

用周期分析方法预测全球稻谷总产量

李 军 杨星卫 汪治澜

(上海市气象科学研究所, 200030)

提 要

应用功率谱和逐步回归周期分析方法对全球稻谷总产量预测进行了探讨, 结果表明逐步回归周期分析方法具有很好的拟合精度和较高的预测精度。

关键词: 全球稻谷 周期分析 预测

引 言

世界上水稻是仅次于小麦、玉米的第三大粮食作物, 据联合国粮农组织 1994 年年报资料, 世界稻谷总产量为 $5350 \times 10^8 \text{kg}$, 占粮食总产量的 24%, 稻谷种植面积占世界粮食总面积的 20%。近年来世界对稻谷的需求量呈逐年上升的趋势, 而全球粮食库存又降到历史的最低水平, 且目前全世界饥饿的人数在不断增加。因此, 全球稻谷产量的波动已日益引起各国政府的关注。目前还未曾见过国内对全球稻谷总产量进行估测的文献, 本文应用周期分析方法作一尝试。

1 全球稻谷气象产量和趋势产量的分离

1.1 资料来源

本文引用的全球稻谷总产量资料主要来自 1979—1994 年世界粮农组织年鉴资料。

1.2 全球稻谷趋势产量的分离

全球稻谷总产量的高低主要受社会生产力(土壤因子、品种、肥料、栽培技术、管理水平)、政策、气象条件(光、温、水)等的影响, 其中受社会生产力、政策等影响的产量为趋势产量, 气象条件影响的产量为气象产量, 实际总产量为趋势产量和气象产量之和, 即:

$$Y_t = Y_{qt} + Y_{wt} \quad (1)$$

式中, Y_t 为全球稻谷总产量; Y_{qt} 为全球稻谷的趋势产量; Y_{wt} 为全球稻谷的气象产量, t 为年序。

研究表明^[1], 用 p 年直线滑动平均法处理趋势产量的优点, 在于通过控制滑动步长 p 的大小来调节趋势产量和气象产量的比例。因而本文采用线性滑动平均法求取 Y_{qt} , 设某阶段的线性趋势方程为

$$Y_j(t) = a_j + b_j t$$

$$(j = 1, 2, 3, \dots, n - p + 1,$$

$$t = j, j + 1, j + 2, \dots, p + j - 1) \quad (2)$$

式中, n 为资料年数, t 为年序, j 为方程个数, p 为滑动步长。则每个 t 点上的全球稻谷趋势产量为

$$Y_{qt} = \frac{1}{s} \sum_{i=1}^s Y_i(t)$$

$$(i = 1, 2, \dots, s = n - p + 1) \quad (3)$$

将式(3)和历年全球稻谷总产量代入式(1)可计算出历年的全球稻谷气象产量。

2 全球稻谷总产量的预测

2.1 全球稻谷趋势产量的预测

趋势产量的预测采用调和权重法^[1], 因为利用调和权重法来外推趋势产量可以更多地考虑近期年份稻谷总产量的权重。

$$Y_{n+1} = Y_n + \bar{W} \quad (4)$$

式中 \bar{W} 为全球稻谷总产量的平均增长量。

$$\bar{W} = \sum C_{t+1}^n \cdot W_{t+1}$$

其中 $W_{t+1} = Y_{qt+1} - Y_{qt}$ 即全球稻谷趋势产量的逐年增长量, C_{t+1}^n 为权重系数。

2.2 全球稻谷气象产量的周期分析及预测

由于气象条件年际间的变化存在着周期性,所以由气象条件变化引起的那部分全球稻谷产量(即气象产量)也应存在着周期波动,因而采用周期分析法对全球稻谷气象产量序列进行分析,进而对全球稻谷气象产量进行预测。

2.2.1 功率谱分析及预测

用整数波进行周期分析,在低频中功率谱估计采样点太少,周期间隔太大,获取的可能周期太少。为克服这一缺点,本文采用非整数波谱方法^[2]。

对于时间序列样本 $Y_{wt}(t=1,2,3,\dots,n)$ 似于离散谱原理,可以用

$$\hat{y}_{wt} = a_0 + \sum_{k=1}^{n/2} (a_k \cos(2\pi kt/n) + b_k \sin(2\pi kt/n)) \quad (5)$$

作为谱估计, k 为任何非整数,若令

$$X_{skt} = \cos(2\pi kt/n)$$

$$X_{ckt} = \sin(2\pi kt/n)$$

则式(5)可写为一般的线性回归方程

$$\hat{y}_{wt} = a_0 + \sum_{k=1}^{n/2} (a_k X_{skt} + b_k X_{ckt}) \quad (6)$$

用最小二乘法原理,建立标准线性回归方程组,求出不同波数 k 的回归系数 a_0, a_k, b_k 。非整数波 K 对应的功率谱密度 C_k^2 为:

$$C_k^2 = 2R_k^2 \cdot S_x^2 \cdot (n-1)/n \quad (7)$$

式中 R_k 是回归方程的复相关系数; S_x 是序列的标准差; n 为样本容量。用下列式子对计算的功率谱值进行检验

$$F = \frac{R^2/\gamma}{(1-R_k^2)/(n-\gamma-1)} \quad (8)$$

式(8)遵从分子自由度为 γ , 分母自由度为 $n-\gamma-1$ 的 F 分布,对某一波数 $k, r=2$ 。

经波谱分析若选取 m 个波数,则用这 m 个波进行预测的表达式为

$$\hat{y}_{wt} = a_0 + \sum_{k=1}^m (a_k \cos(2\pi kt/n) + b_k \sin(2\pi kt/n)) \quad (9)$$

2.2.2 逐步回归周期分析及预测

设全球稻谷气象产量序列为 $Y_{w1}, Y_{w2}, \dots, Y_{wm}$ 。按试验周期方法,将资料分析以周期长度为 $2, 3, \dots, n/2$ 依次分组,求各组的平均值,即

$$y_{wi}^l = \frac{1}{n_l} \sum_{j=0}^{n_l-1} x_{(i+j,l)} \quad i=1,2,\dots,l; 2 \leq l \leq M \quad (10)$$

式中 n_l 为 $\leq n/l$ 的最大整数, $M=n/2$ 为不超过 $n/2$ 的最大整数, Y_{wi}^l 均为均生函数。

对均生函数作周期性延拓,从而构造出 $M-1$ 个外延的均生函数,记为 $f_i, i=1,2,\dots,M-1$ 。用逐步回归方法对全球稻谷气象产量序列分析并选取显著周期,然后用显著周期对应的均生函数建立预测方程,若筛选出 d 个周期,则预测方程为:

$$\hat{y}_w(t) = a_0 + \sum_{i=1}^d a_i \cdot f_i(t) \quad i=1,2,\dots,d; t=1,2,\dots \quad (11)$$

当 $t > n$ 时,即为对未来的全球稻谷气象产量进行预测。

2.3 全球稻谷总产量的预测

用上述两种方法对全球稻谷总产量进行预测的步骤为:

(1)先选取一定数值的滑动步长 p 值,由式(1)、(2)、(3)分离出全球稻谷的气象产量和趋势产量。

(2)进行非整数波谱或逐步回归周期分析,并对各个周期进行 F 检验,将通过显著性检验的周期,代入式(9)和式(11)计算气象产量拟合值。

(3)用式(1)计算全球稻谷总产量的拟合值,并计算和实际值的误差。

改变步长 p ,重复步骤(1)一(3),直到滑动步长为 $n-1$ 止,从中挑选出误差最小所对应的一组周期。应用这组周期对气象产量进行外延预测,然后对趋势产量进行预测,最后用式(1)对全球稻谷总产量进行预测。

用上述两种方法对 1979—1994 年全球

稻谷总产量进行拟合,结果见表1,由表1可见,逐步回归周期分析方法的精度要明显的高,因而我们采用逐步回归周期分析方法进行全球稻谷总产量的预测。

表1 1979—1994 全球稻谷总产量功率谱和逐步回归周期分析的拟合精度

周期分析方法 年份	功率谱分析 相对误差/%	逐步回归周期分析 相对误差/%
1997	4.14	0.96
1980	9.58	2.36
1981	22.94	0.35
1982	11.47	1.02
1983	7.68	0.26
1984	15.68	1.58
1985	3.84	1.57
1986	17.46	2.39
1987	21.31	0.85
1988	6.73	1.15
1989	9.40	0.32
1990	12.18	1.42
1991	0.77	0.80
1992	14.82	0.01
1993	12.47	1.07
1994	1.72	0.04
平均误差	10.76	1.01
复相关系数	0.756	0.994

用逐步回归周期分析方法对1995—1997年全球稻谷总产量预测的结果见表2,1995年全球稻谷总产量预测准确率达99.70%,预测1996和1997年全球稻谷总产

分别为5592.2710和5625.5800×10⁸kg,均为历史最好年景。

表2 1995—1997 年全球稻谷总产量预测/
10⁸kg

年份	1995	1996	1997
预测值	5549.9311	5592.2710	5625.5800
实际值	5495.1200	5615.00	
准确率/%	99.7	99.6	

3 结 语

3.1 随着世界人口的不断增长,世界对稻谷的需求量也随之增加。本文在其他资料(如气象资料、农情资料)无法取得的情况下,应用逐步回归周期分析方法对全球稻谷总产量序列进行了处理和分析,并试作了预测,表明这种方法具有良好的应用前景。

3.2 本文能收集到的世界稻谷资料仅为16年,作为统计预测显得短了些,但从历史模拟和预测精度来看,效果较好,这种效果是否稳定,还有待于进一步的验证。

参考文献

- 1 王馥棠,冯定原,张宏铭等编著. 农业气象预报概论. 北京:农业出版社,1991,443—446.
- 2 黄嘉佑,李黄. 气象中的谱分析. 北京:气象出版社,1983.
- 3 魏凤英,赵溱,张先恭. 逐步回归周期分析. 气象 Vol. 9 (2).

The Total Rice Yields Prediction all the World by Means of Period Analysis

Li Jun Yang Xingwei Wang Zhilan

(Shanghai Meteorological Institute, 200030)

Abstract

The total rice yields prediction all the world are discussed by means of spectrum analysis and stepwise regression period analysis, the result shows that the stepwise regression period analysis has better simulation precision and forecasting precision.

Key words: global rice yields period analysis prediction