

宁波市旅游气象业务系统建设

郑健¹ 中华羽² 徐蓉¹ 俞芳芳¹ 姚日升²

(1 宁波市奉化区气象局, 宁波 315500; 2 宁波市气象局, 宁波 315012)

摘要: 介绍了宁波市旅游气象业务系统的设计思路、技术框架、关键技术和应用情况。针对目前宁波市旅游气象服务的需求和特点, 业务系统主要包含旅游短期预报、适游度指数预报和旅游预警三个部分。基于多种分指数合成的综合性适游度指数开发, 提供旅游气象的分项和综合指数预报, 开启了旅游气象服务的新模式。预报服务产品通过互联网和短信对外发布, 取得较好的效果, 为旅游气象服务工作的开展提供重要支撑。

关键词: 旅游气象服务, 适游度指数, 旅游预警

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1973.2017.02.008

On Developments of Meteorological Services for Tourism in Ningbo

Zheng Jian¹, Shen Huayu², Xu Rong¹, Yu Fangfang¹, Yao Risheng²

(1 Fenghua District Meteorological Bureau of Ningbo, Ningbo 315500;

2 Ningbo Meteorological Bureau, Ningbo 315012)

Abstract: This paper gives an introduction to the Ningbo's meteorological service system for tourism including the design, technical framework and key technologies in applications. The system consists of three main parts, namely the short-term weather forecasts, tourism index forecasts and weather warning. The composite index of the system was set up based on an overall consideration of weather-related factors on travel, and helped to develop a new model for tourism weather services. The service products are issued via Internet and short messages, which provides important supports for the local tourism and has been proved being effective.

Keywords: tourism weather services, tourism index, tourism weather warning

0 引言

随着生活水平的提高, 近年来选择外出旅游的人数正不断增长, 旅游业作为地方经济的新引擎日益受到重视。宁波地处东海之滨, 依山傍海, 四季分明, 旅游资源充足, 仅2015年全市实现旅游总收入1233.3亿元, 比2014年增长15.5%。气象条件是影响旅游质量和旅游安全的重要因素, 绝大部分游客在出行前都会主动了解旅游目的地的气象条件。目前国内的旅游气象预报多数还仅停留在就某个旅游点进行日常天气预报发布。在旅游指数预报上, 大部分仍局限于单一气象条件指数预报, 使得受众难以得到景点是否适合游玩的综合评价, 综合性的指数评定研究很少有人涉猎。南阳市气象局^[1]采用VB.NET软件开发工具, 调取MICAPS资料并根据各景点的地理、气候特性对站点要素进行判识修订, 做出多种专业气象指数预报。丁国香等^[2]针对安徽省山岳型景区旅游气象服务的需

求和特点, 以旅游气象观测网为基础, 基于短时临近预报系统(INCA系统)、云海景观预报技术、雷电监测预警技术、旅游气象条件综合评级等技术, 开发了安徽省山岳型景区旅游气象服务业务系统, 其对旅游气象条件综合评级, 主要是将影响旅游活动的气象条件因子分为几个方面, 然后分别对这些因子进行分档分级, 通过指标叠加法, 最后再综合进行评价。宋静等^[3]通过对气温、天气、大风以及景点特色对花果山游客数的影响分析, 以打分的方式建立了旅游气象指数。郭菊馨等^[4]依据云南省迪庆州观测资料结合天气预报的时间和空间尺度理论, 用最靠近景区的气象观测站所提供的逐时观测资料作为景区指数预报的基础, 同时根据景区的经纬度、海拔高度、植被状况进行订正, 获取旅游景区的各类特种气象预报指数。

各地在旅游气象服务的探索中结合本地区实际情况逐步建立了相应的业务平台, 服务内容和形式走向多样化, 但以单一性指数预报为主, 对综合性旅游指数构建研究依然较少, 对气象现代化发展中出现的新资料、新技术、新方法运用不够多。宁波市旅游气象业务系统的设计思路是基于气象监测、精细化天气预报、适游度及各分指数预报和景区灾害天气预警等技

收稿日期: 2016年8月29日; 修回日期: 2016年9月27日

第一作者: 郑健(1990—), Email: zjweiwu@qq.com

资助信息: 浙江省气象科技计划项目(2014YB06); 宁波市气象局科技计划项目(NBQX2014002B)

术,重点研究影响适游度的气象要素,结合景区特点构建复合型适游度指数,搭建宁波市旅游气象服务平台,实现旅游气象服务综合数据处理、服务产品加工制作及发布共享,为旅游者提供及时准确的综合气象条件预报,以引导人们健康出游、安全出游,为新型生态保健旅游提供科学依据和参考信息。

1 宁波市旅游气象业务系统介绍

1.1 系统设计与业务流程

为对全市旅游景点开展针对性服务,通过前期对公众需求的调研,以及与旅游部门的沟通,确立业务系统三个主要功能模块:旅游短期天气预报、适游度指数及各分指数预报和旅游预警服务。采用自动输出客观产品与人工订正相结合的方式,以尽可能减少预报员人为干预为原则。主要的特点是在预报多种单项生活指数的基础上,构建了更加科学合理的适游度指数,改进了传统的只对影响因子进行简单叠加而建立综合指数的方法,兼顾了多因子间的复杂关系和景点本身的特点。建立的旅游预警区别于传统的气象灾害预警信号,从区域性预警转变为针对景点的精细化预警,预警发送后短信同步推送,提高灾害天气应急响应的效率。本系统具有较高的自动化、集约化水平,减轻了预报员的日常工作负担,同时易于维护和升级。

旅游气象产品的制作、发布流程见图1。短期预报、适游度指数及各分指数等级预报,由后台程序自动生成客观预报产品,预报员在预报制作平台上对各种客观预报产品进行修改、审核和发布,旅游预警则由预报员参考各种气象资料后,根据评估的危险等级进行包含主观预警意见的发布。

根据计算所需的各数值产品生成时间,旅游气象业务系统每日05和14时开始运行,每次运行生成72 h内预报产品,存入客观产品数据库。业务平台的预报制作界面默认显示客观产品数据,预报员依次完成旅游短期预报、旅游指数预报产品的审核订正,订正后的产品数据存入正式产品库,并通过网站等渠道对外发布。旅游预警服务产品为不定时产品,仅当实时监测到或预报景点有气象灾害风险时,预报员制作旅游预警信号并显示在外网上。已经发布旅游预警的景点,其管理人员会收到提醒短信。

1.2 所用资料及来源

旅游气象业务系统中主要用到了气温、云量、风速、降水量、相对湿度等常规气象要素,该类要素预报数据均采用欧洲中心 $0.125^{\circ} \times 0.125^{\circ}$ 精度的细网格预报场。考虑到业务运行稳定性,对预报产品未能及时更新的情况采用两种方式处理:一是优先使用前一起报时次的预报产品,二是用T639和ZJWARMS模式输出的数值预报产品来代替。

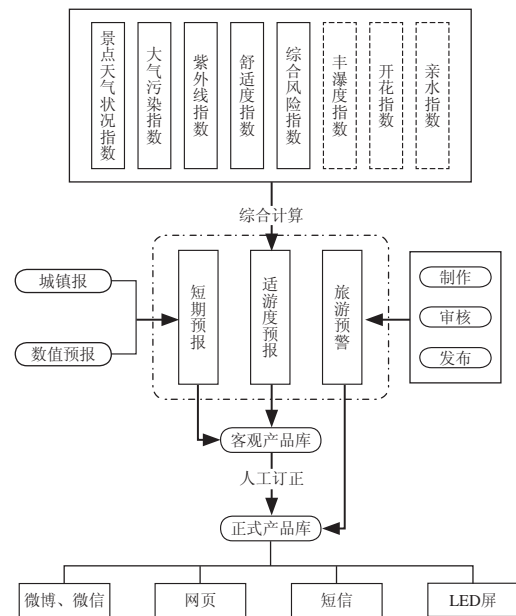


图1 产品制作、发布流程图
(图中虚线框内子指数表示选择性参与计算)
Fig. 1 Products processing flow
(The indexes in the dashed box are optional)

除常规气象要素外,旅游气象业务系统中还用到了颗粒物浓度预报产品来预报空气质量。该产品数据取自浙江省气象科学研究所开发的区域环境空气质量数值预报模式(CUACE)产品,其空间精度可达7 km,时间分辨率为1 h,此外还有WRF模式中的每小时颗粒物浓度预报产品作为补充。

2 关键技术

2.1 适游度分指数选择

虽然近些年旅游气象指数预报逐渐受到重视,但大部分仍局限于单一气象条件指数预报,对综合性的指数评定研究不足,公众难以得到景点是否适合游玩的综合评价,只能依靠自己的判断。本项目通过大量的调查访问,整理出游客出行时非常关心的五大基本气象因子作为基础的分指数,分别为:①景点天气状况指数;②舒适度指数;③大气污染指数/空气清新度指数;④紫外线指数;⑤综合风险指数。

旅游目的地的天气状况是普通公众出行考虑的第一要素。对天况的客观预报,常用的方法是根据数值预报细网格资料中的降水量、云量等数据进行分析,但因数值预报存在不稳定性,尤其是降水强度和落区预报偏差较大,需要进行主观订正,因此实际业务中首选每天的城镇天气预报。根据需要取近3天白天(08—20时)的天气状况预报,并按表1形式进行分级。

舒适度指数也是大众出行时重点考虑的气象因素之一,目前国内使用较多的评价人体舒适度的指数有

寒冷指数、体感温度、不适指数等。适游度指数预报中借鉴了由Tom提出，Bosen进一步发展的人体舒适度指数公式，本质是温、湿要素的基础上考虑了风的影响^[5-7]，其计算如下：

$$K = 1.8T - 0.55(1.8T - 26)(1 - RH) - 3.25\sqrt{V} + 32, \quad (1)$$

式中， T 为气温， RH 为相对湿度， V 为风速，日常选择旅游的时间基本在白天，所以公式中的气温、相对湿度和风速都是取白天段08—20时的数值预报产品。

在选择目的地时，人们倾向于选择山清水秀、空气新鲜的景点。据此加入了大气污染指数/空气清新度指数，对于城市或城镇采用大气污染指数，而对地处山区的景点，采用基于负氧离子浓度预报的空气清新度指数^[8]。在具体计算时引入浙江省气象局和宁波市气象局污染物扩散和输入模型，分级时参照环境空气质量指数(AQI)技术规定(HJ 633—2012)，将其中的第5级和第6级做合并，即AQI值达200以上判定为5级重度污染。这是考虑到旅游景点多处在较好的自然环境中，污染物浓度普遍小于城市、工业区等易形成大范围重污染的区域。

紫外线指数和综合风险指数构成较为复杂。紫外线强度与季节、太阳高度角、云量等因素密切相关^[9]，此处参考了董美莹等^[10]开发的浙江省紫外线指数预报系统，在此之上利用宁波市紫外线辐射观测和常规气象要素观测数据以及模式输出资料，分析紫外线辐射强度的时空变化规律，构建紫外线预报模型。按照中国气象局中气预发(2000)11号《紫外线指数预报业务服务暂行规定》的内容将紫外线等级划分为5个等级。

综合风险指数是表示旅游景点气象灾害风险等级的指标，目前主要考虑地质灾害、大雾、霾、雷电、积雪、低温、高温、大风、大幅降温这九类灾害，根据其发生的种类和强度整合成综合风险指数，按照其危险性从低到高分成5级。

表1 景点天气状况指数等级划分表

Table 1 Weather index grades for the scenic spots

天气状况	等级	是否适宜出行
晴、多云	1级	非常适宜出行
小雪、阵雪、阴	2级	适宜出行
小雨、阵雨、雨夹雪	3级	可以出行
中雪、中雨、雷阵雨	4级	不适宜出行
大雨、暴雨、大暴雨、特大暴雨、大雪、暴雪	5级	无法出行

2.2 适游度指数建立

确定了五个组成适游度指数的基础分指数后，需要进行合成。指数的设计合成方法较多^[11]，本项目在合成中主要考虑以下3个方面。

1) 因子加权原则：由于各分指数对适游度指数贡献不可能是均等的，不能简单地使用平均法，否则无法体现贡献大小，分指数贡献越大的因子，其权重

就应该越大。而且不同景点间由于存在各自特点也不宜使用相同的权重分配，如室内景点对紫外线指数和综合风险指数的敏感度相对较小。从前期调查来看，景点天气状况和综合风险是公众出行时最为关心的因素，所以权重在所有要素中也是最高的。为便于日后不断改进各景点分指数的权重分配，以使之更加符合实际情况，系统设置权重系数配置表，可随时进行修改。

2) 因子排它原则：尽管在因子加权时已经考虑了分指数比重各有不同，但由于各因子与适游度指数不一定呈线性关系，各分指数的权重系数在不同情况下也会发生变化，某些情况下个别分指数对适游度指数的影响力非常大，其他分指数的影响必须是在这种分指数满足条件的情况下才有意义。为了简化处理这种情况下因子的权重系数，采用因子排它原则：该种分指数如果不满足条件，则立即得出结论，基本或全部不考虑其他分指数的作用，即“一票否决”的方法；或者将最后的计算结果增大或减小若干等级。

旅游目的地的天气状况是出行前的首要考虑因素，天气状况的好坏直接影响旅游人数。所以在适游度指数中，景点天气状况是具有排它性的重要因素。参照表1，系统在景点天气状况指数为1~3级时不对计算出的适游度指数产生“一票否决”作用，而一旦达到第4级和第5级会将适游度指数强制下降到不适宜出行的级别。在五个基础分指数中，综合气象风险指数也具有排它性，但具体运算中不赋予其“否决权”，这是因为在旅游气象业务系统中还有旅游预警服务，当预报员认为气象风险高到可以产生灾害时，将通过旅游预警这一更高级别的形式传递给公众和景点管理人员，以提高服务效果。

3) 非气象因子：宁波市旅游气象中心现阶段对全市16个景点进行预报服务，这些景点从地理环境和旅游资源上都有鲜明的特点，包括滨海观光区、生态旅游区、深山峡谷区。为此设立相应的特色分指数，包含是否适宜戏水的亲水指数、根据花期预报^[12]确立的赏花指数以及瀑布美景观赏性的丰瀑度指数。这类特色分指数均分为5级，在基本分指数的基础上根据景点具体情况选择性加入，遵循前述因子加权和排它原则，所以每个景点参与适游度指数计算的分指数数量并不一致。

结合上述3项原则最终得出适游度指数计算公式(2)，并按照表2划分等级。

$$Y = \sum_{i=1}^n (G_i/5)(100/n)k_i, \quad (2)$$

式中， Y 表示适游度指数， n 表示参与计算的分指数总个数， G_i 表示第 i 个分指数等级， k_i 表示第 i 个分指数对应的系数。

对适游度指数准确性检验主要通过两种方式完

成, 一是以景区日游客量和当日计算出的适游度指数做对比分析; 二是通过景区调查问卷获取数据, 游客根据自身感受对当日适游度指数预报的准确性进行打分。

表2 适游度等级划分表
Table 2 Tourism index grades

适游度等级	适游度指数 (Y) 取值范围	服务用语
1	$0 < Y \leq 20$	不适宜游览
2	$20 < Y \leq 40$	不建议游览
3	$40 < Y \leq 60$	可以游览
4	$60 < Y \leq 80$	适宜游览
5	$80 < Y \leq 100$	非常适宜游览

2.3 旅游预警服务

为有效防御恶劣天气给景区游客生命财产带来的威胁, 建立了具有旅游景点特色的旅游预警信号, 实现从常规区域性气象灾害预警到针对景区精细化预警的转变。旅游预警信号等级从低到高分别用蓝、黄、橙、红4色表示, 其发布标准与气象灾害预警信号并不一致, 设置的发布标准是依据各景点可能发生的气象灾害特点而独立制定。旅游预警信息制作、审核、发布均以人工方式完成, 确保旅游预警准确无误。预警时效默认为24小时, 超过该时效未进行续发或人工解除则会解除。完成发布后除在网页显示以外, 同时用短信通知有关景点负责人以便及时开展对应的灾害防御工作, 短信可根据设置自动发送, 减轻预报员的工作负担。

短信发送是通过调用短信声讯平台Web Service接口实现。Web Service也叫XML Web Service, 是一种可以接收从internet或者intranet上的其他系统中传递过来的请求, 轻量级的独立的通信技术。其是通过SOAP在web上提供的软件服务, 使用WSDL文件进行说明, 并利用UDDI进行注册。通过“添加服务引用”, 让VS.NET环境来生成客户端代理类, 然后调用对应的web服务。

2.4 旅游气象服务产品的发布与展示

宁波市旅游气象业务系统已投入试运行, 主要通过互联网对公众展示(图2), 预警则同时发送短信。景点在网页中分为两级, 一级景点直接在主页面上显示, 二级景点为特色小景点或者是季节性强的景点, 通过放大地图后显示, 以保证浏览界面的简洁。主页面上仅显示适游度和短期天气预报, 点击每个景点后会显示组成适游度的各分指数等级, 帮助游客全面了解当地气象条件。当景点发布旅游预警后, 网页上不再显示该景点的适游度指数, 转为闪烁显示当前旅游预警标识。从前期设立在旅游气象网上的满意度网络问卷调查来看, 旅游气象业务系统投入使用后的公众反馈良好, 适游度指数与天气状况联系密切, 同时兼顾了景点特色。旅游预警为游客和景区管理及

时防御灾害性天气提供了重要参考。



图2 旅游气象产品展示主页面

Fig. 2 Main webpage of tourism weather products

3 小结

宁波市旅游气象业务系统建设过程中, 充分考虑了本地旅游气象服务的需求和特点, 凝练了前期工作的经验。利用现代气象业务中的新资料、新技术和新方法, 开发了有别于以往单一性旅游指数的综合性适游度指数, 设立旅游预警完成了预警从区域性到精细化的转变。丰富了旅游气象预报产品种类、提高了服务质量, 为公众出行、景区管理和旅游部门决策提供参考帮助。系统本身具有较高的自动化、集约化水平, 减轻了预报员的工作负担, 也易于维护和升级。

旅游气象业务系统尚有改进的空间和需求, 其一是分指数合成适游度指数时权重系数有待继续优化调整; 其二是分指数预报模型的完善, 紫外线预报模型、丰瀑度模型、综合风险分析模型具有非常复杂的建立过程, 当前仅使用了简化后的预报模型, 有待进一步开发和完善; 其三是可拓展夜游预报产品, 目前预报的景点均为白天开放, 所以推出的服务产品也围绕这一特点。未来随着预报景点的扩充, 将推出夜游气象服务产品, 为月光经济的发展助力。

参考文献

- [1] 易伟霞, 温洛, 刘萌. 南阳市旅游气象服务保障系统. 气象与环境科学, 2008, 31(增刊): 216-218.
- [2] 丁国香, 刘安平, 刘承晓, 等. 安徽省山岳型景区旅游气象服务业务系统. 南京信息工程大学学报(自然科学版), 2016, 8(1): 71-75.
- [3] 宋静, 姜有山, 张银意, 等. 连云港旅游气象指数研究及其预报. 气象科学, 2001, 21(4): 480-485.
- [4] 郭菊馨, 白波, 王自英, 等. 滇西北旅游景区气象指数预报方法研究. 气象科技, 2005, 33(6): 604-608.
- [5] 张书余. 城市环境气象预报技术. 北京: 气象出版社, 2002: 124-126.
- [6] 吴兑. 多种人体舒适度预报公式讨论. 气象科技, 2003, 31(6): 370-372.
- [7] 李玉姣, 杨云洁, 张滨, 等. 不同天气条件下温湿对室内外人体舒适度的影响. 气象科技, 2015, 29(6): 1197-1202.
- [8] 顾小丽, 钱燕珍, 鲍岳建, 等. 宁波市负氧离子浓度分布与预测模型及其在旅游气象中的应用. 气象与环境学报, 2013, 29(6): 128-133.
- [9] 丛菁, 孙立娟, 蔡冬梅. 大连市紫外线辐射强度分析和预报方法研究. 气象与环境学报, 2009, 25(3): 48-52.
- [10] 董美莹, 沈翊, 张力. 浙江省紫外线指数预报系统. 科技通报, 2007, 23(6): 785-789.
- [11] 严明良, 沈树勤. 环境气象指数的设计方法探讨. 气象科技, 2005, 33(6): 583-588.
- [12] 姚日升, 涂小萍, 丁焯毅, 等. 宁波桃树花期预报方法. 气象科技, 2014, 42(1): 180-186.