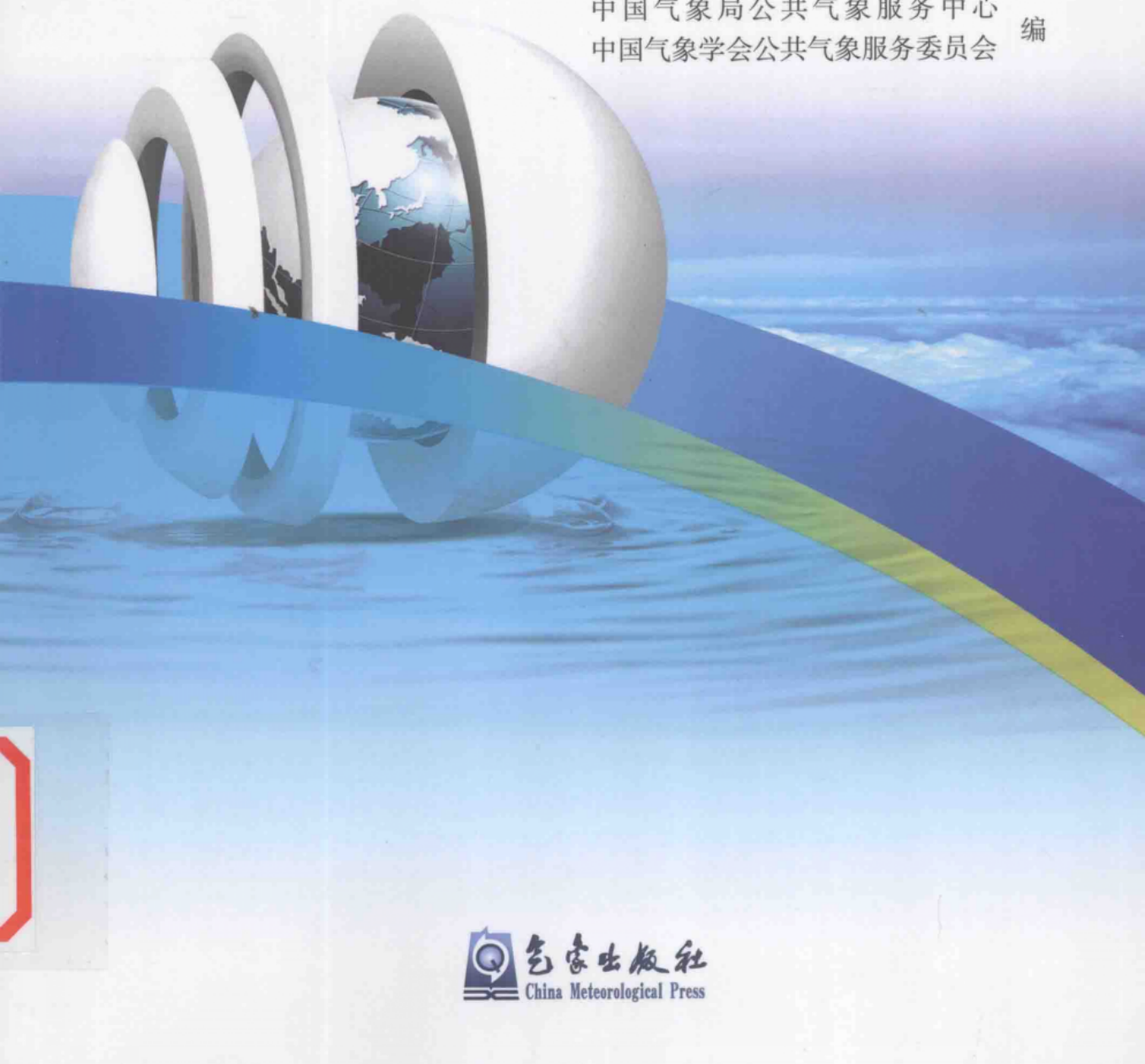


公共气象 服务研究进展

◎

中国气象局公共气象服务中心 编
中国气象学会公共气象服务委员会



公共气象服务研究进展

中国气象局公共气象服务中心 编
中国气象学会公共气象服务委员会

内 容 简 介

本书汇集了第31届中国气象学会年会分会场“第四届气象服务发展论坛”的报告和论文,涵盖了气象服务理论和技术方法研究、公众气象服务技术与应用、行业专业气象预报服务技术与应用、气象灾害区划与影响评估、气象服务分析评价方法、典型气象服务案例分析等领域的研究方法和研究成果、结合新媒体技术开展公众气象服务的方法,展示了各级气象及相关部门专业气象预报业务和公共气象服务发展取得的成绩。可供从事公共气象服务和气象防灾减灾业务的管理和研究人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

公共气象服务研究进展 / 中国气象局公共气象服务中心, 中国气象学会公共气象服务委员会编. —北京:气象出版社, 2016. 2
ISBN 978-7-5029-6302-6

I. ①公… II. ①中… ②中… III. ①气象服务—文集
IV. ①P451-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 305244 号

Gonggong Qixiang Fuwu Yanjiu Jinzhan

公共气象服务研究进展

中国气象局公共气象服务中心 编
中国气象学会公共气象服务委员会

出版发行:气象出版社

地 址:北京市海淀区中关村南大街 46 号

总 编 室:010-68407112

网 址: <http://www.cmp.cma.gov.cn>

责任编辑:张锐锐 孔思瑛

封面设计:博雅思企划

印 刷:北京京华虎彩印刷有限公司

开 本:787 mm×1092 mm 1/16

字 数:390 千字

版 次:2016 年 2 月第 1 版

定 价:80.00 元

邮政编码:100081

发 行 部:010-68409198

E-mail: qxcbs@cma.gov.cn

终 审:汪勤模

责任技编:赵相宁

印 张:15.25

印 次:2016 年 2 月第 1 次印刷

《公共气象服务研究进展》编委会

主 编：孙 健

副主编：毛恒青 潘进军 梁家志

编 委：刘颖杰 赵鲁强 刘 茜 包红军

前 言

2014年11月3—5日,以“创新气象科技,面向未来地球”为主题的中国气象学会第31届年会在北京市召开。为更好地顺应时代对气象服务的新要求,促进气象领域的技术交流,同时进一步推动专业气象服务为防灾减灾和经济建设服务,中国气象学会公共气象服务委员会、中国气象学会中国水文学会水文气象学委员会,以及两个学科委员会依托单位中国气象局公共气象服务中心和水利部水文局联合承办了S10分会场暨第四届气象服务发展论坛,主题为“提高水文气象防灾减灾水平,推动气象服务社会化发展”。

论坛共收到气象服务理论和技术方法研究、公众气象服务技术与应用、行业专业气象预报服务技术与应用、气象灾害预警系统研究、气象服务分析评价技术、典型气象服务案例分析等领域论文210篇。经专家审定,论坛选择口头学术报告36篇、墙报32篇,同时特邀10位水文气象、公共气象服务领域的知名专家学者做会议主题报告。论坛涵盖了气象服务理论和技术方法研究、公众气象服务技术与应用(网络、手机、电视等)、气象服务分析评价技术、气象灾害预警系统研究、行业专业气象预报服务技术与应用(水文地质、交通、能源、旅游)等方面的最新研究方法和技术,展示了专业气象预报业务和公共气象服务发展取得的成果,为各级气象部门探寻相关业务发展提出了新思路,为科研院所开展理论技术方法研究指出了新方向。

为全面反映此次论坛的成果,进一步推进公众、专业气象预报预警服务水平的提高,我们组织、编辑、出版了论坛文集,全书择优收录论文32篇。希望能为从事公共气象服务和专业气象服务的业务、管理和研究人员提供思考和借鉴。

编者

2015年4月

目 录

前言

SW 物候模型在北京樱花始花期预测中的应用	张爱英 张建华 郭文利 等(1)
基于 SEM 的江苏省公共气象服务效益评估	王 云 李长顺 王琳佳(8)
中国气象服务体系多元参与机制现状分析	周蒙蒙 毛恒青 陈 钻(20)
论新媒体时代气象网络新闻标题的写作技巧	张晓霞 王灵玲 王 华 等(28)
石化基地雷电灾害区域风险评估方法与应用	林溪猛 陈艺宏 卢辉麟(33)
基于专业(决策)用户气象服务的智能终端	段项锁 支 星 李 科 等(47)
微博在短临天气预报服务中的作用浅析	陈申鹏 徐文文(57)
公众气象服务经济效益评估方法的比较——以 2010 年全国调查为例	 张晓美 吕明辉(62)
北京旅游业多元发展背景下的气象服务需求	尹焰寅 张爱英 刘 茜(71)
省级公共气象服务多元参与机制构建研究	范永玲 李韬光 赵国庆 等(79)
SmartKit 广东本地化应用技巧	罗曼宁(85)
广东天气微产品入汛服务效果分析	陈珏煜 郭 鹏 黄俊生(92)
衡阳山洪地质灾害气象预警系统的研发与应用	韩 波 成少丽 丁国俊 等(98)
基于 Android 的辽宁移动决策气象服务系统设计与实现	 李 岚 齐 昕 林 毅 等(105)
金坛地区葡萄产量与气象要素关系的研究	林 磊 黄玲玲 丁文文 等(114)
实时气象服务技术应用新进展	张 斌(121)
松江区农业气象服务效益评估分析	王 超 信 飞 戴蔚明 等(130)
张家口作物生长季气候资源变化及特色农业	孙跃飞 吴伟光 顾润香 等(140)
气象灾害风险预警服务评估及减灾对策	陈 浩 刘颖杰 王丽娟(148)
自然灾害灾情调查及评估方法研究进展	李 闯(151)
气候科学素养初探	孙 楠(155)
GRAPES 水文模式的一次模拟试验	王莉莉(159)

国家级中小河流洪水气象风险预警客观模型及业务应用	包红军(167)
极端强降水对公路交通的影响分析以及思考	田 华 王 志 陈 辉 等(174)
基于数字地球的公路交通气象灾害监测预警服务系统及应用	 杨 静 段 丽 吴 昊(178)
台站周边典型建筑对日照时数的影响分析——以吐鲁番气象站为例	 叶 冬 申彦波 杜 江 等(188)
乌江流域“2014.0714—0716”特大暴雨天气过程分析.....	张晓鑫 赵鲁强 毛恒青 等(200)
多普勒天气雷达在航空气象服务中的应用	李 岫 李琮琮 靳 鹏 等(207)
基于用户来源信息的中国天气网全局负载调整方法	李雁鹏(214)
电视公共气象服务基于互联网应用的思考	卞 贇 朱雷磊(223)
浅谈如何做好电视农业气象服务	李 艳 坑喜兰(230)
中国气象频道节目改进之我见	于 群 张 俊(234)

SW 物候模型在北京樱花始花期预测中的应用

张爱英¹ 张建华¹ 郭文利¹ 王焕炯^{2,3} 高迎新⁴

(1. 北京市气象服务中心, 北京 100089; 2. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101;

3. 中国科学院大学, 北京 100049; 4. 北京气象学会, 北京 100089)

摘要: 观赏植物开花期的预测成为近年来备受关注的焦点问题。准确地预测樱花开花期不仅为公园管理部门安排举办樱花节的时间提供必要的理论依据, 同时也为公众选择观赏樱花的时间提供参考, 具有重要意义。本文应用 SW 物候模型, 在前期气温观测资料以及逐日气温滚动预报的基础上, 进行了 2014 年北京玉渊潭公园杭州早樱始花期的预测试验。试验结果表明: 应用 SW 模型预测 2014 年杭州早樱的始花期, 提前 10 d 预测的结果(始花期为 3 月 27 日)和自然条件下的实况值偏差为 3~4 d, 提前一周左右预测的结果(始花期为 3 月 25 日)和自然条件下的实况值, 偏差为 1~2 d。本文进一步验证了 SW 物候模型在观赏植物观赏期预测方面的适用性较高, 可进行更广泛的业务试用。

关键词: SW 物候模型; 杭州早樱; 始花期; 预测

引言

北京玉渊潭公园举办的樱花节每年都吸引着数不胜数的国内外游客, 樱花观赏成为北京春季旅游的主打品牌之一, 樱花开花期的预测也成为近年来备受关注的焦点问题, 准确地预测樱花开花期不仅为公园管理部门安排举办樱花节的时间提供必要的理论依据, 同时也为公众的出游安排提供必要的指导, 具有重要意义。

植物物候期的变化与气象条件关系密切^[1~6]。以往研究证明, 在影响植物物候期的各个气象要素中, 气温起决定性和关键性的作用^[1,2,4~7], 国内一些学者通过分析植物物候与前期气温之间的关系建立统计预测模型来预测植物的物候期^[3,8~10]。但这些建立在气温基础上的统计预测模型还存在一定问题, 主要表现在没有把统计模型和植物生长发育的机理结合起来^[12]。物候模型指基于植物对环境因子的响应机理而建立的可模拟植物生长发育的数学模型^[13,14], 国内外学者已经建立了多种类型的物候模型^[15~24], 截至目前, 物候模型已被用于重建过去气候变化^[25~27]、预测树种分布范围变化^[28]、预测 21 世纪的物候变化^[29~31]、植物灾害风险评估^[32]以及农业生产^[33,34]等领域。但总体来看, 物候模型在观赏植物物候期预测方面的应用还比较少^[35]。张爱英等^[12]分别应用国际通用的 3 种物候模型(SW 模型、UniChill 模型和统计模型)对北京地区部分观赏植物的始花期和盛花期进行了建模, 证明 SW 模型在北京地区观赏植物始花期预测中的适用性最高, 并推荐 SW 模型应用于观赏植物始花期预测。

本文应用 SW 模型, 对北京玉渊潭公园杭州早樱 2014 年始花期进行了预测试验, 取得了

较好的效果,较成功地预测了2014年北京玉渊潭公园杭州早樱的始花期,为公园管理处安排举办樱花节的时间提供了科学参考依据。

1 资料

本文所用的物候资料为北京地区玉渊潭公园的杭州早樱(*Prunus discoidea*)、1998—2012年始花期物候观测资料。根据“中国物候观测网”的观测标准,始花期定义为观测植株上开始出现第一个完全开放的花朵的日期。本文所用气象资料有两部分:一部分是来源于北京市气象信息中心的海淀气象站的1981—2012年(1月1日至5月1日)多年逐日平均气温资料序列,另一部分是预测日到始花期的海淀气象站逐日平均气温滚动预报(这部分资料由北京市气象服务中心专业人员进行会商并预测后提供)。所有资料均进行了严格的质量控制。

2 方法

2.1 SW 模型简介

本文采用文献[12]推荐的SW物候模型来进行北京玉渊潭公园杭州早樱始花期的预测,SW模型基于积温理论发展而来^[20,23],是最简单的物候模型之一,包括3个参数: t_0 、 T_b 和 F^* ,单位 $^{\circ}\text{C}$ 。其公式如(1)和(2)所示:

$$\sum_{t=t_0}^y R_f(x_t) \geq F^* \quad (1)$$

$$R_f(x_t) = \begin{cases} 0 & x < T_b \\ x - T_b & x \geq T_b \end{cases} \quad (2)$$

其中, y 是预测的植物物候期(日序), x_t 是第 t 天的日平均气温; $R_f(x_t)$ 是高于某一界限温度值的温度, T_b 是界限温度。祝廷成^[36]等指出一般植物在 $0 \sim 35^{\circ}\text{C}$ 的温度范围内,随温度上升,生长速度加快,随温度降低,生长速度减慢,即 T_b 一般在 $0 \sim 35^{\circ}\text{C}$ 之间。 t_0 是积温开始累积的时间,通常以日序来表示,例如, t_0 为28是指当年的1月28日, t_0 为32是指当年的2月1日。 F^* 指完成发育所需的积温阈值。

2.2 SW 模型中参数的估计和效果检验

采用北京地区玉渊潭公园的杭州早樱1998—2012年始花期物候观测资料和海淀气象站的1981—2012年1月1日至5月1日逐日平均气温资料序列,来进行公式(1)和(2)中各项模型参数值的估计。模型参数值估计采用最小二乘法原则,用公式表示为:

$$f(x) = \sum_i [r_i(x)]^2 \quad (3)$$

其中 x 代表参数空间, $r_i(x) = d_i(x) - d_{iobs}$, $d_i(x)$ 和 d_{iobs} 分别代表第 i 个样本用参数空间 x 确定的模型预测日期和观测日期。使 $f(x)$ 最小的模型参数组合即为最优的参数组合。在SW模型中,参数求解问题变成了一个非线性最小二乘问题,本文采取模拟退火算法(Simulated Annealing)实现最优参数的估计^[37]。模拟效果检验采用内部检验和外部检验结合的方式进行,模拟效果优劣的判据为方差解释量 R^2 和均方根误差(RMSE),具体方法及计算过程详

见文献[12]。模拟出的各项参数值以及内部检验和外部检验的 R^2 和均方根误差列于表 1。由文献[12]研究结果可见, SW 模型在模拟杭州早樱始花期方面, 精度较高, 预报准确率为 93.75%。

表 1 SW 模型模拟杭州早樱始花期的模型参数及其检验结果

模型参数			内部检验		交叉检验	
t_0 (日序)	T_b	F^*	RMSE	R^2	RMSE	R^2
1	3.0	131.7	1.59	0.94*	2.35	0.88*

* 表示通过 99.9% 的显著性水平

2.3 2014 年杭州早樱始花期预测

从杭州早樱 1998—2013 年始花期物候年际变化曲线(图 1)分析, 最早始花期为 3 月 14 日, 出现在 2002 年, 最晚始花期为 4 月 8 日, 出现在 2010 年。常年平均始花期为 3 月 27 日。因为至少提前 10 d 进行预测才能收到较好的预测效果, 本文从 2014 年 3 月 4 日开始预测试验, 之后根据天气和气温预测的变化进行滚动预测, 以进一步跟进修正预测结果。具体做法为: 将表 1 所示各项参数带入公式(1)和(2), 从 $t_0 = 1$ (2014 年 1 月 1 日) 开始, 计算每天的 $R_f(x_t)$ 值, 如果当天日平均气温 x_t 高于 T_b (3°C), 则 $R_f(x_t) = x_t - 3^\circ\text{C}$; 否则, $R_f(x_t) = 0$ 。然后将 $R_f(x_t)$ 逐项进行叠加, 当结果满足公式(1)时, 即 $R_f(x_t)$ 逐项的和达到或超过 F^* (131.7°C) 时的当天, 杭州早樱即进入始花期。

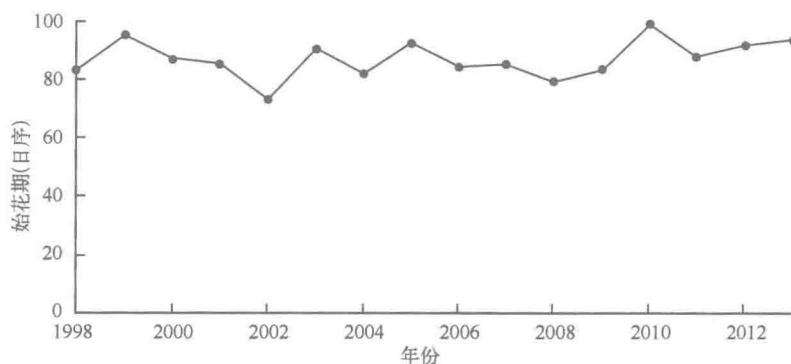


图 1 北京玉渊潭公园杭州早樱 1998—2013 年始花期变化

3 结果分析

3.1 始花期预测结果

由海淀自动气象站的逐日平均气温实况值统计, 2014 年 1 月 1 日至 3 月 3 日期间积温为 11°C , 2014 年 1 月 1 日至 3 月 9 日期间积温为 15.8°C , 2014 年 1 月 1 日至 3 月 13 日期间积温为 25.7°C , 2014 年 1 月 1 日至 3 月 17 日期间积温为 61°C , 因此, 积温能达到或超过 F^* (131.7°C) 取决于预测日之后的逐日平均气温的预报结果。将预测日分别为 2014 年 3 月 4

日、2014年3月10日、2014年3月14日、2014年3月18日的预测结果列于表2和表3。从表2可以看出,3月4日预测的3月14日积温值为 40°C ,3月10日滚动预测的3月20日积温值为 91.8°C ,距离 F^* (131.7°C)还尚需时日。继续滚动订正预测结果,从表3可以看出,3月14日预测的结果为:大约3月27日左右,积温值为 130.7°C ,基本达到 F^* (131.7°C),因此,预测3月27日左右北京玉渊潭公园的杭州早樱将进入始花期。随着逐渐接近始花期,进一步滚动订正预测结果,从表3中3月18日的预测结果可以看出,3月24—25日前后,积温将达到 F^* (131.7°C),玉渊潭公园的杭州早樱将进入始花期。

表2 3月4日和3月10日预测的未来10 d日平均气温 x_t 和积温

3月4日预测结果				3月10日预测结果			
日期	$x_t(^{\circ}\text{C})$	$R_f(x_t)(^{\circ}\text{C})$	积温($^{\circ}\text{C}$)	日期	$x_t(^{\circ}\text{C})$	$R_f(x_t)(^{\circ}\text{C})$	积温($^{\circ}\text{C}$)
3月4日	4	1	12	3月10日	4	1	16.8
3月5日	4	1	13	3月11日	10	7	23.8
3月6日	3	0	13	3月12日	10	7	30.8
3月7日	3	0	13	3月13日	11	8	38.8
3月8日	4	1	14	3月14日	10	7	45.8
3月9日	5	2	16	3月15日	13	10	55.8
3月10日	4	1	17	3月16日	11	8	63.8
3月11日	9	6	23	3月17日	11	8	71.8
3月12日	10	7	30	3月18日	11	8	79.8
3月13日	7	4	34	3月19日	9	6	85.8
3月14日	9	6	40	3月20日	9	6	91.8

表3 3月14日和3月18日预测的未来10 d左右日平均气温 x_t 和积温

3月14日预测结果				3月18日预测结果			
日期	$x_t(^{\circ}\text{C})$	$R_f(x_t)(^{\circ}\text{C})$	积温($^{\circ}\text{C}$)	日期	$x_t(^{\circ}\text{C})$	$R_f(x_t)(^{\circ}\text{C})$	积温($^{\circ}\text{C}$)
3月14日	9	6	31.7	3月18日	12	9	70
3月15日	12	9	40.7	3月19日	9	6	76
3月16日	10	7	47.7	3月20日	10	7	83
3月17日	10	7	54.7	3月21日	11	8	91
3月18日	10	7	61.7	3月22日	13	10	101
3月19日	8	5	66.7	3月23日	13	10	111
3月20日	8	5	71.7	3月24日	14	11	122
3月21日	10	7	78.7	3月25日	14	11	133
3月22日	10	7	85.7	3月26日	14	11	144
3月23日	10	7	92.7	3月27日	12	9	153
3月24日	11	8	100.7				
3月25日	12	9	109.7				
3月26日	13	10	119.7				
3月27日	14	11	130.7				

3.2 始花期预测结果的分析

实际情况是,2014 年玉渊潭杭州早樱开第一朵花(始花期)的时间为 3 月 22 日,但这个结果是在玉渊潭公园管理部门为杭州早樱采取了保温措施的条件造成的。若剔除人为影响因素,自然情况下杭州早樱开第一朵花的日期要晚 1~2 d,即 3 月 23—24 日左右。据北京市气象服务中心观测服务人员现场观测,在自然条件下没有采取措施的其他杭州早樱树也在 3 月 23—24 日相继开花了。因此,在不考虑人为影响因素的情况下,提前 10 d 预测的结果(3 月 27 日)和实况值的偏差为 3~4 d,而提前一周左右预测的结果(3 月 25 日)和实况值的偏差为 1~2 d。

预测结果和实况存在偏差的关键原因是始花期前 10 d 日平均气温的预报与实际的日平均气温值存在一定偏差。气温预报偏差存在的原因之一是预测的时效越短(预测日越接近始花期),日平均气温预测的准确率越高,所以提前一周预测的准确率要高于提前 10 d 预测的准确率。气温预报偏差存在的另一原因是对 2014 年 3 月 20—23 日气温的大幅度升高估计不足。将 3 月 18 日预报的未来 10 d 日平均气温和实况值进行对比(见表 4 和图 2)后可知,2014 年 3 月 20—23 日预报平均气温和实况值的偏差较前期有所增大。如果剔除气温预报准确率的问题(以 3 月 19—25 日的日平均气温实况值代替预报值),预测的杭州早樱始花期在 3 月 24 日,和实况值基本吻合。在未来 10 d 日平均气温准确预报的基础上,用 SW 模型较成功地预测 2014 年杭州早樱的始花期,预测日期与实况值基本吻合,预测误差为 0~1 d。

表 4 3 月 18 日预报的未来 10 d 日平均气温和实况值的对比

日期(月·日)	3.18	3.19	3.20	3.21	3.22	3.23	3.24	3.25	3.26	3.27
预报值(℃)	12	9	10	11	13	13	14	14	14	12
实况值(℃)	12.2	8.8	12.3	15	15.6	13.2	13.5	15.5	16.6	13.9

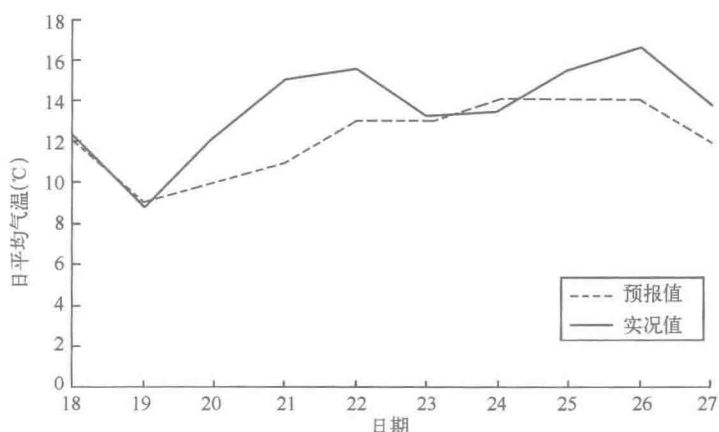


图 2 3 月 18 日预报的未来 10 d 日平均气温和实况值序列对比

4 结论与讨论

本文采用文献[12]推荐的 SW 物候模型,在前期气温观测资料以及逐日气温滚动预报的基础上,进行了 2014 年北京玉渊潭公园杭州早樱始花期的预测,收到了较好的效果。试验结

果表明:应用 SW 模型预测 2014 年杭州早樱的始花期,提前 10 d 预测的结果(始花期为 3 月 27 日)和自然条件下的实况值偏差为 3~4 d,而提前一周左右预测的结果(始花期为 3 月 25 日)和自然条件下的实况值偏差为 1~2 d。而临近 10 d 的日平均气温预报的误差是造成杭州早樱始花期预测结果和实况存在 1~2 d 偏差的主要原因,提高临近 10 d 日平均气温预报的准确率仍是我们要做的关键工作。

从杭州早樱 1998—2013 年始花期物候年际变化情况来看,最早始花期为 3 月 14 日,出现在 2002 年,最晚始花期为 4 月 8 日,出现在 2010 年,这个特征和郑景云等^[38]关于 2002 年北京春季异常偏暖的研究结论以及贾小龙等^[39]关于 2010 年华北发生冬春持续低温的结论是一致的。而 2014 年的始花期(3 月 23—24 日)较常年(3 月 27 日)明显偏早,也与 2014 年 3 月 14 日至 3 月 24 日气温快速上升,比常年同期明显偏高(偏高 4~5℃)的结果是相符的。

在本文研究成果的基础上,北京市气象服务中心在 2014 年 3 月中旬就向北京玉渊潭公园提供樱花始花期气象服务专报,较成功地预测了 2014 年北京玉渊潭公园杭州早樱的始花期,为公园管理处安排举办樱花节的时间提供了科学的参考依据,得到了玉渊潭公园管理处的认可和好评,收到了较好的社会效益。

本文佐证了文献[12]的观点,SW 模型在北京玉渊潭公园樱花始花期预测方面的适用性较高,但鉴于目前用于模型检验的样本还不多,本文的研究结果还不够全面,将来可随着样本的增多进行更深入的检验和业务试用。

参考文献

- [1] 竺可桢. 中国近 5000 年来气候变迁的初步研究[J]. 中国科学, 1973, 3(2): 168-189.
- [2] 张福春. 北京春季的树木物候与气象因子的统计学分析[J]. 地理研究, 1983, 2(2): 55-64.
- [3] 尹志聪, 袁东敏, 丁德平, 等. 香山红叶变色日气象统计预测模型研究[J]. 气象, 2014, 40(2): 229-233.
- [4] 祁如英, 王启兰, 申红艳. 青海草本植物物候期变化与气象条件影响分析[J]. 气象科技, 2006, 34(3): 306-310.
- [5] 黄珍珠, 李春梅. 气候增暖对广东省植物物候变化的影响[J]. 气象科技, 2007, 35(3): 400-403.
- [6] 吕景华, 白静, 苏利军, 等. 气候变暖对呼和浩特地区自然物候的影响[J]. 气象科技, 2012, 40(2): 299-303.
- [7] Lechowicz M J. Seasonality of flowering and fruiting in temperate forest trees[J]. *Can J Bot*, 1995, 73: 175-182.
- [8] 刘流, 甘一忠. 桃花迟早年型的冬季气候特点及花期预测[J]. 气象, 2006, 32(1): 113-116.
- [9] 韩亚东, 于长文, 刘雪峰. 京桃春季物候期与气温之间的关系[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(15): 4517-4518.
- [10] 陈正洪, 肖玫, 陈璇. 樱花花期变化特征及其与冬季气温变化的关系[J]. 生态学报, 2008, 28(11): 5209-5217.
- [11] 张菲, 邢小霞, 李仁杰. 利用地温构建菏泽牡丹花期预测模型[J]. 中国农业气象, 2008, 29(1): 87-89.
- [12] 张爱英, 王焕炯, 戴君虎, 等. 物候模型在北京旅游观赏植物开花期预测中的适用性分析[J]. 应用气象学报, 2014, 25(4): 483-492.
- [13] 李荣平, 周广胜, 阎巧玲. 植物物候模型研究. 中国农业气象[J], 2005, 26(4): 210-214.
- [14] 裴顺祥, 郭泉水, 辛学兵, 等. 国外植物物候对气候变化响应的研究进展. 世界林业研究, 2009, 22(6): 31-37.
- [15] Sarvas R. 1974. Investigation on the annual cycle of development of forest trees. Autumn dormancy and winter dormancy[J]. *Commun. inst. For. Fenn*, 84: 10.
- [16] Cannell M G R, Smith R I. Thermal time, chill days and prediction of budburst in *Picea sitchensis*[J].

- Journal of Applied Ecology*. 1983, **20**(1):951-963.
- [17] Chuine I, Cour P, Rousseau D D. Fitting models predicting dates of flowering of temperate-zone trees using simulated annealing[J]. *Plant, Cell & Environment*. 1998, **21**(5):455-466.
- [18] Chuine, Cour P, Rousseau D D. Selecting models to predict the timing of flowering of temperature trees implications for tree phenology modelling[J]. *Plant, Cell & Environment*. 1999, **22**(1):1-13.
- [19] Chuine I A unified model for budburst of trees[J]. *Journal of Theoretical Biology*. 2000, **207**(3):337-347.
- [20] Hunter A F, Lechowicz M J Predicting the timing of budburst in temperate trees[J]. *Journal of Applied Ecology*. 1992, **29**(3):597-604.
- [21] Landsberg J J. Apple fruit bud development and growth: analysis and empirical model[J]. *Ann. Bot.* 1974, **38**:1013-1023.
- [22] Murray MB, Cannell MGR, Smith RI. Date of budburst of fifteen tree species in Britain following climatic warming[J]. *J. Appl. Ecol.*, 1989, **26**:693-700.
- [23] Cannell M G, Smith R I Thermaltime, chilling days and prediction of budburst in *Picea sitchensis*[J]. *Journal of Applied Ecology*, 1983, **20**(3):951-963.
- [24] Hunter A F, Lechowicz M J Predicting the timing of budburst in temperate trees[J]. *J Appl Ecol*, 1992, **2**:597-604.
- [25] 王焕炯, 戴君虎, 葛全胜. 1952—2007 年中国白蜡树春季物候时空变化分析[J]. *中国科学: 地球科学*, 2012, **42**(5):701-710.
- [26] Chuine I, Yiou P, Viovy N, et al. Historical phenology: Grape ripening as a past climate indicator[J]. *Nature*, 2004, 432: 289.
- [27] 宋富强, 张一平. 动态物候模型发展及其在全球变化研究中的应用[J]. *生态学杂志*, 2007, **26**(1):115-120.
- [28] Morin X, Viner D, Chuine I. Tree species range shifts at a continental scale: New predictive insights from a process-based model[J]. *J Ecol*, 2008, **96**:784-794.
- [29] Morin X, Lechowicz M J, Augspurger C, et al. Leaf phenology in 22 North American tree species during the 21st century[J]. *Global Change Biol*, 2009, **15**:961-975.
- [30] Ge Q, Wang, H, Dai J*. Simulating changes in the leaf unfolding time of 20 plant species in China over the 21st century[J]. *International Journal of Biometeorology*, 2013, DOI: 10.1007/s00484-013-0679-2.
- [31] Spieksma F T M, Emberlin J C, Hjelmroos M, et al. Atmospheric birch (*Betula*) pollen in Europe: trends and fluctuations in annual quantities and the starting dates of the seasons[J]. *Grana*. 1995, **34**(1):51-57.
- [32] 戴君虎, 王焕炯, 葛全胜. 近 50 年中国温带季风区植物花期霜冻风险变化[J]. *地理学报*, 2013, **68**(5):593-601.
- [33] 李荣平, 周广胜, 王笑影, 等. 不同物候模型对东北地区作物发育期模拟对比分析[J]. *气象与环境学报*, 2012, **28**(3):25-30.
- [34] 张谷丰, 孙雪梅, 张志春, 等. 物候模型预测稻纵卷叶螟发生期的应用研究[J]. *福建农业学报*, 2013, **28**(2):148-153.
- [35] 谭美, 王四清. 观赏植物生长模拟模型研究进展[J]. *园艺学报*, 2010, **37**(9):1523-1530.
- [36] 祝廷成, 钟章成, 李建东. 植物生态学[M], 北京: 高等教育出版社, 1988.
- [37] Chuine I, Cour P, Rousseau D D. Fitting models predicting dates of flowering of temperate-zone trees using simulated annealing[J]. *Plant, Cell & Environment*. 1998, **21**(5):455-466.
- [38] 郑景云, 张福春. 2002 年: 北京 150 年来自然物候最为异常的年份[J]. *气象*, 2005, **31**(1):19-32.
- [39] 贾小龙, 陈丽娟, 龚振淞, 等. 2010 年海洋和大气环流异常对中国气候的影响[J]. *气象*, 2011, **37**(4):446-453.

基于 SEM 的江苏省公共气象服务效益评估

王 云¹ 李长顺² 王琳佳³

(1. 安徽省人工影响天气办公室,合肥 230061;2. 福建省气象服务中心,福州 350000;

3. 安徽省灵璧县气象局,宿州 234000)

摘 要:本文依据江苏省 13 个市 9000 份调查问卷所得到的数据,在提出江苏省公共气象服务效益理论模型与假设的基础上,构建了江苏省公共气象服务效益评估的结构方程模型,从显性效益和要素效益两方面对江苏省公共气象服务效益进行了评估。实证结果表明:天气预报的渠道关注度、内容关注度、预报准确度、预报满意度对公共气象服务效益都有着正向、直接的影响;其中,渠道关注度对江苏省公共气象服务效益的影响最大,预报准确度的影响最小,并在实证分析的基础上给出相应的结论和建议。

关键词:公共气象服务效益;评估;SEM;江苏省

引言

效益这一词在经济学中的意思,是指在社会经济活动中投入与产出的比较。气象服务效益是指气象服务活动中的资源耗费与其产生的有效效益之间的比较^[1]。随着社会、经济和科技的发展,气象服务对经济建设、社会发展和人民生活的影响日益显著,气象服务也从提供简单的气象信息服务,转变为产生经济效益的社会生产力,从而使得效益问题始终贯穿于气象服务的全过程^[2]。因此,对公共气象服务效益进行定量评估其共值意义重大。评估公共气象服务的效益不仅能够了解气象服务在经济发展中的重要地位,并能够为有针对性的提高公共气象服务质量、加快气象事业的发展。另外,对气象预报产品的使用者和政策制定者来说,气象服务的效益和价值会使他们更加关注气象的巨大经济价值^[3]。

对气象服务的效益进行评估是一项比较复杂的工作,目前国内常用的气象服务经济效益的评估方法主要包括自愿付费法、节省费用法、影子价格法。濮梅娟等^[4~9]根据经济学中费用效益分析的有关理论,应用自愿付费法、节省费用法、影子价格法,对公共气象服务效益进行定量评估。除了上述几种评估方法以外,也有学者利用条件价值评估法^[10],综合模糊评估法^[11]等方法进行气象服务效益评估。

在实际的工作中,很多经济、管理、社会、心理等领域涉及的变量都不能准确、直接地测量,如公共气象服务效益的评估,因此,需要一些可测变量去间接测量这一变量。传统的自愿付费法、节省费用法、影子价格法不能妥善处理这些变量,结构方程模型(SEM)则能够方便地处理这些问题,实现调查数据信息的充分挖掘,得到更多深入的结论。

近几年结构方程模型在各研究领域应用广泛,大部分学者集中对各研究对象进行影响因素分析。周钱,李一等^[12]构建了交通需求分析的结构方程模型,用于分析和模拟出行者特征、参与活动和交通行为之间的影响关系。吴静^[13]构建了测量浙江省城乡居民幸福感的结构方

程模型,探究影响居民幸福的主要因素,并用结构方程模型研究各因素内部及各因素相互之间的关系。黄德森、杨朝峰^[14]基于 219 家动漫企业的问卷调查数据,运用结构方程模型探讨影响动漫产业发展因素及各因素之间的关系。王桂芝、都娟等^[15]基于传统顾客满意度测评模型的核心概念和架构,结合气象服务特点,构建了气象服务公共满意度测评的结构方程模型。

上述研究成果均从不同角度引入结构方程模型,很好地处理了相关问题,得出许多更为客观的结论。然而,运用结构方程模型对公共气象服务效益进行研究的文献很少,特别是对江苏省的研究则更少。因此,运用结构方程模型从定量化的角度分析江苏省公共气象服务效益,为进一步完善公共气象服务效益的评估方法,改进公共气象服务工作,提高公共气象服务的水平和效益提供方法和决策依据。

1 结构方程模型概述

结构方程模型^[16]分为测量方程(measurement equation)和结构方程(structural equation)。

(1) 测量模型

测量模型说明潜变量和观测变量之间的关系,可写成如下的测量方程:

$$\begin{cases} X = \Lambda_x \xi + \delta, \\ Y = \Lambda_y \eta + \epsilon, \end{cases} \quad (1)$$

其中, X 为外生观察变量组成的向量, Y 为内生观察变量组成的向量, Λ_x 为外生观察变量与外生潜变量之间的关系,是外生观察变量在外生潜变量上的因子负荷矩阵, Λ_y 为内生观察变量与内生潜变量之间的关系,是内生观察变量在内生潜变量上的因子负荷矩阵。

(2) 结构模型

结构模型描述的是外生潜变量和内生潜变量之间的关系,可写成如下的结构方程:

$$\eta = B\eta + \Gamma\xi + \zeta \quad (2)$$

其中, η 为内生潜变量组成的向量, ξ 为外生潜变量组成的向量, B 为内生潜变量之间的关系系数, Γ 为外生潜变量对内生潜变量的影响系数, ζ 为结构方程的残差项,反映了 η 在方程中未能被解释的部分。我们称潜变量与潜变量之间的回归系数为路径系数,潜变量与显变量之间的回归系数为载荷系数。SEM 的建立与参数估计采用软件 AMOS17.0 完成。

2 江苏省公共气象服务效益评估的结构方程模型

公共气象服务是以气象知识为基础,应用气象服务的技术方法,有效避免或减轻气象灾害可能给用户带来的危害和损失,从而提高生产运行效益的途径、手段和过程。众所周知,社会公众都希望气象部门在提供公共气象服务中发挥着重要作用,比如:社会公众越来越关注气象部门在公共气象服务信息的发布能力、透明公开程度、内容关注程度、准确度和及时更新的能力,以满足自身的生产和生活需要,最大限度提高公共气象服务效益。

2.1 理论假设

根据前文对公共气象服务效益的简单介绍,并结合江苏省实际情况,本文提出了江苏省公共气象服务效益的 4 大影响因素:天气预报的渠道关注度、天气预报内容关注度、天气预报的

准确性、公共气象服务的满意度。由此根据图 1 提出如下的理论假设：

假设 H_1 ：天气预报的渠道关注度影响公共气象服务效益；

假设 H_2 ：天气预报内容关注度影响公共气象服务效益；

假设 H_3 ：天气预报的准确性影响公共气象服务的满意度；

假设 H_4 ：公共气象服务的满意度影响公共气象服务效益；

假设 H_5 ：天气预报的准确性影响公共气象服务效益。

2.2 模型的设定

在分析公共气象服务效益理论及公共气象服务特点的基础上，本文对江苏省公共气象服务效益影响因素进行了探索性分析及验证性研究，并提出了“江苏省公共气象服务效益评估模型”，该模型包括 5 个潜在变量：天气预报渠道关注度、天气预报内容关注度、天气预报预报准确度、公共气象服务满意度、公共气象服务效益。结构关系模型如图 1 所示，5 个潜在变量用椭圆形表示，27 个观察变量用矩形表示；外生潜在变量——天气预报渠道关注度、天气预报内容关注度、天气预报预报准确度分别用 ξ_1, ξ_2, ξ_3 表示，内生潜在变量——公共气象服务满意度、公共气象服务效益分别用 η_1, η_2 表示。

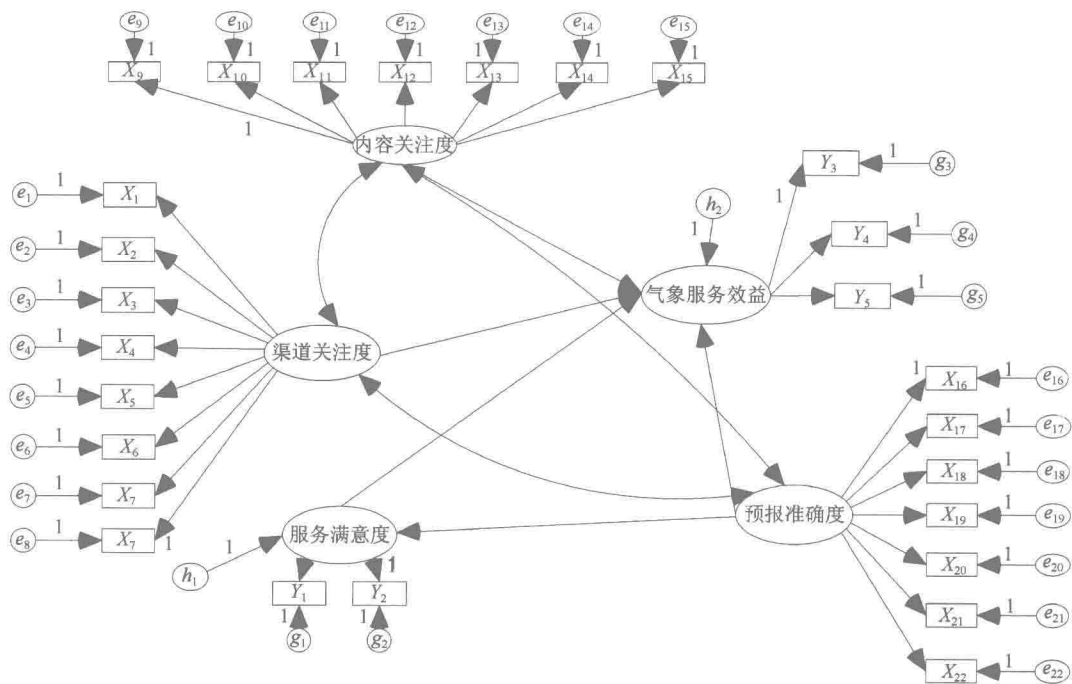


图 1 江苏省公共气象服务效益的 SEM 路径图

2.3 模型变量解释

针对公共气象服务效益的特点，结合相关文献的分析，依据全面性和可操作性的原则，构建出江苏省公共气象服务效益的影响因素指标体系。本文认为天气预报渠道关注度、天气预报内容关注度、天气预报的准确度和气象服务的满意度对公共气象服务效益都产生一定的影响。所以在预定设计江苏省公共气象服务效益模型时，考虑将天气预报渠道关注度、天气预报