

# WMO气象服务效益评估工作的借鉴与启示

■ 韩佳芮 吕丽莉 张润嘉 肖芳

世界气象组织也意识到，气象服务对于各国来讲，如何在投入和效益之间实现气象服务投入产出的平衡是全球气象界不可回避的挑战。

1970—2012年，全球范围内约出现8835次与天气、气候和水相关的灾害，造成了1.94万人死亡以及2.4万亿美元的经济损失。过去的四十多年来，气象水文灾害的数量几乎增加5倍，经济损失从1560亿美元/10年增加到8640亿美元/10年。为应对日益增加的灾害风险，世界各国不断通过提高预报预测服务能力尽可能地向社会提供天气、气候和水文信息及预报，在信息应用基础上，预警系统和备灾措施的改进和完善使得灾害所造成的损失得以控制。然而，随着科技进步，如互联网和智能手机的广泛应用，已经对天气、气候、水文等信息的服务需求产生持续的革命性影响。持续增加和多样化的需求一方面为改善和扩展气象服务提供了巨大的机遇，另一方面也对各国的气象水文机构在基础设施建设、服务提供方式拓展、产品设计开发以及经费支撑等多方面带来了前所未有的巨大挑战。为了争夺、优化利用稀缺的公共投资资源，满足快速发展的需求，各国气象水文部门需要以科学全面的方法证明其服务效益远高于服务生产和传播的成本。因此，气象服务社会经济效益评估相关问题研究不仅对进一步提高气象服务的针对性和实效性有着重要的促进作用，同时，为气象部门争取资金支持，在社会经济发展中提高气象部门的地位作用等方面都具有重要的现实意义。

2015年，世界气象组织（WMO）出版了评估气象/水文服务经济效益的出版物《评估天气和气候》（WMO-No.1153），通过回顾总结国际上气象水文效益评估研究和案例的相关成果，给出气象服务效益评估的框架、流程和基本方法，以指导各国国家气象水文部门设计和开展相关效益研究工作。无疑，该出版物已成为气象服务效益评估工作具有一定指导性和可行性的操作指南。基于此，本文通过对国际气象服务经济效益相关工作的总结梳理，简要介绍气象服务效益评估的方法，并给出相关的参考建议，以期对未来我国开展气象服务效益评估工作有借鉴意义。

## 1 WMO和美国开展的气象水文服务效益评估

20世纪50年代，水文气象、气候和经济团体开始关注水文气象服务经济效益的评估。作为增进水文气象服务的社会经济理解工作的一部分，70年代以来，国际学术界一些经济学者研究了气象服务发展和应用带来的经济效益。世界气象组织（WMO）也意识到，气象服务对于各国来讲，如何在投入和效益之间实现气象服务投入产出的平衡点是全球气象界不可回避的挑战。1987年，WMO在英国召开了有关气象信息应用的研讨会，首次较为正式地确认了评估气象水文服务的经济社会效益问题，是该组织以及各国气象水文部门需要研究和重视的问题。本节将梳理WMO和美国气象界在这方面开展的具有影响的活动。

### 1.1 WMO

从20世纪80年代开始，在WMO的努力下，各国形成了高度共识，认识到开展气象服务效益评估对提升扩展气象服务也是一项重要的工作。1990年3月26—30日，WMO在日内瓦召开了“气象和水文服务的经济和社会效益”专题技术研讨会，围绕气象和水文服务的经济和社会效益评估方法、专业天气气候服务用户需求和相关经济学研究、专业水文服务用户需求和相关经济学研究，以及气象水文服务在经济社会发展中的作用和地位等4个主题进行了讨论。在第一次会议取得成功的基础上，1994年9月19—23日，WMO又在日内瓦召开了第二次气象水文服务经济效益会议。会议明确提出了鼓励国家气象部门与私人气象机构合作，出发点就是让气象服务在整体上利益最大化。2007年3月，WMO在西班牙召开了规模更大的第三次国际研讨会，并在会前通过专门网站，提供了大量有关气象服务经济效益评估方法、评估结果、评估个例和社会认知等方面的材料，供有关人员了解会议背景和作用。会后发表了行动计划。

### 1.2 美国

在20世纪60年代以前，美国极少对天气局气象服

务的效益问题进行正式的评估。从60年代开始,美国国家天气局(NWS)陆续进行一些公式化的气象服务效益-成本分析和开发一些评估技术手段,以证明国家投入促进气象基础设施建设的重要性和必要性。

NWS在20世纪90年代初启动了气象现代化和相关调整(MAR)项目,到2000年正式宣布完成。对这次计划投入20亿美元,实际投入超过50亿美元的项目,美国分别在1992和2010年开展了两次评估。

1992年,国家气象主管机构NOAA委托美国国家标准和技术研究所(NIST)对NWS的现代化建设和机构调整进行成本效益分析,全面分析了NWS各种气象服务的成本核算和产生的效益,尤其是对NWS计划开展的现代化建设的可能效益进行了对比评估。结果表明,包括自动地面气象站、新一代天气雷达网建设、高级天气交互信息处理系统、巨型计算机系统和改进的气象卫星系统在内的NWS现代化战略进程,虽然需要投入约440亿美元,但可以使NWS的效益成本比从4.73提高到7.915,年增益为200多亿美元,国家投入的回报仅需要1.6年。农业、航空、建筑、通信、电力、制造、运输和其他共8个领域每年灾害达到344.886亿美元,其中通过天气预报警报可预防的损失为144.204亿美元。这些数字为国家的气象现代化建设决策,提供了重要的依据。

MAR在2000年正式完成之后的10年里,没有针对MAR项目的执行进行全面评估,也没有对MAR预期的效益与实际的影响进行比较。因此,国会要求国家科学院进行端到端的评估。2010年7月2日,美国科学院受委托对美国天气局现代化建设再次进行了为期26个月的“回顾性评估”项目,不仅要对过去的MAR项目进行全面和多视角的评估,更致力于给出教训,为NWS未来的发展指出方向和技术路线。

## 2 气象服务效益评估的主要方法

由于不同评估分析方法针对效益中的不同方面,当开展效益评估时,尤其是对所有服务进行效益评估时,就需要在不同环节中采取多种评估方法。本节主要在理解气象/水文服务效益评估工作环节基础上介绍相关方法,包括开展效益分析和理论以及用于定量和货币化效益的模型。

一般认为,效益评估工作大致可以分为以下几个方面:

- 1) 理解气象服务效益增值链条的各个环节;
- 2) 找出与气象水文服务相关的不同经济、社会和环境效益;
- 3) 区分效益-成本以及选择分析方法;

- 4) 量化分析效益的价值;
- 5) 定性描述和分析效益;
- 6) 处理效益评估的不确定性。

### 2.1 理解增值链条

气象水文服务的价值最终取决于潜在用户是否(或如何)接收和解释气象水文信息,以及这些信息如何影响或改变其决策/行动,并将这些决策/行动产生的结果与没受服务影响的决策/行动相比较。因此,在评估效益时,在服务评估中理解增值链条的组成部分是至关重要的。

当总体评价服务效益时(例如,针对某一区域或在全国范围内)首先需要评估或假设某一服务的使用率(即,目标人群/业务使用服务的百分比)。经济学家对气象水文服务使用率的预测视为一种需求预测。需求预测既包括非正式的方法,如专家判断,也包括定量方法,如对历史数据或调研数据的分析。在一些案例中服务使用率可接近100%(例如,日常时候中使用天气预报)。但对于某些具体部门的服务,服务使用率可能会低得多。

影响潜在用户行为以及气象水文服务使用率的因素主要包括:

- 1) 服务中与用户沟通的程度;
- 2) 服务的特点(例如,准确率或时间提前量);
- 3) 决策者特性(例如,风险规避,对气象水文信息的先验知识);
- 4) 决策者的环境(例如,政府的方案和影响服务使用率的政策,社会规范等);
- 5) 资源的可用性以及在信息响应过程中对不断变化行动的管理措施。

### 2.2 确定效益类型

识别效益的类型是找出气象水文服务所有经济效益的重要环节。这不仅包括某一服务或项目的经济效益(例如,增加收入),也包括所产生的环境、社会效益(例如,挽救生命,提高娱乐体验,减少有毒物质的释放等)。可以分析易于被量化和货币化的效益以及使用定性方法来评估的效益。找出与气象水文服务相关的所有效益类型,主要推荐使用TBL(Triple Bottom Line)效益分类方法。TBL效益分类方法主要指社会效益、环境效益和经济效益。该方法说明气象水文服务的效益远超过传统意义上的经济效益(仅描述现金流,包括收入和支出,或容易货币化的其他效益,见表1)。

### 2.3 区分效益和选择分析方法

在经济、社会和环境效益已经确定的基础上,需要筛选效益以确定其权重(如,在量级方面),并评

表1 气象水文服务TBL效益的个例

效益	描述
社会效益	避免自然灾害所带来的生命损失受伤和疾病； 社会安全； 科学界改进信息和数据； 对日常安全、舒适、享受以及普通国民方便的贡献，例如： <ul style="list-style-type: none"> <li>• 娱乐；</li> <li>• 旅行和通勤；</li> <li>• 恶劣天气的准备措施；</li> <li>• 改进日常家庭的决策；</li> <li>• 其他直接和间接形式的社会效益；</li> <li>• 事务管理；</li> <li>• 避免气候相关的疾病（如高温有关的疾病，由气候恶化所引发的，疟疾媒介传播疾病）。</li> </ul>
环境效益	长期监测环境状况的基本指标； 最小的有毒物质和其他污染物的释放； 对当地环境的管理； 支持解决重大全球环境问题； 节水； 减少施肥的径流，以改进水质。
经济效益	避免霜冻，冰雹或干旱的作物损失； 增加农业生产和销售； 农业机械使用更有效的调度； 通过路线规划降低了运输油耗； 改进飞行抵港及离港的调度； 减少航空公司飞机改道的成本； 减少的搜救费用； 减少抗旱成本； 船舶装卸设施有效的调度； 避免海洋石油和天然气不必要的停机； 规避天气对个人财产的损失； 更有效的规划能源生产和交付。

估哪些效益适合定量评估，及除了定性评估之外哪些效益难以评估。效益的筛选完成之后，就可以选择评估效益的方法。气象水文服务相关效益可以包括农作物产量的提高（每公顷的产量）、挽救的生命、气候相关的疾病减少、能源节约（如碳排放及其他温室气体的减排）、节约用水及提高游客休闲的天数等。量化这些成果涉及大量的建模工作，也需要相关领域的专业知识。因此，与卫生、农业、水资源管理、能源及其他部门的专家密切合作来完成此阶段的分析是非常重要的。在这个阶段中，经济学家的重要作用确保所提供的信息对随后进行效益分析的经济评估模式是有效可用的。

## 2.4 定量分析效益价值

经济学家通常采用多样的需求理论去评估信息的价值（例如气象水文部门提供的预报服务），包括：

1) 直接要求信息使用者客观评估数据的价值：该方法必须使用标准的经济评估流程，并且需要仔细设计和检查，否则结果容易无法采信。

2) 基于受众行为观察和意愿支付法的成本推断服务的价值：使用该方法，经济学家可以从观察主体中所收集到的数据来判断信息价值。这些数据的收集包括：为避免气象以及气候事件影响所采取的行为，或人们为了更好休闲而愿意为更好的预报服务所承受的额外成本。

3) 具体经济（决策）模型所用到的信息：经济模型涵盖了代表决策的因素和使用该项服务前后的价值（或成本）之间的数学关系表达。这使得我们有可能计算出由于该项信息增加的部分价值。

4) 从相似的研究中寻找发现：评估与气象/水文服务相关价值的原创性研究需要大量的时间和经费支持。出于这个原因，研究者们经常使用效益转移途径去预估这些价值。效益转移涉及采用某项研究中已经存在的经济价值评估去评估其他情境下的经济价值。

5) 数据分析，分析历史数据或者开展调查分析使用该信息前后所形成的区别（事前以及事后研究）：数据分析要求一个较长时间段，或空间，或情境下的可得数据，但不用全部数据。

表2给出了可用于评估气象/水文相关服务的多种方法，包括非市场评价技术，经济模型，去除成本评估和效益转移等。

## 3 启示

### 3.1 在目标用户群（行业、部门）深入调研中理解效益产生的过程

通常情况下，效益评估工作直接根据用户调查结果或相关数据推算对效益进行评估。然而，由于用户决策与服务产品应用是非线性关系，效益产生过程本身具有一定的复杂性，除了可以直接调查得到（或数据推演得到）可量化的直接效益，同时还存在着大量只能通过理解用户决策过程才可发现的间接效益。因此，需要在评估中通过理解用户决策过程和效益产生过程，对服务或产品产生的直接和间接效益进行全面评估。

### 3.2 在效益类型研究基础上，确定评估目标，并找出不同类型效益，应用不同的评估方法

不同用户在决策中应用预报服务产品所产生的效益不尽相同，同一用户/部门/行业产生的效益类型不是单一的，而是多样的，因此，在效益评估工作中，需要根据用户或行业特点、决策情况等相关数据收集，应用效益分类方法对效益本身进行研究分类。在此基础上，选择采用适当的评估方法。此外，针对不同的评估目标，甚至同一目标下的不同评估指标，其调查评估方法也有所不同，如表3所示。

### 3.3 建立标准的运行流程

与对单一产品或服务的评估工作不同，效益评估不仅涉及气象业务内部的多个方面，也与用户决策过程密切联系，是集自然科学与社会科学、经济学多学科交叉的复杂系统过程。虽然评估结果主要为气象部

表2 评估方法

方案	方法	描述
非市场评估方法：意向调查	价值评估法 (CV)	基于用户偏好和价值选择的问卷调查。
	联合分析	类似于CV，只是对受访者采用了一系列多元选项的调查而非单一的问题。
非市场评估方法：展示偏好	转移行为	基于用于减轻气象或气候事件影响所支出的开销或者由于改进后的气象/水文服务而避免的损失决定其市场价值。
	旅行成本或者模型成本	用户在旅行和休闲度假时是否愿意为预报服务支付更多的费用获得更好体验；通过计算为获得气象/水文服务而付出的经费或成本。
	享乐价格	推过推断家庭、财产或劳动力市场行为去推断质量改变后的价值。
	决策分析	分析当人们使用气象/水文服务做决策或不用该项服务做决策时产生的价值区别通常采用商业或产量模型。
经济模型	均衡模型	检查需求和供应中的变化，以及与气象/水文服务相关的价格效应；检查生产者和消费者的收益或者损失。
	计量模型	通过统计关系检查气象/水文服务相关的特殊结果；计量模型中最常用的是回归模型。
可避免费用评估		评估由于更好的气象/水文信息而产生的气象和气候事件的可避免成本，如可避免财产损失，生命拯救以及可避免的影响生病率。
效益转移		通过已存在价值研究成果研究其他背景环境下同类事物的价值，如不同地理环境或者政治环境）。

表3 评估气象预警不同指标的案例调查及分析方法

评估目标	案例调查	案例方法
预警准确率 (地点、时间、严重程度)	传统的大样本检验（如监测率、误报率）； 李克特量表法（如从1~5按程度分级评分，或时间准确率百分比）。	与观察者相关的预警的统计分析； 针对公众与特定用户观点的调查。
预警传播情况	预警信息在一段时间内传播到公众/用户的发布情况。	预警的区域、时效、渠道的总结； 长时间段的描述或相关性统计（多年趋势）。
预警传达到了目标群体	收到预警的人口占比； 特定网站的点击率； 事件访谈。	针对公众与特定用户观点的调查； 网络满意度调查。
预警的意义被理解为实现计划好的	公众/用户正确理解预警信息的占比； 事件访谈。	针对公众与特定用户观点的调研。
预警结果及建议的行动被理解	公众/用户正确理解预警信息的占比。	针对公众与特定用户观点的调研。
行为意向	人们愿意去按照预警信息行动的占比。	针对公众与特定用户观点的调研。
对预警的满意度	李克特量表法的时间满足程度； 时间满足度占比。	针对公众与特定用户观点的调研。

表4 近期同行评阅环境相关社科研究文献

学科	标题/引用	对 socioeconomic 分析的相关贡献
人类学	利用隐藏的数据：即将到来的天气预测数据库	探索了揭示与记录当地独特地理及文化术语对天气预测的挑战与益处。
应用医学研究	降低美国城市与热相关人类死亡率研究进展评估	针对40个美国大城市热浪发生的早期预警系统与保障服务的间接评估方法的开发及应用。
决策科学	影响环境预测对能源系统价值的因素研究	通过定义、揭示及应用了一系列建立在专家/股东知识基础之上的简单决策实验来对天气相关信息潜在影响进行评估。
灾害地理学	飓风影响与社会脆弱性建模	通过研发一项社会脆弱性指数来与物理伤害指示一同探析社会脆弱性与飓风损害的相关性。
跨学科研究	人类对天气预报资源、使用及认知的变量探析	使用因素分析与回归分析的方法从全美国性的公众调查中提取数据来理解美国公众资源的模式，对每日天气预报的使用与认知及使用预报与个人性格特点及经验的相关性。
心理学	减少天气预报可能出现的最好情况：锚定效应	探析了大量天气预报信息与不确定性的锚定效应与校正误差。

门所用，但评估工作的实施涉及多部门、多行业，评估过程相对复杂。因此，在效益评估工作启动前需要对项目进行合理规划，建立标准化的运行流程，以推进项目顺利进行。

### 3.4 需要跨学科相关行业专家对效益评估进行指导

效益评估涉及多个学科（表4），每个学科在社

会经济效益研究中都具有一定的优势。因此，需要根据评估目标选择相关跨学科专家对效益评估工作进行指导。

致谢：本文受到中国气象局气象软科学面上项目 [2016]M24资助。

（作者单位：中国气象局气象干部培训学院）