	534.51	38.106	10.252
1984	539.79	35.568	10.230
1985	545.62	36.923	10.604
1986	553.26	39.162	10.135
1987	565.88	39.5	9.570
1988	573.61	N. A.	10.50

资料来源：[2] [5]

表2 香港地区人口预测结果 单位：万人

年 份	人 口
1988	实际数 573.61 ^[4]
1995 年预测	上限 640.723
	中限 633.529
	下限 630.092
2000 年预测	上限 693.350
	中限 681.462
	下限 675.528

$$\text{上限模型: } \hat{LS}_{(t+1)}^{(0)} = 43.422\ 43e^{-0.008\ 475\ 12t}$$

$$\text{中限模型: } \hat{LS}_{(t+1)}^{(0)} = 44.038\ 39e^{-0.008\ 471\ 78t}$$

$$\text{下限模型: } \hat{LS}_{(t+1)}^{(0)} = 43.963\ 03e^{-0.009\ 198\ 01t}$$

$\hat{LS}$ ——鲜猪肉每年人均消费量 (单位: kg)

t——建立模型数据序数

根据以上模型计算 1995 年和 2000 年香港人均消费鲜猪肉的上、中、下限预测结果如表 3。

3.3 香港冷冻猪肉人均每年消费量预测

GM (1, 1) 模型 香港居民人均消费冷冻猪肉的数量, 按原始数分析, 看出有三个不同阶段: 1961 至 1968 年呈上升, 1969 至 1979 年呈下降, 1980 至 1986 又呈稳定增长的趋势。60 年代香港经济不很发达, 但已开始发展, 各种食物消费均呈上升, 但绝对量尚少。每年人均消费冻猪肉从 60 年代初约 2 kg 增至该年代末约 5 kg。70 年代下降并徘徊在 2~3 kg 之间, 此时期鲜猪肉的消费增加较多, 从 60 年代的 30~35 kg 增至 40~43 kg; 这是经济收入增加并偏爱食鲜肉所致。到 80 年代冷冻猪肉急增至人均 10 kg 以上, 相反, 鲜猪肉则逐渐下降至 40 kg 以下。这是因经济繁荣, 工作和生活节奏加快, 人们吃快餐和在饭馆就餐增加。而快餐店和饭馆因工作方便和降低成本多采用冻猪肉; 这也符合未来趋向。因此, 我们采用 1981~1986 年的原始数据建立 GM (1, 1) 预测的中限模型, 上下各滑动一年, 其模式如下:

表3 香港人均消费鲜猪肉预测结果

年 份	鲜猪肉每年人均消费量 (kg)
1987 年	实际数 39.500 00
1995 年预测	上限 37.052 74
	中限 36.088 38
	下限 35.744 63
2000 年预测	上限 35.872 07
	中限 34.592 04
	下限 34.137 45

表4 香港人均消费冻猪肉预测结果 单位: kg

年 份	冻猪肉每年人均消费量
1986 年	实际数 10.135 00
1995 年预测	上限 20.097 75
	中限 14.914 4
	下限 11.530 27
2000 年预测	上限 28.127 02
	中限 18.009 09
	下限 12.219 12

$$\text{上限模型: } \hat{FP}_{(t+1)}^{(0)} = 7.581\ 128e^{0.067\ 246\ 2t}$$

$$\text{中限模型: } \hat{FP}_{(t+1)}^{(0)} = 8.963\ 708e^{0.033\ 709\ 95t}$$

$$\text{下限模型: } \hat{FP}_{(t+1)}^{(0)} = 9.973\ 418e^{0.011\ 604\ 07t}$$

$\hat{FP}$ ——人均每年消费冷冻猪肉量 单位: kg

t ——建立模型数据的序数

根据以上模型计算 1995 年和 2000 年香港人均消费冷冻猪肉的上、中、下限预测结果如表 4。

4 预测结果分析

将以上预测结果综合成表 5 可以更清楚地看到至 1995 年及 2000 年香港人口预测、鲜猪肉的每年人均消费及总消费量预测和冻猪肉的每年人均消费及总消费量预测的上中下限数字, 以便进一步分析。

表 5 香港人口及猪肉消费预测结果

序号	模型 选用 时段	预测 内容	上 限		中 限		下 限		1986 年 实际数
			1995	2000	1995	2000	1995	2000	
1	1979~ 1988	人口 (万人)	640.72	693.35	633.53	681.46	630.09	675.77	553.26
2	1971~ 1987	鲜猪肉消费 /人/年 (kg)	37.05	35.87	36.09	34.59	34.14	35.87	39.16
3	1980~ 1986	冻猪肉消费 /人/年 (kg)	20.09	28.13	14.91	18.01	11.53	12.22	10.14
4	=2+3	猪肉消费 /人/年 (kg)	57.14	62.27	51.00	52.60	47.27	48.09	49.30
5	=1×4	猪肉总消 费量 (t)	366107	431749	323100	358447	297843	324977	272757

4.1 关于人口预测分析 到 1995 年香港人口将达 633.53 万人, 预测可能范围是 630.09~640.72 万人; 到 2000 年人口将达 681.46 万人, 其可能范围是 675.77~693.55 万人。预测从 1990 至 2000 年的 10 年间平均每年增长率为 1.469%, 相当于每年增加 88 265 人; 低于 1979~1988 年间的年平均增长率 1.697% 和每年增加 89 600 人。增长率下降的原因主要是: 一则香港政府推行家庭计划, 主张一对夫妇只生两个小孩, 使出生率由 1978 上的千分之 17 下降至 1988 年的千分之 13, 而死亡率却保持不变, 约为千分之 5^[2]。二则有些香港居民对 1997 年香港主权回归祖国存在顾虑, 近年移民国外人数增加。80 年代初期每年移民人数为 2 万人左右, 而 1987 年为 3 万人, 1988 年为 4.6 万人^[2]; 且移民热无下降迹象。

4.2 关于鲜猪肉预测分析 到1995年香港居民每年人均消费鲜猪肉预计为36.09 kg,其可能范围则为35.74~37.05 kg;到2000年预计为34.59 kg,其可能范围是34.14~35.87 kg。这些数量均比1985,1986和1987各年人均消费实际数量为低(见表1)。这是上文所说的人们讲究营养平衡,以鲜鱼类及牛羊禽肉等代替部分猪肉,改变食物结构等原因造成。鲜猪肉的总消费量则仍有增长,1990~2000年的年平均增长率为0.84%,这是因为人口增加所致,但增长率比1979~1988年期间的1.53%为低,不难理解这是人均消费数量减少所造成。

4.3 关于冷冻猪肉预测分析 到1995年香港居民每年人均消费冷冻猪肉预计为14.91 kg,其可能范围为11.53~20.09 kg;到2000年预计为18.01 kg,其可能范围为12.22~28.13 kg。这些数量均比1988年人均实际消费10.50 kg为多。冻猪肉人均消费数量的趋向增加,相反,鲜猪肉则趋向减少。其主要原因在上文亦已阐述,即吃快餐的人增加,而猪肉快餐是以冷冻猪肉制作;另一方面冷冻猪肉的质量有所提高,逐渐为群众所接受。

虽然鲜猪肉与冷冻猪肉的消费趋势一消一长,但从预测结果来看,两者合计,即人均消费鲜猪肉及冷冻猪肉的总量在未来十年仍有缓慢增加(见表5)。

4.4 关于预测模型的误差分析 我们对预测模型的误差进行检验,检查结果说明误差较小,分别分析如下:

(1) 鲜猪肉预测模型误差分析

最大残差绝对值 $|e|=3.075$;最大相对误差 $|q|=8.402\%$;残差绝对值平均值 $|e|=1.746$;平均相对误差 $|q|=4.075\%$;

(2) 冷冻猪肉预测模型误差分析

最大残差绝对值 $|e|=0.4795$;最大相对误差 $|q|=4.6415\%$;残差绝对值平均值 $|e|=0.2809$;平均相对误差 $|q|=2.7586\%$

可见预测模型拟合效果较好,误差较小。说明预测结果是可信的。

5 灰色数列预测方法评价

5.1 这个预测方法有较高的可信度,适用于事物运动机制较稳定、因素间的互补性较好、发展较平衡的时间序列的预测,如对总人口的预测。用此法建立的香港人口预测模型,得到1989年香港人口为580.432万人;而根据香港政府出版的《香港1990》^[2](香港年鉴)所公布1989年底的人口数字为581.23万人,预测精确度达99.86%。此法的预测效果之所以较准确是由于对时间序列有波动的原始数据进行平滑,随机性被弱化所致。

5.2 灰色数列预测法可以凭较少的信息量完成预测目的。例如猪肉消费量的影响因素较多,有经济因素又有非经济因素,各种因素的影响程度也难以数量化。然而灰色系统理论把这些无法数量化的影响因素及其相互作用的复杂关系定为灰色量。从这个灰色量进行预测,就不需各个因素的数据,而是从猪肉消费量的时间序列本身挖掘有用的信息,寻找本身的内在规律建立模型进行预测。但是,这并不是说猪肉消费不受任何因素影响。猪肉消费时间序列数据出现的波动,正是这些因素综合作用的不同反应的结果。

5.3 这个预测方法可以根据研究目的不同,选用不同时段的时间序列数据以建立预测模型,使之能反映不同时期的变化特征。

5.4 预测模型 GM (1, 1) 只有一个指数分量, 其变化是单调的。因此, 它不能反映经济系统动态过程所出现的复杂情况。

5.5 这个方法是以灰色系统理论为基础发展起来的一种预测方法, 是认识未来的新工具。但是毕竟使用时间尚短, 有待今后在实际运用中不断加以完善。

参 考 文 献

- 1 刘天福, 姚监复主编. 农业实用预测技术及其应用 (下册). 广州: 广东科技出版社, 1987. 504~527
- 2 香港政府新闻处. 香港 1990 (即香港年鉴中文版). 300~302
- 3 张沁文、王学萌、聂宏声编著. 农村经济灰色系统分析——模型、方法、应用. 北京: 学术期刊出版社, 1987. 71~84
- 4 Census of Statistics Department, Hong Kong. 1989. Hong Kong Annual Digest of Statistics, 111
- 5 Market Research Unit, Agriculture and Fisheries Department, Hong Kong. Basic Statistics of Foodstuffs 1961 ~ 1986, 3~5

APPLICATION OF THE GREY SEQUENCE FORECAST METHOD ——THE HONG KONG PORK MARKET CASE

Cheng Hanwen Chen Dieyun

(Department of Agricultural Economics)

Abstract In this article, the grey sequence forecast method was applied to make mid-term and long-term prediction on the pork consumption market in Hong Kong. At first, the applicability of this method and principle of establishing the model were briefly described. The forecasting results showed that the consumption of live swine per capita will decline and that of frozen pork rise. However, the interaction of these factors will constitute the tendency towards a comparatively mild rising of pork consumption in the years to come. In Hong Kong, the demand for pork occupied 40 ~ 50 per cent of the total meat consumption. In pork consumption, the proportion of live swine to frozen pork was found to be more than two to one. Live swine and frozen pork exported from Mainland China dominate the Hong Kong pork market; they are the staple export commodities for earning foreign exchange. Finally, in order to earn more foreign exchange by exporting more pork, suggestions were made to improve the quality of live swine and the processing and packing of frozen pork, so as to meet the needs of the Hong Kong market.

Key words Grey sequence; Forecast method