

农业气候年景预测和决策 服务系统的研究*

魏 丽

陆叔鸣

(江西省农业气象中心, 南昌 330046)

(江西省气象台, 南昌 330046)

提 要

农业气候年景预测和决策服务系统(ACHPDS)由三部分组成, 介绍了农业气象灾害预测(AMDP)、农作物产量年景预测(COHP)及农作物种植面积合理配置决策系统(CAAD)的研究方法和应用情况.

关键词: 灾害预测 产量趋势 决策服务

引 言

春寒、夏涝、伏秋干旱、寒露风和冬季温度是影响江西省粮、棉、油产量的主要农业气象因子. 研究表明, 由气象灾害造成的损失可占作物产量的15%~20%. 近年来, 洪涝、干旱等大面积农业气象灾害常常造成几十万公顷农田减产或无收, 因此, 准确地预测农业气象灾害的发生程度, 分析灾害对粮棉油产量的影响, 对粮棉油种植面积进行合理配置, 是避免和减轻灾害损失、夺取农业丰收的重要措施.

1 系统运行设计及功能

农业气候灾害年景预测决策服务系统是一个多级管理系统, 它包括3个子系统, 主控模块ACHPDS直接管理, 控制3个子系统. 每个子系统分别具有不同的功能, 在运行逻辑上, 采用自左向右, 自上而下的优先级顺序. 运行框图包括10个功能模块, 每个功能模块可相对独立地执行一项功能. ACHPDS采用下拉式汉字菜单设计, 提供子系统及各独立模块的选择. 执行完每个模块后, 系统将记忆运行结果存到一指定文本文件, 供以后决策服务调用.

ACHPDS包括农业气象灾害预测子系统(AMDP)、农作物产量年景预测子系统(COHP)、农作物种植面积合理配置决策子系统(CAAD). 在子系统AMDP中, 可以实现两个功能, 即农业气象灾害预测和历史资料查询、打印. 在COHP中, 包括了早稻、

* 本文为国家气象局“短、平、快”项目支持.
1996-01-09 收到, 1996-04-29 收到修改稿.

棉花、晚稻、油菜产量年景预测模块和历年不同产量年景下各种灾害的频率分布, 以图、表形式显示. CAAD 给出了线性规划决策模型和农业气象技术措施咨询功能, 以人机对话形式实现. 最后, 形成灾害预测、产量年景预测和粮棉油种植面积合理配置及技术服务等综合产品, 通过省气象局 NOVELL 网和农业气象中心 STAR 网向用户提供服务 (见图 1).

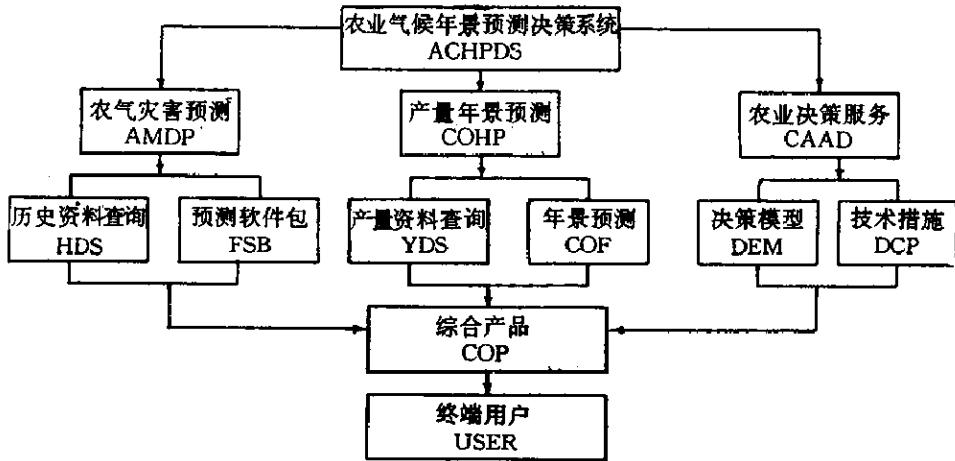


图 1 农业气候灾害年景预测决策服务系统运行框图

Fig. 1 The operating frame of harvest prediction and decision service system of agro-climatic disaster

2 研究方法

2.1 农业气象灾害预测

农业气象灾害预测包括春寒、夏涝、伏(秋)干旱、重(轻)度寒露风和冬季温度变化预测.

2.1.1 冬季温度预测

资料选取 1954~1992 年, 以南昌、吉安、赣州为代表点, 逐年 3 站的 12~2 月平均气温作为江西省冬季气温 t , 计算历年冬季温度距平 Δt , 当 $\Delta t \leq -0.5 \text{ C}$ 时, 定义该年为偏冷年, 当 $-0.5 \text{ C} < \Delta t < 0.5 \text{ C}$ 时为正常年, 当 $\Delta t \geq 0.5 \text{ C}$ 时为偏暖年. 用马尔科夫过程进行下一年度冬季温度状况的预测. 马尔科夫链是时间离散、状态离散的随机时间序列, 其特点是无后效性. 根据 1993~1994 年的预报检验, 两年的预报结果与实况相符.

2.1.2 春寒预测

按照江西省春播天气综合编码规则, 我们规定 5 天负码的最后一天江西北部在 3 月 30 日以后称该年为差年, 有较重春寒(赣南部分在 3 月 26 日以后); 在 3 月 25~29 日的称正常年, 有一般春寒(南部在 3 月 22~24 日); 在此以前的称偏好年份或无春寒影响年份. 按上述标准, 将全省均匀分布的 19 个代表站多数情况代表该年全省的春寒情况. 由

此得出历年江西省春寒程度分级序列。春寒预测主要采用韵律和相似预报方法。

2.1.3 夏季洪涝预测

江西省主汛期(4~6月)主要的气象灾害是洪涝。考虑对作物产量的影响,取赣北、赣中、赣南三片4~6月总雨量偏多的成数之和作为全省洪涝程度判据。若三片偏多的成数之和大于等于6成,定为重度洪涝年,2~5成为轻度洪涝年,2成以下为正常年份。

预报4~6月雨量的方法主要有:①利用前期气候特征找相关相似年。②前一年7月副高脊线6个月距平累积及前一年1月副高西脊点6个月累积距平两要素的点聚图。③厄尔尼诺年次年80%年份有洪涝。④用500 hPa月平均图上高相关区及地面要素建立三片预报方程。

2.1.4 伏、秋干旱预测

江西的干旱大多发生于伏秋期间。总的情况是北部发生于干旱多且重于南部;平原河谷多于丘陵、山地;秋旱重于伏旱,伏旱以中部最重,其次是北部,秋旱以北部最重,其次为中部。取 $D \times S$ 为大范围干旱标准, D 为干旱指数 $z \geq 0.8$ 的代表站平均干旱强度, S 为 $z \geq 0.8$ 的站数。 $D \times S \geq 14$ 为重度干旱年(相当于有75%的面积30天以上连旱), $8.8 < D \times S < 14$ 为中等干旱(相当于50%面积25~30天连旱), $D \times S \leq 8.8$ 为轻度干旱(相当于30%以下面积20~25天连旱)。用日本海、里海附近500 hPa高度值的高相关区、前一年10月、11月贝加尔湖和北冰洋极地附近500 hPa高度值的高相关区等因子分别建立三个片的7~9月雨量和伏、秋旱干旱指数预报方程。

2.1.5 寒露风预测

连续3天日平均温度 $\leq 20^\circ\text{C}$ 为寒露风,并按出现的时间划分为重、中、轻3个级别。9月下旬,正值晚稻抽穗扬花时期,此时出现的寒露风称重度寒露风,10月上旬出现的称中度寒露风,之后出现的寒露风对晚稻影响不大,该年称无寒露风影响。

寒露风预报方法:①用前一年1月、11月和当年2月500 hPa高相关区高度值建立预报方程。②用前2年南昌站10月中旬雨量和当年2月上旬的温度建立预报方程。③用前2年5月上旬的气压建立预报方程。

考虑到长期预报时效长和目前准确率有限,我们采用了多种方法进行农业气候灾害年景预测。在统计学方法、天气学方法、物理学方法、利用前期特征找相关相似的方法和周期分析、韵律等多种方法综合集成的基础上,得出预报结论。

2.2 农作物产量年景预测

以江西省粮、棉、油为研究对象,选取种植面积最大,对江西省农业生产影响显著的双季稻、棉花和油菜为预测对象,分析了40年来六种农业气象灾害和冬季温度变化对我省粮、棉、油产量影响的程度和规律,用贝叶斯多级判别分析进行粮、棉、油产量年景的预测,产量年景分为丰、平、歉年三类。

2.2.1 历年农业气象灾害对粮、棉、油产量年景的影响

以江西省统计局1954年以来的单产序列为基本资料,采用调和权重法,分离出气象产量 Y_w 与时间趋势产量 Y_t , $Y_w = (Y - Y_t)/Y$,当 $Y_w \geq 5\%$ 时,定为丰年,当 $Y_w \leq -5\%$ 时,定为歉年, $-5\% < Y_w < 5\%$,定为平年。

(1)对早稻产量的影响 1954~1994年,江西省共出现6次由气象灾害造成的歉收

年. 由表 1 可知, 造成早稻歉收的主要原因是夏季洪涝, 发生机率为 67%, 其次是伏旱, 发生机率为 33%. 1954~1994 年, 早稻有 7 年是丰收年, 这 7 年中没有重度洪涝灾害发生, 以无洪涝或轻度洪涝为主; 严重伏旱出现 2 次; 其余 4 年为无春寒或轻度春寒年. 也就是说, 在无严重洪涝和伏旱的情况下, 多数年份早稻呈丰收年景, 其余年份早稻为平产年. 平产年份重度春寒出现的机率为 35%, 中等以上洪涝灾害出现的机率为 23%, 中等以上伏旱出现的机率为 69%.

表 1 早稻产量年景与灾害出现频次

Table 1 Disaster's frequencies and year harvest of early rice

年 景	春 寒		洪 涝		伏 旱	
	重度	中度	重度	中度	重度	中度
丰年	3/7	0	0	3/7	2/7	3/7
平年	9/26	1/26	1/26	5/26	6/26	12/26
歉年	0	1/6	1/6	0	1/6	1/6

(2) 对晚稻、棉花、油菜的影响 伏、秋干旱, 尤其伏秋连旱是影响晚稻产量的主要农业气象灾害, 其次是寒露风. 严重的伏秋干旱使灌溉条件差的地区无法按时栽插, 生育期推迟使后期寒露风影响的机率增大. 歉收年中, 中~重度伏秋旱出现的机率为 75%, 寒露风为 50%(表略).

棉花生长发育期间多数年份会遇到不同程度的伏、秋干旱, 以歉收年最为严重. 在干旱程度相当的条件下, 棉花收成的好坏取决于夏季洪涝和秋季低温的发生情况. 歉收年中, 伏旱出现的机率为 71%, 秋旱为 59%, 夏季洪涝为 35%(表略).

影响油菜产量的主要因子是秋旱、冬季温度和春寒. 影响时段为出苗移栽期、抽苔期和开花结荚期. 油菜歉收年中冬季温度偏冷年出现的机率为 33%, 其次为秋旱和春寒(表略).

2.2.2 粮、棉、油产量年景预测

采用贝叶斯多级判别分析方法进行粮、棉、油产量年景预测. 贝叶斯方法是以条件概率(后验概率的大小)进行判别. 其基本原理是: 设有一组 P 个因子, 容量为 n 的样本, 将预报对象分为 G 组, 由于任何一种划分方法, 都可能存在错分的现象, 则从希望错分的平均损失最小出发, 并把这原则转变为根据贝叶斯公式, 使条件概率最大的原则进行判别分类. 判别因子为春寒、夏季洪涝、伏旱、秋旱、重度寒露风、轻度寒露风和冬季温度变化. 判别因子分为 1、2、3 三级, 1 代表无灾害或轻度灾害, 2 为中度灾害, 3 为重度灾害. 判别对象为早稻、晚稻、棉花和油菜产量的丰、平、歉趋势. 对 1970~1991 年进行回代检验, 4 种作物平均预报准确率为 78%, 1992~1995 年平均试报准确率达 88%(见表 2).

表2 粮棉油产量年景预测检验及试报准确率(%)

Table 2 Precise rate and test of the yield prediction for rice, cotton and rape

年代	早稻	晚稻	棉花	油菜
1970~1991	86	68	82	77
1992~1995	75	100	75	100

2.3 农作物种植面积合理配置决策方法

粮、棉、油适宜种植面积的配置通过系统工程中的运筹学方法来进行决策。这里采用线性规划求解粮棉油种植面积的合理配置。

设早稻、晚稻、油菜、棉花种植面积分别为 S_i ，单产为 Y_i ($i=1, 2, 3, 4$ 分别代表早稻、晚稻、油菜、棉花)。约束条件：当预测某作物为丰年时， $Y_i \times S_i \geq P_{im}$ (P_{im} 为该作物近 5 年中总产最大值)。当预测某作物为平时时， $Y_i \times S_i \leq P_{ia}$ (P_{ia} 为近 5 年平均总产)。当预测某作物为歉年时， $Y_i \times S_i \leq P_{im}$ (P_{im} 为近 5 年中总产最低值)， Y_i 的选择同 P_i 。此外，江西省有效灌溉面积为 185.53 万 hm^2 ， $S_1 + S_2 \leq A_1 \times 185.53$ ， $S_3 + S_4 \leq A_2 \times 185.53$ ， A_1 为近 5 年有效灌溉田平均复种指数， A_2 为近 5 年棉花、油菜面积占有效灌溉面积的比列。 A_1 、 A_2 根据近 5 年省统计局实际抽样调查数计算，也可以根据政府部门对粮棉油生产的宏观调控方针来确定。

目标方程：

$$Y_1 \times C_1 \times S_1 + Y_2 \times C_2 \times S_2 + Y_3 \times C_3 \times S_3 + Y_4 \times C_4 \times S_4 = Z \quad (Z \rightarrow \max)$$

式中 Y_1, Y_2, Y_3, Y_4 分别为作物单产， S_1, S_2, S_3, S_4 为作物种植面积， C_1, C_2, C_3, C_4 为省物价部门对下一年度早稻、晚稻、棉花、油菜预测的收购价。目标方程的最终目的是使早稻、晚稻、油菜、棉花总产值达最大。 Z 的单位为元。

本系统根据春寒、冬季温度变化、夏季洪涝、伏秋干旱、寒露风等灾害的发生程度，还提出了早稻、晚稻、棉花、油菜在不同生长发育期间的管理措施，包括品种熟性搭配、水肥管理、病虫害防治等，并将这些措施放进了决策系统中，可方便地进行调用。

例如：本系统于 1995 年初预测出当年夏季洪涝为重度发生年；春寒、伏秋旱为轻度发生年；寒露风为轻发年；冬季温度变化为正常年。早稻、棉花歉收，二晚、油菜为丰收年。系统决策结果：早稻种植面积减少 6 万公顷，利用汛期充足的水资源在沿江滨湖地区扩种双季晚稻 6.7 万公顷，棉花、油菜保持前一年的水平。将此建议提供给省政府和有关部门，结果，1995 年江西省晚稻获得丰收，由于扩种面积使晚稻增产 38 万吨，净利润为 1.12 亿元，其经济效益是可观的。

3 小结

利用系统工程学原理进行决策，是一种不需增加财力、物力就能选择的最优策略。在市场经济和改革开放的形势下，农业购销经营将逐步做到全部放开，在农业气象领域进一步开发、利用系统工程技术，完全符合当前实际需要。同时，将系统工程技术应用用于农业气象服务工作，能大大增强服务的针对性，提高决策服务的水平和能力。

干旱、洪涝、冷害等农业气象灾害发生规律、发展趋势的研究在我省已进行了多年, 总结出了许多有效的预测方法, 尤其是将灾害预测应用到农作物种植面积配置决策服务中还是首次, 并可将这种方法推广应用到品种搭配、种植制度规划等领域。

A STUDY OF THE PREDICTION OF AGROCLIMATIC HARVEST AND DECISION SERVICE SYSTEM

Wei Li

(Jiangxi Agrometeorological Center, Nanchang 330046)

Lu Shuming

(Jiangxi Meteorological Observatory, Nanchang 330046)

Abstract

The agroclimatic harvest prediction and decision service system (ACHPDS) consists of three parts. They are agrometeorological disaster prediction (AMDP), crop yield harvest prediction (COHP) and crop planting area arrangement decision system (CAAD). The approach and application of the system are discussed in detail.

Key words: Disaster prediction Crop yield trend Decision and service