

文章编号:1673-8411 (2014) 03-0011-05

广西寒露风开始期短期气候预测方法研究

覃卫坚¹, 黄志², 李耀先³

(1 广西气候中心, 广西 南宁 530022; 2 广西气象信息中心, 广西 南宁 530022;

3. 广西气象减灾研究所, 广西 南宁 530022)

摘要: 利用 1951–2013 年广西 90 个气象观测站气温资料、国家气候中心 74 项指数和美国 National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) 的 Climate Prediction Center (CPC) 60 项指数以及海温和陆地雪盖资料、美国国家冰雪研究中心 (NSIDC) 的两极海冰资料, 使用相关分析方法得到广西寒露风开始期气候影响因子, 利用逐步回归和神经网络方法进行寒露风开始期的预测。结果表明: 寒露风开始期与前一年 9–10 月北极海冰面积、当年 3 月南极海冰面积、前一年 6 月欧亚雪盖、当年 5 月北美雪盖、北半球雪盖的相关显著。与前一年 9 月北半球极涡面积指数、前一年 10 月亚洲区极涡面积指数、前一年 3 月热带印度洋海温偶极子等指数相关显著。粒子群–神经网络方法预测误差低于逐步回归方法, 预报能力有明显提高。

关键词: 寒露风; 神经网络; 广西

中图分类号: P46

文献标识码: A

Short-term climate forecast method research on the start of cold dew wind in Guangxi

QIN Wei-jian¹, HUANG Zhi², LI YAO-XIAN³

(1. Guangxi Climate Center, Nanning Guangxi 530022; 2. Guangxi Meteorological Information center, Nanning Guangxi 530022; 3. Guangxi Institute of Meteorology and Disaster-Mitigation Research, Nanning 530022, China)

Abstract: Based on the temperature data of 90 stations in Guangxi, the 74 indexes from National Climate Center (NCC), the 60 indexes and the SST index data and the land snow data from CPC of NOAA during 1951–2013, the sea ice data from national snow and ice research center during 1979–2013, a new climatic prediction method of the onset of cold dew wind is studied by using the Fuzzy Neural Network method. The results show that: there are significantly correlations between the start of cold dew wind and the Arctic sea ice area from June to September in the year before, Antarctic sea ice in March in the same year, Eurasia snow cover in June in the year before, the North American and the Northern Hemisphere snow cover in May. The start of cold dew wind is also associated with some indexes, such as Arctic Oscillation (AO) index in September and October. The Particle Swarm Optimization (PSO) of Fuzzy Neural Network has a better qualitative capability of predicting the start of cold dew wind than the stepwise regression procedure.

Key words: cold dews wind; Particle Swarm Optimization; Fuzzy Neural Network; Guangxi

寒露风是影响广西水稻生产的最严重气象灾害之一。寒露风节气前后, 广西晚稻先后进入抽穗扬花生长发育期, 如果遇到低温天气过程, 水稻生理活动减慢甚至停止, 导致抽穗开花及灌浆过程延缓, 花宫

发育不正常, 造成空壳, 结实率下降, 从而引起大面积减产, 这种低温天气过程称作“寒露风”^[1]。例如: 1984 年 10 月 4–9 日、10 月 11–14 日及 10 月 16 日先后出现三次寒露风天气过程, 当年广西大部地区

收稿日期: 2014-05-10

基金项目: 广西自然科学基金资助(2013GXNSFBB053010); 广西自然科学基金资助(2013GXNSFAA019273)

作者简介: 覃卫坚(1971–), 男, 高级工程师, 硕士, 主要从事天气气候动力学研究, (E-mail) qinweijian2008@126.com。

寒露风天气日数为 9-32 天,比常年偏多 3-12 天,共有 32.13 万公顷晚稻受寒露风危害,单产较上年减产 17.9%,总产量减产 108.4 万吨。目前有关广西寒露风有了一些研究,如覃武等^[2]、李艳兰等^[3]、韩礼应等^[4]做了广西寒露风异常年份的大气环流分析;还有一些专家^[5]使用合成分析、逐步回归方法建立寒露风预报方程^[5-12]。

寒露风影响着当地水稻品种的布局、晚稻插秧期的安排,每年 5 月份农业部门开始为晚稻种植进行安排工作,以寒露风预报为重要决策依据。最近几年粒子群-神经网络比较广泛运用于气象预报中,它比传统的统计方法具有明显的优势。本研究首先分析广西寒露风与北极涛动、两极海冰、陆地雪盖、赤道太平洋海温以及各大气环流指数的关系,引进粒子群-神经网络方法建立广西寒露风开始期预报模型,为政府部门决策服务提供预报服务,在防灾减灾、农民增产增收、粮食安全方面具有重要的意义。

1 资料

使用 1951-2013 年广西 90 站地面观测站气温资料、国家气候中心 74 项指数、美国 National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) 的气候预测中心的 60 项指数以及海温和雪盖资料、美国国家冰雪研究中心 (NSIDC) 的两极海冰资料。广西初次寒露风天气过程定义为日平均气温 $\leq 22^{\circ}\text{C}$ 连续三天或以上的过程。

2 粒子群-神经网络方法

神经网络近年来兴起的一种计算方法,它具有解决非线性问题的能力,在气象统计预报上有独特的优势,但通常的神经网络在计算中经常出现网络因振荡不能收敛等问题,而最新流行的粒子群算法具有全局搜索的特性,它优化了神经网络的连接权和网络结构,刚好克服了这些问题^[13-15]。粒子群算法 (Particle Swarm Optimization, PSO) Kennedy 等^[16]在 1995 年最早提出的,是一种基于群体智能方法的进化计算技术,通过个体之间的互动协作来搜寻全局最优解。粒子群-神经网络的优化方程^[17]:

$$\text{Min}E(w, v, \theta, \gamma) = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^{N_i} \sum_{i=1}^n [y_k(t) - \tilde{y}_k(t)]^2 < \varepsilon_1 \quad (1)$$

$$\tilde{y}_k(t) = \sum_{j=1}^p v_{jk} \cdot f \left[\sum_{i=1}^m x_i \cdot w_{ij} + \theta_j \right] + \gamma_{\tau} \quad (2)$$

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} \quad (3)$$

$$F(w, v, \theta, \gamma) = \frac{1}{1 + \min E(w, v, \theta, \gamma)} \quad (4)$$

其中 x 为训练样本, $\tilde{y}_k(t)$ 为网络的实际输出, $y_k(t)$ 为网络期望输出, $F(w, v, \theta, \gamma)$ 为适度函数。

种群多样评价函数:

$$f(\cdot) = \frac{1}{S |R(k)|} \sum_{i=1}^S \sqrt{\sum_{j=1}^n (x_{ij}(k) - \bar{x}_j(k))^2} \quad (5)$$

S 种群所含粒子的个数, $|R(k)| = \max(|x_{ij}(k)|, 1 \leq i \leq m, 1 \leq j \leq n)$, n 为问题的维数。 \bar{x}_j 为所有粒子第 j 维的平均值。在算法迭代过程中,如果种群多样性指数满足 $f(\cdot) < d_{\text{low}}$, 为纷纷远离最优位置;而当种群多样性指数逐步增大,直至超出上限 d_{high} 时,种群又开始向整体最优位置靠拢。

3 广西寒露风和前期因子的相关分析

3.1 广西寒露风与北极海冰的相关分析

影响我国大范围的冷空气源地绝大多数来源于北冰洋,而北极海冰则是冷空气的冷源,广西寒露风基本上由冷空气南下造成的,以下分析其与北极海冰的相关关系。统计广西寒露风开始期与同年前期各月海冰的相关系数,除了桂林市东北部与 1-4 月海冰有显著的正相关外,其余地区相关均不显著(图略)。统计广西寒露风开始期与前一年各月海冰的相关系数,桂东南、桂西南及沿海地区与前一年 6-9 月海冰面积为负相关,通过了水平为 5% 的显著性检验,尤其 9 月相关显著的区域最大(如图 1)。从广西寒露风平均开始期与各月北极海冰相关来看,与 9-

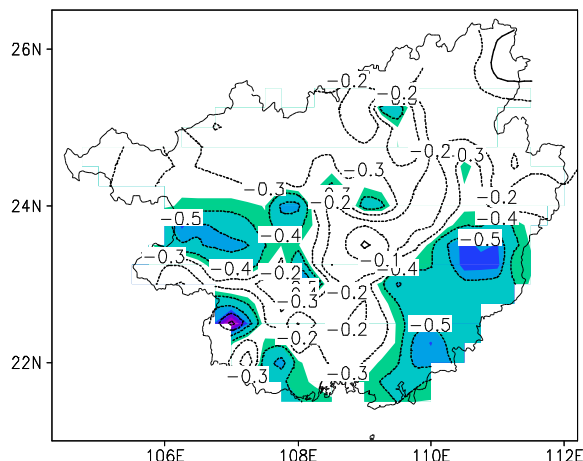


图 1 广西寒露风开始期与前一年 9 月北极海冰相关系数图 (阴影区域为通过水平为 5% 的显著性检验)

10月北极海冰相关显著并选入因子集中(x1:前一年9月北极海冰面积,x2:前一年10月北极海冰面积)。

3.2 广西寒露风与南极海冰的相关分析

统计寒露风开始期与各月南极海冰的相关系数,结果表明桂西及桂东南寒露风开始期与同年1-3月南极海冰相关显著,通过了水平为5%的显著性检验,为正相关(如图2)。与前一年各月南极海冰相关关系均不明显。从广西寒露风平均开始期与各月南极海冰相关来看,与当年3月南极海冰相关显著并选入因子集中(x3:当年3月南极海冰面积)。

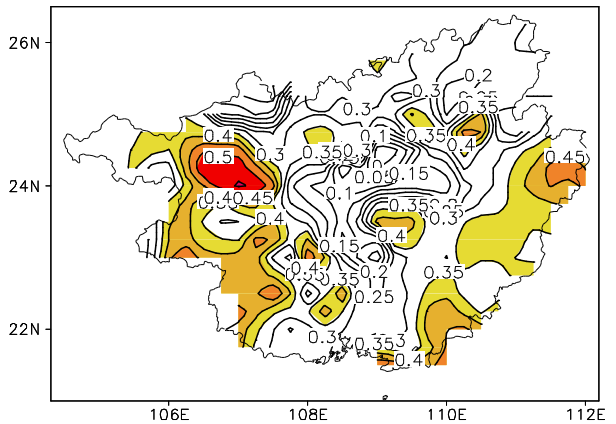


图2 广西寒露风开始期与同年3月南极海冰相关系数图
(阴影区域为通过水平为5%的显著性检验)

3.3 广西寒露风与欧亚雪盖的相关分析

统计广西寒露风开始期与前期各月欧亚雪盖的相关系数(图略),从结果来看,广西各站的相关系数符号并不一致,桂北山区寒露风开始期跟前一年3-4月欧亚雪盖成反相关,且相关通过水平为5%的显著性检验,其余各站与各月欧亚雪盖相关几乎都通不过显著性检验,由此可见欧亚雪盖对广西寒露风开始期影响小,主要影响区域的是广西的北部山区。

从广西寒露风平均开始期与各月欧亚雪盖相关来看,与前一年6月欧亚雪盖相关显著并选入因子集中(x4:前一年6月欧亚雪盖)。

3.4 广西寒露风与北美雪盖的相关分析

统计广西寒露风开始期与前期各月北美雪盖的相关系数(图略),从结果来看,梧州、玉林、贵港的寒露风开始期与前一年11月北美雪盖成反相关,并通过水平为5%的显著性检验,其余各站与各月相关不显著。从广西寒露风平均开始期与各月北美雪盖相关来看,与当年5月北美雪盖相关显著并选入因子集中(x5:当年5月北美雪盖,x6:当年5月北美雪盖(不包括格陵兰岛))。

3.5 广西寒露风与北半球雪盖的相关分析

统计广西寒露风开始期与前期各月北半球雪盖的相关系数(图略),从结果来看,桂北山区寒露风开始期与前一年3月北半球雪盖为反相关,通过了水平为5%的显著性检验;广西其余地区寒露风开始期与各月北半球雪盖相关不明显。从广西寒露风平均开始期与各月北半球雪盖相关来看,与当年5月北半球雪盖相关显著并选入因子集中(x7:当年5月北半球雪盖)。

3.6 广西寒露风与赤道太平洋海温的相关分析

统计广西寒露风开始期与前期各月赤道太平洋各海区海温指数的相关系数(图略),从结果来看,大部地区寒露风开始期跟与前期各月NINO 1.2区(秘鲁沿海)、NINO 3.4区(中太平洋)、NINO 3区(东太平洋)、NINO 4区(西太平洋)的相关关系很弱,通不过显著性检验。

3.7 广西寒露风与各指数的相关

通过统计1952-2008年广西寒露风开始期与国家气候中心74项、CPC的60项指数的相关,得到相关显著的因子(如表1)。

表1 寒露风开始期与各指数相关系数

因子	相关系数
X8 前一年10月亚洲区极涡面积指数(1区,60E-150E)	-0.37
X9 前一年9月北半球极涡面积指数(5区,0-360)	-0.40
X10 当年3月东亚槽强度(CQ)	0.37
X11 当年4月 East Atlantic Pattern (EA)	0.45
X12 当年1月 Polar/ Eurasia Pattern (POL)	-0.38
X13 前一年12月 ninoa	0.37
X14 前一年12月黑潮区海温	0.39
X15 当年1月黑潮区海温	0.36
X16 前一年3月热带印度洋海温偶极子(TIOD)	0.43

4 寒露风预报试验和对比分析

以下根据广西各站寒露风与两极海冰、陆地雪盖、太平洋海温指数、各项指数等相关情况,筛选出各站相关最好的因子,利用逐步回归和粒子群神经网络方法建立广西寒露风开始期预报方程。

4.1 寒露风开始期预测方程

4.1.1 逐步回归预报

在建立预报方程中,因子过多时会使计算量增大,计算时间过长,如何控制方程的因子数呢?我们在逐步回归方程中采用不同的F值来选因子,分别以F=2,F=4,F=6三种不同F值建立寒露风开始期的逐步回归预报方程:

$$y=19.35+0.07x_3-2.93x_5+9.43x_9-2.79x_{11}$$

(F=2,σ=4.1,R=0.85) (6)

$$y=31.43-2.77x_5+9.89x_9-3.18x_{11}$$

(F=4,σ=4.27,R=0.83) (7)

$$y=1.66-4.05x_5+8.54x_9$$

(F=6,σ=4.63,R=0.79) (8)

式中,σ表示剩余标准差,R表示复相关系数。

上述3个预报方程建模样本长度均为29,不同F值所引入的因子数分别为4个、3个和2个。从逐步回归计算结果来看,随着F值增大引入的因子数量减少。利用预报方程对2009–2013年5个独立样本做广西寒露风开始期预报试验。从预报结果来看,

当F值越大时,预报误差越大,预报误差在6–14天之间。F=2时,逐步回归预测误差最小;从近5年利用F=2的预测方程计算结果来看,绝对误差平均为8天,相对误差为20%,预测和实况同号率为80%。

4.1.2 模糊神经网络预报

利用上一节逐步回归计算得到的因子建立3个神经网络预报模型。各预报模型的建模样本个数为29,粒子位置上限为5(下限为–5),隐节点为输入节点倍数上限为7(下限为0.3),学习因子为0.5,训练次数为2000,总体误差为0.01。利用预报模型对2009–2013年5个独立样本进行预报检验,从预报结果来看开始期的绝对误差在6–10天之间;误差均随着F值增大(因子数减少)而增大,其中F=2时预测误差最小;从近5年利用F=2的逐步回归计算出来的因子来做粒子神经网络预测,绝对误差平均为6天,相对误差为16%,预测和实况同号率为80%(如表2所示)。

4.1.3 两种预报模型的对比分析

从逐步回归方法和神经网络预报两种方法的预报结果对比来,三个不同因子数建立的预报模型预报误差均略有下降,其中当因子数为4时神经网络预报的绝对和相对误差下降幅度最大,预测的绝对误差比逐步回归方程小2天、相对误差小4%,预测准确率提高明显。

表2 逐步回归法与模糊神经网络预测模型的寒露风开始期预报误差对比分析

年份	实况	逐步回归法			模糊神经网络方法		
		预测值 (日)	绝对误差 /(日)	相对误差 /(%)	预测值 /(日)	绝对误差 /(日)	相对误差 /(%)
2009	51	42	9	18	41	10	20
2010	47	49	–2	4	48	–1	2
2011	29	43	–14	48	41	–12	41
2012	44	51	–7	16	49	–5	11
2013	40	46	–6	15	43	–3	8
平均	42	46	8	20	44	6	16

5 结论

本文通过分析寒露风的气候变化特征,计算寒露风与海温、海冰、陆地雪盖、各指数的相关关系,选出数个相关显著的因子,建立广西寒露风预测方程,并得到以下结论:

(1) 寒露风开始期与前一年9–10月北极海冰面积、当年3月南极海冰面积、前一年6月欧亚雪盖、当年5月北美雪盖、北半球雪盖的相关显著。

(2) 广西寒露风开始期与前一年9月北半球极涡面积指数、前一年10月亚洲区极涡面积指数、前一年3月热带印度洋海温偶极子 (下转第30页)

等指数相关显著。

(3) 粒子群-神经网络方法预测误差低于逐步回归方法,预报能力有明显提高。

参考文献:

- [1] 蒙远文, 蒋伯仁, 韦相轩, 等. 广西天气及其预报 [M]. 气象出版社, 1989.
- [2] 覃武. 桂西北寒露风偏早和偏晚的原因分析 [J]. 广西气象, 1989, 10 (2): 33-34.
- [3] 李艳兰, 苏志, 涂方旭. 广西秋季寒露风的气候变化分析 [J]. 广西气象, 2000, 21 (S): 55-57.
- [4] 韩礼应. 河池地区寒露风趋势与当年 4 月份 500hPa 极涡的关系 [J]. 广西气象, 1990, 11 (2): 27-29.
- [5] 肖富明. 广西寒露风气候趋势预测概念模型 [J]. 广西气象, 2000, 21 (S): 36-40.
- [6] 黄仁立. 用因子权重集成法作寒露风长期预报 [J]. 广西气象, 1992, 13 (2): 48-49.
- [7] 龙国夏, 李桂峰. 寒露风长期预报方法的探讨 [J]. 中国农业气象, 1988, 10 (4): 35-39.
- [8] 何慧. 南宁地区寒露风趋势的长期预报 [J]. 广西气象, 1996, 17 (3): 12-13.
- [9] 欧坚莲. 用多次回归方法做寒露风初日长期预报 [J]. 广西气象, 1996, 17 (3): 13-14.
- [10] 安晓明. 用因子搭配法作寒露风长期预报 [J]. 广西气象, 1993, 14 (2): 26-27.
- [11] 黎金水. 用双重分析方法作寒露风初日长期预报 [J]. 广西气象, 1990, 11 (1): 35-37.
- [12] 甘一忠. 带周期分析因素的逐步回归方法在寒露风天气预报中的应用 [J]. 广西气象, 1997, 18 (4): 20-22.
- [13] 金龙, 陈宁, 林振山. 基于人工神经网络的集成预报方法研究和比较 [J]. 气象学报, 1999, 57 (2): 198-207.
- [14] 吴建生, 金龙, 汪灵枝. 遗传算法进化设计神经网络气象预报建模研究 [J]. 热带气象学报, 2006, 22 (4): 411-416.
- [15] 金龙, 罗莹, 王业宏, 等. 月降水量的神经网络混合预报模型研究 [J]. 高原气象, 2003, 22(6): 618-623.
- [16] Kennedy J, Eberhart R C. Particle Swarm Optimization [A]. In: Proc IEEE International Conference on Neural Networks [C]. IV Piscataway, NJ: IEEE Service Center, 1995, 1942-1948.
- [17] 吴建生, 刘丽萍, 金龙. 粒子群-神经网络集成学习算法气象预报建模研究 [J]. 热带气象学报, 2008, 24 (6): 679-686.