

# 面向用户的未来天气气候预报系统

韩佳芮<sup>1</sup> 严中伟<sup>2</sup>

(1 中国气象局气象干部培训学院, 北京 100081; 2 中国科学院东亚区域气候—环境重点实验室, 北京 100029)

**摘要:** 随着气象科技的快速发展, 天气气候预报水平近年来有了显著提高。但由于天气系统的混沌本质, 天气气候预报存在可预报性的上限, 预报水平的提高已经变得越来越困难。然而随着社会经济的发展, 用户对预报需求却是不断提高。预报与用户需求之间存在的矛盾日益增大。预报系统的发展已经遇到瓶颈。对用户来说, 预报的主要目的是帮助用户应对不确定的天气风险, 进行趋利避害的决策, 这使得预报系统与用户之间存在不可剥离的联系。因此, 本文将针对国内外研究中涉及用户方面问题的文献进行综述, 在探讨预报如何满足用户需求的基础上, 提出未来天气气候预报系统的设想。

**关键词:** 未来天气气候预报系统, 用户端研究, 交互式预报系统

## User-oriented Future Weather and Climate Forecasting System

Han Jiarui<sup>1</sup>, Yan Zhongwei<sup>2</sup>

(1 CMA Training Centre, China Meteorological Administration, Beijing 100081

2 Key Laboratory of Regional Climate-Environment Research for Temperate East Asia, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029)

**Abstract:** With the rapid development of meteorological science and technology in recent years, the level of weather and climate forecasts has been significantly raised. Due to inherent uncertainty in forecasting a chaotic weather system, improvement of deterministic weather forecast tends to be limited. Nevertheless, with the social and economic development, the forecast demand of users is increasing gradually. The gap between the forecasting system and users' need has hindered the improvement of meteorology. In the perspective of users, the purpose of weather/climate forecast is to help them make weather/climate-related decisions at the risk of uncertain weather, and great potential for the improvement of the forecast should arise from the user-end. Therefore, this study will review research literature involving the user aspects in the forecasting system, and on the basis of exploring the possibilities of meeting customers' needs in forecasting, giving ideas of a future weather/climate forecasting system.

**Keywords:** future weather forecasting system, user-end study, interactive forecasting system

### 1 引言

在对大气运动规律的探索过程中, 人类对天气气候系统的认识逐步加深, 对天气气候的预报能力也在逐步提高。尤其在近几十年, 目标观测和资料同化等技术的发展支持下, 数值预报模式框架和物理过程参数化方案不断完善, 预报的水平较以往已有了质的突破。目前, 气象部门可以提供短至临近(1~6h)、长至10d的中期天气预报以及月季年短期气候预测, 预报的精细程度也由20世纪60—70年代的300~400km提高到目前的几千米。然而, 由于天气系统的混沌本质和预报本身存在的不确定性, 继续大幅提高预报准确率已变得越来越困难。另一方面, 随着社会经济的快速发展, 用户对天气气候预报的要求不断提高, 需求日渐呈现出多样化和精细化的趋势。这与逐渐趋于上

限的天气气候预报预测水平之间的矛盾日益明显。如何认识预报与用户需求, 并解决这一问题不仅是国内气象工作者关注的难题, 也是近年来国际气象界研究的热点。

实际上, 天气气候预报的主要目的是在不确定的天气风险条件下帮助用户提高使用不确定性信息的能力, 进而帮助他们做出趋利避害的决策。这使得对客观大气进行研究、预报的预报系统与用户之间存在不可剥离的联系。然而, 不少研究人员发现, 用户作为预报信息的受体和应用者, 他们的需求和信息很少被纳入到现行预报系统的研究中。现行预报系统主要期望在科学的层面上减少预报的不确定性, 使预报与观测尽可能一致; 而用户则期望通过使用预报信息, 应对决策中的风险, 从而获得一定的社会效益, 但这两者之间仍未建立直接的联系。

正是由于用户端与现行预报系统之间的隔离, 很多气象科研预报工作对用户的理解存在一定偏差, 认为: 预报与用户决策和效益之间是线性关系, 即只要

收稿日期: 2011年12月1日; 修回日期: 2012年2月16日  
第一作者: 韩佳芮(1982—), Email: hanjr@cma.gov.cn  
资助信息: 公益性行业(气象)科研专项“基于多模式集合预报的交互式应用技术研究”(GYHY200906007)

提供准确的预报（不确定性小的），用户就能在其决策中很好的应用，并产生效益。实际上，该假设并不成立，这种认识已经在一定程度上阻碍了预报系统的发展。Mass<sup>[1]</sup>证实正是由于现行预报系统以提高预报水平为核心，独立于用户之外，从资料观测、预报研究，预报服务到信息发布等工作都与用户需求存在很大差距，用户需求得不到满足，科研成果转化为有益于用户决策的预报产品的能力很低，很多研究和业务工作无法发挥应有的作用。

因此，以客观大气为对象的气象预报预测系统是否有必要考虑用户需求，运行中是否需要与用户信息相结合逐渐成为国际学术界关注的热点，该问题也是气象可持续发展中不可回避的问题。通过对国内外气象用户相关研究工作的梳理，本文将探讨用户对预报预测系统的意义，从用户角度出发探讨满足用户需求的预报的特点，并在此基础上，介绍国内外学者对未来天气气候预报系统的基本设想。

## 2 预报信息与用户需求

### 2.1 预报预测考虑用户需求的必要性

长期以来，在气象事业发展进程中，提高准确率一直是气象科研、业务和服务的核心，准确率已成为预报信息的首要属性。然而从用户角度出发，仅仅注重准确率的预报不仅无法取得应有效益，甚至会引发负面影响。Ritchie等就以气候预报在水库中的应用为例研究，发现，该案例中所提供的定量预报信息对用户决策没有价值<sup>[2]</sup>。Elia和Laprise明确指出，气象统计上认为是准确的预报，对用户来说并非如此。当预报只注重统计意义上的显著而忽略用户想法时，预报在用户端的应用就会受到影响<sup>[3]</sup>。Demuth等也指出，不考虑用户信息的“完美预报”（准确）不仅没有价值，甚至会带来灾难性的后果<sup>[4]</sup>。

1997年发生在美国北达科他州的红河洪水事件就恰好证实这一点<sup>[5]</sup>。该事件中，美国国家气象局提前给出了洪水峰值将介于47.5~49英尺（1英尺=0.3048米）的预报，该预报值比实际洪峰仅低5英尺，比水库警戒水位低1英尺。但就因这1英尺的预报误差，水库塌坝，当地付出了超过35亿美元的巨额代价。从气象预报的角度出发，该预报的准确率已经达到较高标准（1997年预报误差明显小于该地区1982—1996年预报的平均误差），但由于预报过程缺乏对用户端主要风险的考虑，也未提醒当地用户预报中本质上存在的不确定性，用户误认为洪峰预报不会超过水库的最高警戒水位，而做出错误的决策，付出惨痛的代价。

因此，当世界气候预测模式首脑会议（The World Modeling Summit for Climate Prediction）号召大力提高

计算机运算能力以改进局地预报信息时，Dessai提出大胆异议：在用户决策过程中可能并不需要更好（准确）的预报，而需要与用户决策相结合的预报<sup>[6]</sup>。

实际上，正如Pielke所指出的，用户需求对气象研究至关重要，气象研究与需求之间甚至存在一种线性关系，研究为应用提供理论支持，应用为发展相应的预报技术，其本质是要达到满足用户需求的目的<sup>[7]</sup>。“好的预报”不仅需要具备准确和稳定（accuracy, consistency）的属性，更重要的是必须对用户来说是可用的，是有价值的<sup>[8]</sup>。而预报可用性及其价值的体现恰是以满足用户需求，以与用户决策相融合、匹配为前提<sup>[9]</sup>。因而，预报的工作必须基于用户的研究认知成果，与用户决策需求相结合<sup>[10]</sup>。如果所提供的预报不能参与决策，该预报会被认为是无效的<sup>[11]</sup>。另外，由于用户决策的个别性和独立性，不同用户对预报的需求不同<sup>[12, 13]</sup>，即使同一用户对预报信息的需求也会随着决策环境的变化而发生改变<sup>[14]</sup>。因此，在预报中开展用户端研究，以用户需求为导向，与用户信息相结合，是预报对用户可用，产生应有效益的必要条件。

### 2.2 用户研究的基本方法

在获取用户端信息、理解用户需求方面上，社会调查是必不可少的方法。社会调查是社会调查与研究的简称，是指人们有目的有意识地对社会现象进行考察、了解和分析、研究，来认识社会现象的本质及其发展规律的一种自觉活动。社会调查被应用于社会生活的多个领域，同样应用于气象领域<sup>[12]</sup>。

Stewart指出，通过调查掌握用户对气象信息的需求状况，能够为气象部门明确服务方向改进服务提供很多有益信息<sup>[15]</sup>。长期以来，许多国家气象部门坚持对用户使用气象信息的需求状况进行深入调查和分析。例如，Krawitz和Newhouse曾用抽样调查的方式了解用户对美国国家气象局（National Weather Services, NWS）服务的使用情况和需求，为NWS改进观测自动化（Automation of Field Operation Services, AFOS）方面提供改进依据和参考建议<sup>[16]</sup>。Orlove等就气候信息的使用和需求对秘鲁五个港口城市的596位渔民进行调查，文中认为其调查结果对气候影响的研究、预报信息的使用和信息发布策略等均有帮助<sup>[17]</sup>。McNew等通过调查美国农业决策者对气象信息的使用情况，为本地农业气象产品的开发使用及服务的拓展提出相应建议<sup>[18]</sup>。

近年来社会调查的方法也出现并被应用于多项国际气象科研项目中。比如，Berry等在2000年悉尼奥运天气示范项目（World Weather Research Programme

Sydney 2000 Forecast Demonstration Project, WWRP S2000 FDP) 的社会经济效益评估中, 应用多种社会调查的方法来收集数据支持研究, 包括问卷调查、深入访谈等<sup>[19]</sup>。而Morss 和 Ralph也曾通过访谈的社会调查方法来调查了解CALJET (California Land-falling Jets) —PACJET (Pacific Land-falling Jets) 的实际作用。目前, 社会调查方法也已被广泛应用于国内的气象服务调查活动中<sup>[20]</sup>。

### 2.3 满足用户需求预报的特点

通过前人对用户需求的研究总结, 发现, 除预报本身的准确率和稳定性是预报对用户可用的客观前提之外, 预报信息针对性和易懂性也是满足用户需求的必要条件。

**易懂性**是指预报信息能够被用户所理解, 从而用户能够在决策中正确使用预报<sup>[21]</sup>。预报的本质是不确定性, 但许多用户并不能很好地认识这一点<sup>[22]</sup>。用户对预报不确定性认识的偏差, 显然会影响预报在决策中的应用<sup>[23]</sup>, 这些认识偏差甚至会对用户决策产生负面影响<sup>[24]</sup>。

近年来, 如何让用户理解预报并做出合理的反应逐渐成为发达国家气象部门关注的问题。研究人员意识到, 科学家、预报员与媒体、用户进行预报信息传输的过程中存在很多的不确定性, 科学家预报员在预报中所要传递的信息(不确定性)与用户的理解存在出入, 这些差异造成预报应用中的一些障碍, 使信息无法被充分利用, 预报信息无法有效转化为用户的决策参考, 预报效果不能得以发挥<sup>[1, 25]</sup>。因此, 如何针对不同用户, 加工预报信息, 使预报能够合理恰当地表达出风险不确定性, 成为气象部门需要面对的一个问题。

一些发达国家在提高预报易懂性, 减少预报传输的不确定性方面已有相关研究。例如, 美国国家风暴中心为了让媒体和公众更好地理解台风警报, 采用图形的方式表达预警信息。研究发现, 在预警发布效果上看, 虽然图形比文字更为有效, 但从风险交流理论出发, 即使使用这样的图形, 公众仍存在一定的误解<sup>[26]</sup>。美国国家科学院也曾举办过相关研讨会, 并针对预报不确定性的交流和在用户决策中的应用予以专门的探讨<sup>[27]</sup>。

**针对性**是指预报信息针对于特定用户的特定决策, 与用户决策的环境、条件和要求相匹配<sup>[28]</sup>, 例如预报的时空尺度、要素、时效等与用户决策中对预报的要求相一致。Hansen<sup>[29]</sup>认为, 预报必须通过可见的气象敏感决策行为作用于用户端, 而预报在用户端的效益就取决于预报信息与决策相关的因子之间的联系, 即预报对决策的针对性越强, 预报与决策之间相关度越高, 预

报的价值也就越大<sup>[10]</sup>。Georgakakos 等也在探讨应用气象信息进行水库管理时指出: 对用户来说, 结合决策规则的预报信息才有价值<sup>[30]</sup>。

当预报缺乏针对性, 与用户决策需求发生脱节时, 预报在用户端不能发挥其预报效果, 用户甚至会拒绝使用该预报信息。Pulwarty和Redmond在对鲑鱼养殖户进行实地调查之后发现, 由于预报缺乏针对性等原因, 大多数的农户拒绝使用预报信息<sup>[31]</sup>; 同样, Changnon等通过对电力用户应用气候预报的调查结果也证实了这点<sup>[32]</sup>。由于缺乏针对性, 80%以上的电力用户不使用气候预报<sup>[11]</sup>。故此, 预报在用户决策中的针对性也应是用户应用该预报的前提条件之一。在这样的前提下, 预报才有可能与用户决策相结合, 达到帮助用户进行风险决策的目的。

通过对满足用户需求的预报特点的总结, 可以发现, 对用户而言, 仅从气象研究角度出发, 提高预报准确率和预报水平是远远不够的, 预报中需要充分考虑用户信息, 以用户需求为导向, 融入社会科学、心理学、气象传播学、经济学等多方面跨学科才能在用户应用过程中发挥预报信息应有的效果<sup>[4, 11, 22, 33, 34]</sup>。

作为气象信息的使用者, 用户应是预报系统中重要的组成部分, 不能被排除在预报系统之外。用户端相关的信息可以基于社会调查的方法反馈到预报预测系统中, 与预报信息相结合, 形成满足用户信息的预报服务产品, 这样一方面可以提高预报在用户端的应用水平和社会经济效益, 另一方面也为改进预报系统提供可能。实际上, 这样的想法已经蕴含并体现在国内外多位学者对未来天气气候预报系统的设想中。

### 3 基于用户端研究的未来天气气候预报预测系统

由于认识到用户信息在预报中的作用以及预报结果的不确定性问题, 近年来国内外不少学者开始思考用户与预报系统之间的联系, 提出与用户相关联的未来天气气候预报系统的构想。

2002年Dutton指出, 预报模式需要与用户的风险经济模型决策相联系, 在气象观测信息的基础上, 利用预报信息为用户决策进行服务<sup>[35]</sup>。在此过程中, 用户端的一些风险信息可以间接通过风险金融模块反馈给预报模式(图1)。Morss等指出, 类似Dutton所提出模型可以被称为“End-to-End”有限反馈模型(图2)。该模型仅初步建立了从用户决策通过风险金融模式到预报的间接反馈, 其所反馈的用户信息是有限的, 在研究和预报中无法充分考虑用户需求, 对用户决策参考作用也是相当有限的<sup>[25]</sup>。

由于认识到“End-to-End”概念模型中存在的问

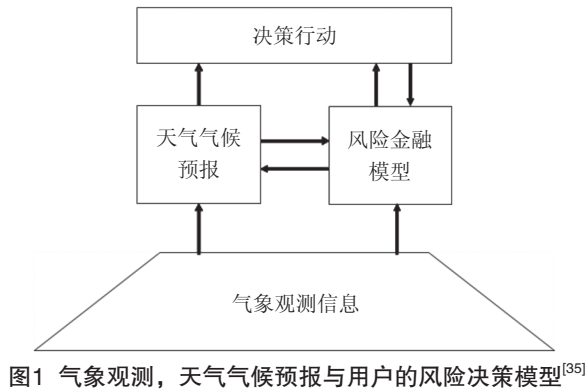


图1 气象观测，天气气候预报与用户的风险决策模型<sup>[35]</sup>

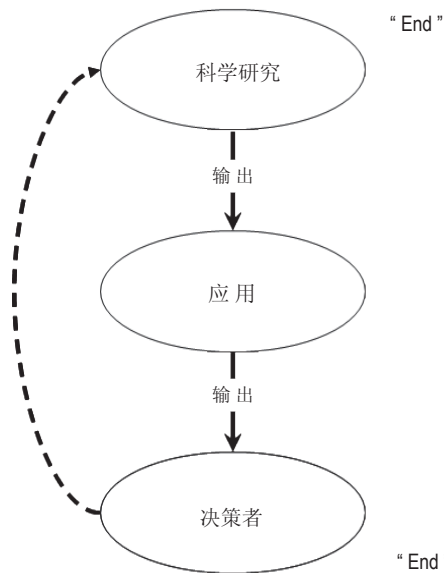


图2 从用户信息到研究应用的“End-to-End”有限反馈模型<sup>[25]</sup>

题，Morss等指出，若要为用户提供有用的满足用户需求的信息，必须将用户需求和信息整合在预报的研究和发展中，因此他们以气象预报防洪应用为例，在有限反馈用户信息需求的“End-to-End”模型基础上提出了从用户端直接到预报端的循环反复反馈的预报研究发展思路——“End-to-End-to-End”概念模型（图3）<sup>[25]</sup>。该概念模型所强调的是研究人员、应用发展的业务人员和用户之间的多向沟通，及用户端信息与预报端研究应用之间反复循环的正反馈过程。2007年，Morgan所提出的未来预报体系中也蕴含着相同的思想（图4），认为，现行的预报系统这种从观测到预报到用户应用的线性关系虽然强调了从研究到应用转化的重要性，但由于线性关系的有限性，无法真正满足用户需求。在预报过程中，用户不只是被动接受信息的受体，而应融入预报预测系统中，成为其动态反馈信息的重要部分，参与观测、资料同化、预报到用户应用的全过程。预报与用户之间是互动的、多向反馈的过程<sup>[36]</sup>。

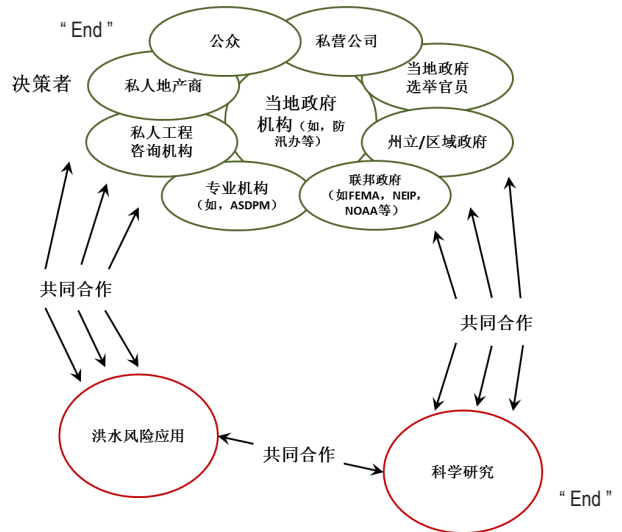


图3 以气象预报水文应用为例，用户信息与预报研究应用的“End-to-End-to-End”多向循环概念模型<sup>[25]</sup>

(a) 现今情况:



(b) 未来:

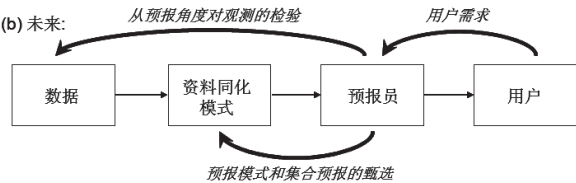


图4 现行天气气候预报系统 (a) 与未来天气气候预报系统 (b)<sup>[36]</sup>

我国学者叶笃正等也提出了耦合用户端信息发展未来天气气候预测体系的构想（图5）。其主要思想是将气象预报预测过程同用户决策过程有机地结合起来，充分利用来自用户的知识和风险管理经验，形成一个相互作用协同发展的预报预测体系。其强调了该系统在改善用户端应用水平的同时，还可通过用户端信息反馈促成预报系统预报水平的提高<sup>[37]</sup>。

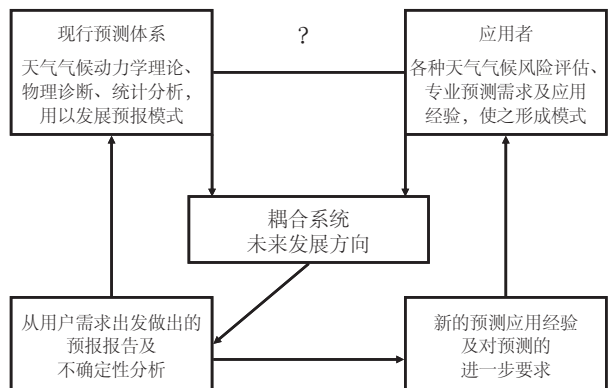


图5 叶笃正等所构想的未来天气气候预测体系<sup>[37]</sup>

## 4 结论

通过对国内外预报与用户相关文献的分析,发现,准确的预报信息不一定有助于用户决策。对用户来说,满足他们需求的预报不仅需要具备准确和稳定的属性,还需要能让用户理解(易懂性),针对用户决策需求并与其相结合(针对性),从而对用户决策产生正面影响,帮助用户做出趋利避害的决策。因此,预报业务研究工作不仅需要继续提高预报信息的水平,也需要基于社会调查方法开展用户端研究,以用户需求为导向有针对性地开展工作。

基于对用户端的研究,国内外许多学者给出未来天气气候预报系统的设想。这些设想虽然在形式或概念框架上有所不同,但其共同之处在于:用户是预报系统中不可缺少的重要组成部分,用户的信息必须反馈到预报端(预报研究、应用模式),与预报信息相结合。

实际上,目前此类思想已被国际学术界广泛接受,并得到积极推广,如世界天气研究计划(WWRP)下的TIGGE计划(THORPEX Interactive Grand Global Ensemble)所提出的“全球交互式预报系统(Global Interactive Forecast System, GIFS)”就是基于该思路实施的国际合作项目。GIFS的主要目的就是发展结合用户信息的全球交互式预报系统的全新预报理念,构建从目标观测、资料同化到预报及最终用户应用相互适应的、整合的、互动的交互式预报系统<sup>[38, 39]</sup>。目前该项研究工作无论在概念框架设想上,还是具体项目的实施上均已取得明显进展。

总之,用户端不仅是预报的终端,更是改进完善预报的始端。基于用户端研究、用户需求的理解及用户信息的反馈,不仅能提高用户对预报的应用水平,提高预报在用户端的效益,更为改进预报提供可能。无疑,基于该理念的以用户为导向的交互式预报系统的设想不仅丰富了天气气候预报系统的内涵,也成为未来天气气候预报预测系统发展的一个重要方向。

### 参考文献

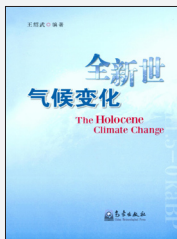
- [1] Mass C. The uncoordinated giant-Why us weather research and prediction are not achieving their potential. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 2006, 87: 573-584.
- [2] Ritchie J W, Zammit C, Beal D. Can seasonal climate forecasting assist in catchment water management decision-making? A case study of the border rivers catchment in Australia. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2004, 104: 553-565.
- [3] De Elia R, Laprise R. Diversity in interpretations of probability: Implications for weather forecasting. *Monthly Weather Review*, 2005, 133: 1129-1143.
- [4] Demuth J L, Grunfest E, Morss R E, et al. Building a community for integrating meteorology and social science. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 2007, 88: 1729-1737.
- [5] Pielke R A. Who Decides? Forecasts and responsibilities in the 1997 red river flood. *Applied Behavioral Science Review*, 1999, 7: 83-101.
- [6] Dessai S, Hulme M, Lempert R, et al. Do we need better predictions to adapt to a changing climate. *Eos Transactions, American Geophysical Union*, 2009, 90: 111.
- [7] Pielke Jr R A. Asking the right questions: Atmospheric sciences research and societal needs. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 1997, 78: 255-255.
- [8] Murphy A H. What is a good forecast- An essay on the nature of goodness in weather forecasting. *Weather and Forecasting*, 1993, 8: 281-293.
- [9] Mjelde J W. Value of improved information in agriculture: weather and climate forecasts. 2002. [http://srdc.msstate.edu/publications/223\\_mjelde.pdf](http://srdc.msstate.edu/publications/223_mjelde.pdf)
- [10] Pagano T C, Hartmann H C, Sorooshian S. Using climate forecasts for water management: Arizona and the 1997-1998 El Niño. *Journal of the American Water Resources Association*, 2001, 37: 1139-1154.
- [11] Stone R C, Meinke H. Weather, climate, and farmers: An overview. *Meteorological Applications*, 2006, 13: 7-20.
- [12] 韩佳芮. 公共气象信息服务的若干问题分析. 2007. 中国气象科学研究院硕士学位论文.
- [13] 韩佳芮, 叶谦, 田青. 公众对气象信息需求的规律与公共气象服务. *干旱气象*, 2007, 25: 82-89.
- [14] Sivakumar M V K. Dissemination and communication of agro-meteorological information—global perspectives. *Meteorological Applications*, 2007, 13: 21-30.
- [15] Stewart T R. Forecast value: Descriptive decision studies. *Economic value of weather and climate forecasts*, Cambridge University Press, 1997: 147-181.
- [16] Krawitz L, Newhouse H. A survey of external users of NWS information. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 1978, 59: 1288-1296.
- [17] Orlove B S, Broad K, Petty A M. Factors that influence the use of climate forecasts: evidence from the 1997/98 El Niño event in Peru. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 2004, 85: 1735-1743.
- [18] McNew K P, Mapp H P, Duchon C E, et al. Sources and uses of weather information for agricultural decision makers. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 1991, 72: 491-498.
- [19] Anderson-Berry L, Keenan T, Bally J, et al. The societal, social, and economic impacts of the World Weather Research Programme Sydney 2000 Forecast Demonstration Project (WWRPS2000FDP). *Weather and Forecasting*, 2004, 19: 168-178.
- [20] Morss R E, Ralph F M. Use of information by National Weather Service forecasters and emergency managers during CALJET and PACJET-2001. *Weather and Forecasting*, 2007, 22: 539-555.
- [21] Anaman K A, Lellyett S C, Drake L, et al. Benefits of meteorological services: Evidence from recent research in Australia. *Meteorological Applications*, 1997, 5: 103-115.
- [22] Morss R E, Demuth J L, Lazo J K. Communicating uncertainty in weather forecasts: A survey of the US public. *Weather and Forecasting*, 2008, 23: 974-991.
- [23] Sherrick B J, Sonka S T, Lamb P J, et al. Decision-maker expectations and the value of climate prediction information: Conceptual considerations and preliminary evidence. *Meteorological Applications*, 2000, 7: 377-386.
- [24] Susan L J, Greenberg L N, Meng U T, et al. The effects of wording on the understanding and use of uncertainty information in a threshold forecasting decision. *Applied Cognitive Psychology*, 2008, 23: 55-72.
- [25] Morss R E, Wilhelmi O V, Downton M W, et al. Flood risk, uncertainty, and scientific information for decision making - lessons from an interdisciplinary project. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 2005, 86: 1593-1601.
- [26] Broad K, Leiserowitz A, Weinkle J, et al. Misinterpretations of the "cone of uncertainty" in Florida during the 2004 hurricane season. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 2007, 88: 651-667.
- [27] Ban R J, Andrew J T, Brown B G, et al. Completing the forecast: Characterizing and communicating uncertainty for better decisions using weather and climate forecasts. *National Research Council*

- Committee on Estimating and Communicating Uncertainty in Weather and Climate Forecasts, 2006: 1-125.
- [28] Changnon S A. Contents of climate predictions desired by agricultural decision makers. *Journal of Applied Meteorology*, 1992, 31: 1488-1491.
- [29] Hansen J W. Realizing the potential benefits of climate prediction to agriculture: Issues, approaches, challenges. *Agricultural Systems*, 2002, 74: 309-330.
- [30] Georgakakos K P, Graham N E, Carpenter T M, et al. Integrating climate-hydrology forecasts and multi-objective reservoir management for northern California. *Eos*, 2005, 86: 122-127.
- [31] Pulwarty R S, Redmond K T. Climate and salmon restoration in the Columbia river basin: The role and usability of seasonal forecasts. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 1997, 78: 381-397.
- [32] Changnon S A, Changnon J M, Changnon D. Uses and applications of climate forecasts for power utilities. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 1995, 76: 711-720.
- [33] Pennesi K. Improving forecast communication- linguistic and cultural considerations. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 2007, 88: 1033-1044.
- [34] Call D A. An assessment of national weather service warning procedures for ice storms. *Weather and Forecasting*, 2009, 24: 104-120.
- [35] Dutton J A. Opportunities and priorities in a new era for weather and climate services. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 2002, 83: 1303-1311.
- [36] Morgan M C, Houghton D D, Keller L M. The future of medium-extended-range weather prediction- challenges and a vision. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 2007, 88: 631-634.
- [37] 叶笃正, 严中伟, 戴新刚, 等. 未来的天气气候预测体系. *气象*, 2006, 32: 3-8.
- [38] Shapiro M A, Thorpe A J. THORPEX international science plan. WMO, WWRP, document (<http://www.wmo.int/thorpex/publications.html>), 2004.
- [39] Richardson d, Buizza R, Hagedorn R. First workshop on the THORPEX Interactive Grand Global Ensemble (TIGGE). WMO/TD-No.1273, WWRP, document ([http://imgi.uibk.ac.at/MEhrendorfer/research/projects/thorpex\\_docs/tigge\\_first\\_workshop\\_report.pdf](http://imgi.uibk.ac.at/MEhrendorfer/research/projects/thorpex_docs/tigge_first_workshop_report.pdf)), 2005: 1-39.

## 新书架

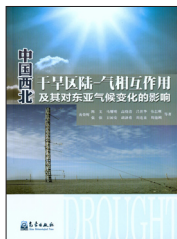
## NEW BOOK

感兴趣的读者可以到中国气象局图书馆阅览室阅读或凭索书号借阅



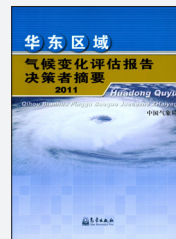
《全新世气候变化》

编著者: 王绍武  
出版者: 气象出版社  
出版年: 2011  
索书号: P467/107



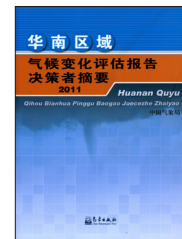
《中国西北干旱区陆-气相互作用及其对东亚气候变化的影响》

编著者: 黄荣辉等  
出版者: 气象出版社  
出版年: 2011  
索书号: P461/19



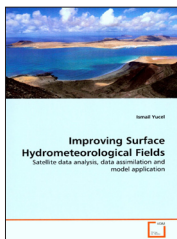
《华东区域气候变化评估报告 决策者摘要 2011》

编著者: 中国气象局  
出版者: 气象出版社  
出版年: 2011  
索书号: P467/105/2011



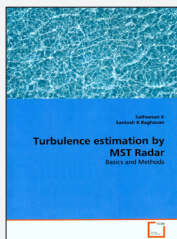
《华南区域气候变化评估报告 决策者摘要 2011》

编著者: 中国气象局  
出版者: 气象出版社  
出版年: 2011  
索书号: P467/106/2011



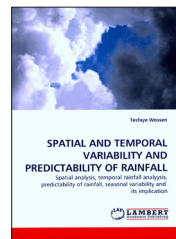
Improving Surface Hydrometeorological Fields  
《改进地表水文气象场》

编著者: Ismail Yucel  
出版者: VDM Verlag Dr.Müller  
出版年: 2010



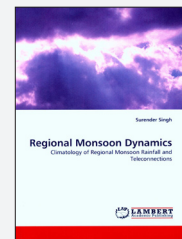
Turbulence Estimation by MST Radar  
《应用 MST 雷达估算湍流》

编著者: Satheesan K 等  
出版者: VDM Verlag Dr.Müller  
出版年: 2010



Spatial and Temporal Variability and Predictability of Rainfall  
《降水的时空变率和可预报性》

编著者: Tesfaye Wossen  
出版者: LAP LAMBERT Academic Publishing  
出版年: 2010



Regional Monsoon Dynamics  
《区域季风动力学》

编著者: Surender Singh  
出版者: LAP LAMBERT Academic Publishing  
出版年: 2010