

细网格数值模式产品在水文气象服务中的应用

尹恒¹ 杜良敏² 胡永光³ 尹欣⁴ 杜兴无¹ 夏金¹ 周勇¹ 文强¹

(1 湖北省十堰市气象局, 十堰 442000; 2 武汉区域气候中心, 武汉 430074;
3 汉江集团信息中心, 丹江口 442700; 4 湖北省神农架林区气象局, 神农架 442400)

摘要: 利用T639、GER和JMA细网格数值预报模式降水产品和汉江上游水文降水资料, 应用统计方法建立气象数值预报因子与水文面雨量对应关系, 进而得到汉江上游面雨量客观预报模型。结果表明, 该方法较客观地反映了流域内降水尤其是致洪暴雨的分布情况, 为丹江口水库调蓄调度、防汛抗旱提供科学参考量, 是水文与气象信息耦合度量面雨量的有益尝试。

关键词: 汉江, 数值预报, 细网格, 面雨量, 预报

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1973.2017.01.022

Application of Fine-Mesh Grid Numerical Model LSP Products in Hydrometeorological Service

Yin Heng¹, Du Liangmin², Hu Yongguang³, Yin Xin⁴, Du Xingwu¹, Xia Jin¹, Zhou Yong¹, Wen Qiang¹

(1 Shiyang Meteorological Bureau of Hubei Province, Shiyang 442000; 2 Wuhan Regional Climate Center, Wuhan 430074;
3 Hanjiang Group Information Center, Danjiangkou 442700; 4 Shennongjia Meteorological Bureau of Hubei Province, Shennongjia 442400)

Abstract: In this article, we establish a statistical forecast model by using the T639, GER and JMA predicted rainfall products at grids as meteorological factors and the upstream hydrological precipitation data in Hanjiang River basin as the predictor. The test results show that the proposed method may reflect the distribution of the precipitation in the basin objectively, particularly for heavy rains. It may provide a scientific reference for flood control and drought relief at Danjiangkou reservoir storage scheduling, and the technique may be beneficial for similar issues.

Keywords: Hanjiang River, numerical forecast, fine mesh, surface precipitation, forecast

0 引言

汉江上游位于陕西南部 and 湖北西北部, 属于亚热带季风气候, 夏秋季节常因暴雨引发山洪雨涝灾害, 致洪暴雨越来越为人们所关注。防汛抗洪决策一个重要依据是水位和流量的变化, 而对水位和流量的预报依赖于对流域内面降雨量的估计。目前, 我国水文部门用降雨实况资料计算面雨量, 从而计算径流、预报水位和流量。然而, 一方面至今并没有理想的面雨量预报方法; 另一方面, 只有准确的流域面雨量作为水文模式的初值, 才可能尽量延长洪水预见期。在欧美一些发达国家, 面雨量预报早已用于水文预报, 而在我国这方面的技术研究正处于深入研究和应用阶

段^[1-5]。汉江是中国中部区域中水质最好的, 汉江上游作为南水北调水源区, 做好汉江流域面雨量预报既是水库调度需要、更是社会经济发展和安全渡汛的现实需求, 本文综合应用气象统计学、数值预报理论等研发流域降水面雨量预报技术, 在改善传统的预报作业模式基础上提高了专业预报服务于水文气象的能力。

1 技术方法和资料

江河流量的变化和洪涝产生的直接原因是降水的量级, 面雨量是洪水预报模型的输入场, 面雨量估算也成为当今国内外研究的一个热点, 从面雨量构成要件看可归结为降水三个限制性因素——落区、强度、时间。因此我们在分析预报水情变化时, 需要整个流域或某个特定区域的降水情况, 这就要用相关流域各个雨量站测得的降水量来计算出流域降水的情况, 即称为面雨量。在水文学中, 面雨量系指单位面积上的降雨量即某一特定区域或流域的平均降雨状况。面平

收稿日期: 2016年11月26日; 修回日期: 2016年11月30日

第一作者: 尹恒(1963—), Email: cnyinh@163.com

资助信息: 湖北省气象局科技发展基金(2015Y09); 湖北省气象局科技拔尖人才基金(2016B13)

均雨量表示为:

$$\bar{P} = \frac{1}{A} \int P dA,$$

式中, A 为特定区域面积, P 为有限元 dA 上雨量。由于流域面雨量能客观地反映该流域降雨情况, 因此在分析和预报水情变化时应用非常广泛, 为水文学上一个重要参数。

我们知道诸多气象或水文问题都是非线性的, 许多的多元非线性问题都可以化为多元线性回归来处理^[6], 根据最小二乘估计的原理, 建立预报量 (Y) 和预报因子 (X_i) 间数学关系, 即:

$$Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_m X_m,$$

其中, m 为因子个数。

所用资料主要取自汉江上游水文观测站08时日降水量数据与同期我国T639、德国 (GER) 及日本 (JMA) 数值模式产品中降雨量预报产品, 资料年代为2013—2015年汛期 (5—10月), 其中2015年汛期为试验性应用检验, 2016年5—10月进行业务化应用。

2 业务化算法和实现

利用T639、GER、JMA数值预报降水产品, 采取距离客观插值、统计订正方法, 制作汉江上游分段水文面雨量预报, 为汉江集团提供专题水文气象预报服务。流域分段以流域地理特征和河流水库设点为依据, 其中石泉以上区域为上段、石泉到白河之间区域为中段、白河到丹江口之间区域为下段, 共有3个预报 (区间) 段。彭涛等^[7]指出流域水文气象研究, 需加强洪水预报与气象预报的集成耦合技术, 本文就是基于气象数值模式预报产品信息和水文降雨量观测资料, 研究水文面雨量预报, 给出计算思路和方法。

2.1 数据获取与资料处理

读取CMAcast处理的MICAPS中T639、GER、JMA细网格数值预报产品降水格点降水量累计资料, 分别计算每个格点24、48和72h预报值。相应各产品格点取值范围为T639 (104°—112°E, 30°—34°N), GER (105°—111°E, 31.5°—34.5°N), JMA (106.25°—111.25°E, 31.25°—33.75°N)。选用累积降水量预报作为初选因子, 每个时间段中的每一个格点用预报时段结束时刻减起始时刻得到所需因子资料。

1) 权重系数计算。利用数理统计方法, 分别计算3类数值预报模式所选区域每一格点的权重系数, 调整优化面雨量预报精度。

$$RF(i, j) = TB(i, j) \times R(i, j),$$

其中, i, j 为经纬格点, RF 、 TB 、 R 分别表示格点实况雨量、格点权重、格点数值预报雨量。

2) 有限区域插值计算。有限区域插值计算, 将汉江上游每个区间段分为9个有限区域, 分别计算其T639, GER, JMA三种产品面雨量预报, 再依次求得综合面雨量预报。距离插值得到各模型面雨量预报: 上段T639、GER、JMA三种产品面雨量预报分别为 $HT(i)$ 、 $HG(i)$ 、 $HJ(i)$, 中段T639、GER、JMA三种产品面雨量预报分别为 $MT(i)$ 、 $MG(i)$ 、 $MJ(i)$, 上段T639、GER、JMA三种产品面雨量预报分别为 $LT(i)$ 、 $LG(i)$ 、 $LJ(i)$ 。

3) 综合面雨量计算。

分别计算3种数值产品面雨量、综合面雨量的预报区间和中间值等预报结果。

$$HR(i) = a_1 \times HT(i) + a_2 \times HG(i) + a_3 \times HJ(i),$$

$$MR(i) = b_1 \times MT(i) + b_2 \times MG(i) + b_3 \times MJ(i),$$

$$LR(i) = c_1 \times LT(i) + c_2 \times LG(i) + c_3 \times LJ(i),$$

其中, HR 为上段区间面雨量、 MR 为中段区间面雨量、 LR 为下段区间面雨量; $i=1, 2, 3, \dots, 9$; a_1 、 a_2 、 a_3 、 b_1 、 b_2 、 b_3 、 c_1 、 c_2 、 c_3 为统计系数。

然后进行模式综合预报的面雨量预报区间值和预报中值计算, 其方法为:

$$HR_{\min} = \text{AVERAGE}(HR_{\min} + HR_{\min-1} + HR_{\min-2}),$$

$$HR_{\max} = \text{AVERAGE}(HR_{\max} + HR_{\max-1} + HR_{\max-2}),$$

$$HR = \text{AVERAGE}(HR(1) + HR(2) + \dots + HR(9)),$$

这里AVERAGE是取平均值, 如图1a中的任意一组数值所示。

以上是以一个预报时段为例的计算模型, 预报建模时需要分别建立24、48和72h的预报模型。即:

$$HR(i)_t = A_1 \times HT(i)_t + A_2 \times HG(i)_t + A_3 \times HJ(i)_t,$$

$$MR(i)_t = B_1 \times MT(i)_t + B_2 \times MG(i)_t + B_3 \times MJ(i)_t,$$

$$LR(i)_t = C_1 \times LT(i)_t + C_2 \times LG(i)_t + C_3 \times LJ(i)_t,$$

其中, $i=1, 2, 3, \dots, 9$; t 取24、48、72h三个时间段; A_1 、 A_2 、 A_3 、 B_1 、 B_2 、 B_3 、 C_1 、 C_2 、 C_3 为统计系数。

汉江上游分段面雨量预报产品输出有3种格式, 利于不同用户、用于不同目的的使用和查询, 他们分别为: ①文本格式 (.txt), ②MICAPS格式, ③web网页格式。图1、图2给出了这三类输出方式的举例 (2016年9月12日20时), 模式运行的预报产品每天按08、20时2个时次输出。图1a里给出了T639、GER、JMA三种数值产品和综合预报产品的汉江上游上、中、下段24—72h面雨量, 图1b中给出了综合预报48h三个区段的预报产品。图2分别给出的是综合预报24—72h三个时段的预报产品。

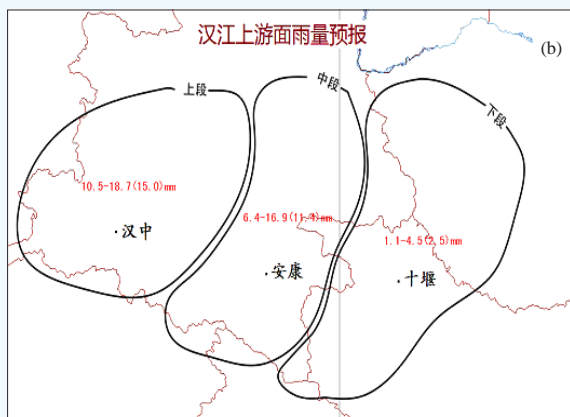


图1 汉江上游面雨量预报文本 (a) 和MICAPS输出格式 (b)
Fig.1 Rainfall forecast text (a) and MICAPS output format (b) for the upper reaches in Hanjiang River

3 业务应用与检验

本业务试验以2013—2014年5—10月T639、GER、JMA三个细网格数值模式预报产品为基础，汉江降水水文统计面雨量为对象，进行统计分析得到预报模式，模式于2015年5—10月进行模式试验性应用，2016年5—10月投入业务实际应用。

模式输出结果以汉江集团丹江口水库调水服务为对象，以期为其提供科学客观预报，因而模式检验评定是按照汉江集团降水面雨量评定办法来进行评定的，该办法将日面雨量按10个等级进行预报，依据对应实况雨量评定得分，分为100、75和0分三个得分档次（表1）。

依照上述评定方法，对2015年5—10月汛期模式预报方法结果进行质量评定，5—10月总平均得分为88.0分，其中5—10月各月评定得分分别为84.9、90.4、79.6、89.3、91.4和92.0分（表2），石泉以上流域的上段得分86.9、石泉至白河间流域的中段得分87.4、白河至丹江口间流域的下段得分89.6。

2016年5—10月将预报模型投入业务运行，汉江

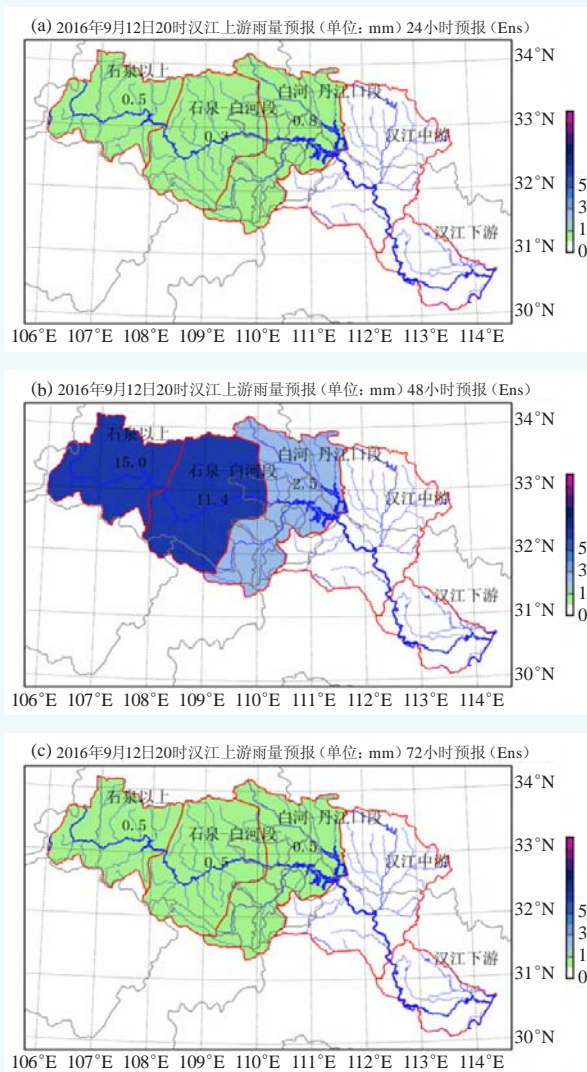


图2 汉江上游面雨量网页输出
Fig.2 The Web output of rainfall in the upper reaches of the Hanjiang River

上游分时段、分区域评定见表3，24、48、72h分别达到92.4、87.5和85.7分，整个汛期全流域达评分为88.5

表1 汉江集团降水面雨量评分办法
Table 1 Scores for testing the watershed rainfall by the Hanjiang River group

预报等级	实况值范围		
	得分100	得分75	得分0
0	0~2.9	3.0~4.9	>5.0
1~5	0.1~9.9	10.0~15.0	>15.0
5~10	1.0~15.0	0.1~0.9	15.1~20.0
10~15	5.0~20.0	3.9~4.9	20.1~30.0
15~20	10.0~30.0	5.0~9.9	30.1~40.0
20~30	15.0~40.0	10.0~14.9	40.1~50.0
30~40	20.0~50.0	15.0~19.9	50.1~60.0
40~50	30.0~60.0	20.0~29.9	60.1~70.0
50~70	40.0~80.0	30.0~39.9	80.1~100.0
70~100	50.0~120.0	40.0~49.9	120.1~150.0

表2 2015年汉江上游面雨量预报试验评分

Table 2 The test scores of rainfall forecasts for the upper reach watershed in the Hanjiang River for 2015

月份	上段(石泉以上)			中段(石泉至白河)			下段(白河至丹江口)		
	24h	48h	72h	24h	48h	72h	24h	48h	72h
201505	93.3	83.5	73.2	92.0	84.7	80.3	91.0	83.6	82.5
201506	95.0	90.8	86.7	90.8	85.7	83.3	98.3	91.7	90.8
201507	88.3	80.9	71.5	86.1	80.9	70.5	90.7	75.9	71.1
201508	85.9	84.7	83.1	89.5	94.4	89.5	92.7	93.1	90.5
201509	94.3	89.3	85.8	96.7	88.0	86.9	98.0	90.8	92.5
201510	95.2	91.6	90.7	91.9	90.3	91.8	98.4	91.2	90.4
平均	92.0	86.8	81.8	91.2	87.3	83.7	94.9	87.7	86.3

表3 2016年汛期汉江上游面雨量预报评分

Table 3 Scores of rainfall forecasts for the upper reach watershed in the Hanjiang River for flooding season in 2016

流域区间	24h	48h	72h	平均
上段(石泉以上)	91.5	84.2	83.5	86.4
中段(石泉至白河)	92.8	88.9	86	89.2
下段(白河至丹江口)	93	89.3	87.5	89.9
平均	92.4	87.5	85.7	88.5

分,可见预报模型稳定,在不同年份均有较好的评定得分,取得理想的预报效果,满足了汉江集团丹江口水库调度业务要求和社会需要。

4 小结

通过对大量水文、气象资料的对比分析研究,对汉江上游面雨量估算和预报有了进一步的认识,实现了客观预报模型的业务化运行,使得水文气象预报技术与决策服务能力有了新的提高。其主要特点体现于我国T639、德国和日本三个数值预报模式产品的加权处理,克服了单一产品所存在的不确定性,得到估算雨量和面雨量预报产品预报能力高,是洪水预警的客观科学依据,在业务使用中成效显著,为水文气象服务和大型水库调水提供了技术支撑。

参考文献

- [1] 徐晶,林建,姚学祥,等. 七大江河流域面雨量计算方法及应用. 气象,2000(11): 13-16.
- [2] 丁太盛,刘惠敏. 汛期强降水面雨量分析和预报. 气象科学,2003(3): 346-351.
- [3] 王仁乔,李武阶. 日本降水预报的客观订正及三峡区间面雨量的估算. 空军气象预报,1999,17(2): 175-180.
- [4] 徐晶,姚学祥. 流域面雨量估算技术综述. 气象,2007,33(7): 15-21.
- [5] 高琦,徐明,李武阶,等. 我国面雨量研究及业务应用进展. 气象科技进展,2014,4(2): 66-69.
- [6] 黄嘉佑. 气象统计分析与预报方法. 北京: 气象出版社,1990: 49-60.
- [7] 彭涛,沈铁元,高玉芳,等. 流域水文气象耦合的洪水预报研究及应用进展. 气象科技进展,2014,4(2): 52-58.

(上接154页)

- [11] 王遵娅,赵珊珊,张强. 我国冰冻日出现的气象条件分析及其判别模型. 高原气象,2011,30(1): 158-163.
- [12] 王颖,王晓云,江志红,等. 中国低温雨雪冰冻灾害危险性评估与区划. 气象,2013,39(5): 585-591.
- [13] 毛淑君,李栋梁. 基于气象要素的我国南方低温雨雪冰冻综合评估. 冰川冻土,2015,37(1): 14-26.
- [14] 李华蓉,赵一,潘建平. 山区公路雪灾预警评估模型初探. 城市勘测,2010,(2): 116-119.
- [15] 刘明明,潘建平,杨海明. 山区公路冰雪灾害预警评估模型研究. 公路交通技术,2011,(3): 27-30.
- [16] 王颖,王晓云,江志红,等. 1960—2008年南方地区冰冻时空分布特征. 南京信息工程大学学报(自然科学版),2011,3(1): 28-35.
- [17] 谢静芳,吕得宝,王宝书. 高速公路路面摩擦气象指数预报方法. 气象与环境学报,2006,22(6): 18-21.
- [18] 蒋建莹,史历,倪允琪. 一次“高影响天气”的弱降雪过程的数值研究. 应用气象学报,2005,16(2): 232-237.
- [19] 刘梅,尹东屏,王清楼,等. 南京地区冬季路面结冰天气标准及其预测. 气象科学,2007,27(6): 685-690.
- [20] Norrman J. Slipperiness on roads-an expert system classification. Meteorol Appl,2000,7(1): 27-46.
- [21] 刘伟东,扈海波,程从兰,等. 灰色关联度方法在大风和暴雨灾害损失评估中的应用. 气象科技,2007,35(4): 563-566.
- [22] 魏海宁. 灰色关联度方法在灾害性天气评估中的应用研究. 南京: 南京信息工程大学,2011.
- [23] 张继权,李宁. 主要气象灾害风险评估与管理的数量化方法及其应用. 北京: 北京师范大学出版社,2007.
- [24] 孙健,毛恒青,姚秀萍. 全国气象服务典型案例集(2009—2010). 北京: 气象出版社,2011.