

从'98特大洪水中看改进的HLAFS 数值降水预报的性能

李延香 田华 宗志平*

(国家气象中心,北京100081)

提 要

文章对1998年大洪水期间改进的HLAFS^[1]的降雨预报产品进行检验.结果表明,改进的HLAFS对松嫩流域的暴雨预报较好,中到大雨则是长江中下游地区预报较好,而三峡库区相对较差;对于主要降雨过程降雨区的强度预报往往比实况弱,且其落区约有半数较实况偏北,但其轴向一般与实况一致;改进的HLAFS对小雨预报比原HLAFS好,对中雨和暴雨预报也有不同程度的改进;整体预报面积偏大和大雨以上降水预报准确率仍低仍是HLAFS有待改进的问题.对三峡库区面降水量预报,半数左右的预报较好;对大量级降水预报往往偏弱,而小量级则相反

关键词: '98大洪水 评价 改进的HLAFS 降水预报 统计学和天气学方法

1998年主汛期(6~8月)改进的HLAFS降雨预报产品投入业务使用,该产品在1998年特大洪水期间的预报性能,与原HLAFS预报性能的区别,在业务预报中发挥的作用,是模式、预报及有关人员所关注的问题.检验分析模式的预报性能,不仅有利于数值预报产品的进一步释用,而且也为模式的改进提供一些有益的反馈信息,这是本文需要研究的问题.

1 改进的HLAFS对长江、松花江和嫩江流域降雨预报检验结果

改进的HLAFS是在原HLAFS预报模式(LAM)的基础上,把模式的水平分辨率由 1×1 提高到 0.5×0.5 经纬度网格,垂直层次由15层增加到20层,并在原有物理过程中引入显式降水方案.模式中的微物理过程包括:云水向雨水的自动转换,雨水的蒸发及雨滴和云滴的碰并过程等^[1].检验方法采用天气学与统计学相结合的方法.统计学检验方案参见文献[2];天气学方法则用于检验主要降雨区的位置、轴向、强度.

* 国家气象中心数控室的黄卓和赵俊英同志参加了部分工作.

1999-04-15收到,2000-01-19收到再改稿.

表 1 新旧 HLAFS 1997 年 6~8 月与 1998 年和 1999 年 6~8 月降水
预报的平均 TS 评分对比表

| 等级 | 时效/h | 东北地区 | | | 西南地区 | | | 长江中下游地区 | | |
|--------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|
| | | 1997 | 1998 | 1999 | 1997 | 1998 | 1999 | 1997 | 1998 | 1999 |
| 小 雨 | 24 | 0.196 | 0.251 | 0.202 | 0.246 | 0.292 | 0.304 | 0.147 | 0.112 | 0.170 |
| | 48 | 0.195 | 0.260 | 0.194 | 0.223 | 0.298 | 0.299 | 0.147 | 0.145 | 0.195 |
| 中 雨 | 24 | 0.084 | 0.105 | 0.099 | 0.081 | 0.092 | 0.076 | 0.117 | 0.112 | 0.117 |
| | 48 | 0.077 | 0.093 | 0.079 | 0.075 | 0.074 | 0.068 | 0.088 | 0.117 | 0.087 |
| 大 雨 | 24 | 0.060 | 0.058 | 0.035 | 0.030 | 0.019 | 0.014 | 0.066 | 0.077 | 0.071 |
| | 48 | 0.078 | 0.035 | 0.053 | 0.013 | 0.013 | 0.004 | 0.067 | 0.059 | 0.059 |
| 暴 雨 | 24 | 0.006 | 0.102 | 0.013 | 0.000 | 0.000 | 0.010 | 0.015 | 0.025 | 0.017 |
| | 48 | 0.007 | 0.002 | 0.013 | 0.000 | 0.000 | 0.003 | 0.020 | 0.020 | 0.004 |

表 1 给出新旧 HLAFS 1997 年与 1998、1999 年主汛期东北地区(代表松花江和嫩江流域)、长江中下游地区、西南地区东部(代表长江上游三峡库区)降水预报的平均 TS 评分, 对比分析可以看出以下几个特点:

(1) 除了长江中下游地区外, HLAFS 的小雨预报 1998 年好于 1997 年, 1999 年也明显好于 1997 年. 中雨预报后两年也比 1997 年稍好一些.

(2) 1998 年 3 个区域的大雨预报 TS 评分比较, 长江中下游地区最好, 东北次之, 西南地区居第三位. 除了长江中下游地区的 24 h 预报外 1998 年和 1999 年大雨预报均比 1997 年差.

(3) 暴雨预报的 TS 评分, 1998 年东北和长江中下游地区的 24h 暴雨预报明显优于 1997 年, 且前者在 3 个区域中也是得分最高的, 其 7 月份的 24 h 暴雨预报的 TS 评分达 0.228, 这在数值降雨预报中是不多见的. 总体看来, 1999 年暴雨预报评分比 1997 年普遍偏高.

(4) 随着降雨量级和预报时效的增加 TS 评分明显减少, 暴雨只有少数时段得分, 大暴雨基本没有报出, 这是改进的 HLAFS 和原模式的共同缺陷.

以上分析表明, 改进的 HLAFS 比原模式对小雨预报水平有明显的提高, 对中和暴雨也有不同程度的改进, 但大雨的预报水平则有所下降. 这表明改进的 HLAFS 预报性能基本稳定.

改进的 HLAFS 实时资料预报试验^[3]表明, 提高分辨率尤其是引入显式降水方案, 无论是 24 h 还是 48 h 预报, $\geq 1 \text{ mm}$ 的降水预报面积比原方案缩小, 即相对接近实况, 而且空报率减少, TS 评分增加. 对于较大量级的降水, 南方地区的显著特点是: 提高分辨率后预报面积反而加大, 引入显式降水方案后则相反; 北方地区无明显差别.

诊断分析^[4]表明, 提高分辨率后, 模式对于强降水中心降雨量随时间变化趋势的预报能力比原模式有明显改进, 引入显式降水方案后由于对大尺度凝结和物理过程的描写更为细致合理, 且由于云水和雨水的拖曳作用有效地抑制了由分辨率的增加而引起的垂直速度的虚假增长, 使模式对天气过程动力机制的描写也更合理, 因此对降水量和强降水落区的预报也有所改善.

由此可见, 改进的 HLAFS 对暴雨预报水平的提高, 很大程度上是由于引进了显式降水方案, 同时提高分辨率使预报面积加大, 也弥补了原模式对该量级降水预报面积过小、漏报较大的不足.

总之,改进的HLAFS对大雨预报水平普遍下降的原因各区不尽相同,西南地区东部降雨面积预报过小(一般不足实况的1/3)、漏报太多,而长江中下游和东北地区则主要是由于落区预报不准造成较多的漏报。

2 改进的HLAFS对主要降雨过程预报检验结果

普查1998年长江中下游、东北和三峡库区3个主要的洪涝灾区或关键区共43次中雨以上降雨过程(其中8次大暴雨、16次暴雨、11次大雨和8次中雨过程)得出以下初步结论:

- (1) 就24 h暴雨预报而言,约有40%的暴雨日,HLAFS预报的暴雨区与实际出现的暴雨区小部分或局地重合。
- (2) HLAFS预报的主要降雨区的轴向80%以上与实况吻合或基本一致。
- (3) HLAFS预报的主要降雨落区40%以上较实况偏北,一般偏北1~3个纬距,少数偏北超过4个纬距;预报的主要暴雨或大暴雨中心强度较实况明显偏弱。
- (4) 整体降雨面积偏大、特别是小雨的预报面积过大仍是改进后的HLAFS的不足之处。
- (5) HLAFS的24 h预报一般好于48 h预报,约80%的暴雨过程48 h预报很差。

3 改进的HLAFS对三峡库区分流域降水预报检验结果

本文检验了7月18日至8月31日共45天的00:00(UTC)改进的HLAFS对三峡库区的24 h和48 h的面降水量预报。预报按流域分为5个区(图略)。一区:嘉陵江流域;二区:泯江和沱江流域;三区:乌江流域;四区:重庆到万县干流区;五区:万县到三峡坝区。检验时分4个区,因四区和五区范围较小,因此将这两个区合二为一,一并检验。预报中采用流域内包含的 $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$ 经纬度网格点上的降水量的平均值作为面降水预报值,检验时使用相应流域内所有雨量站的降水量平均值与预报值进行对比。

表2 1998年7月18日~8月31日HLAFS对三峡库区面降水量预报检验结果

| 检验项目 | 时效/h | 全区 | 一区 | 二区 | 三区 | 四区和五区 |
|-------------------------|------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 平均绝对误差 | 24 | 4.43 | 6.83 | 5.90 | 9.49 | 7.43 |
| | 48 | 5.66 | 6.09 | 6.34 | 9.84 | 8.39 |
| 正误差平均值 | 24 | 4.53 | 7.56 | 5.28 | 4.31 | 6.27 |
| | 48 | 1.62 | 5.63 | 4.71 | 3.93 | 5.36 |
| 正误差出现的百分比 | 24 | 66.7 | 80.0 | 71.1 | 60.0 | 71.1 |
| | 48 | 48.9 | 64.4 | 66.7 | 55.6 | 57.8 |
| 最大正误差值 | 24 | 10.64 | 22.70 | 14.10 | 17.10 | 19.80 |
| | 48 | 11.34 | 15.6 | 9.00 | 12.00 | 34.80 |
| 负误差平均值 | 24 | -4.25 | -3.54 | -7.42 | -17.26 | -10.00 |
| | 48 | -7.36 | -7.01 | -10.82 | -16.60 | -12.53 |
| 负误差出现的百分比 | 24 | 33.3 | 20.0 | 28.9 | 40.0 | 28.9 |
| | 48 | 51.1 | 35.6 | 33.3 | 44.4 | 42.2 |
| 最大负误差值 | 24 | -13.05 | -13.00 | -23.90 | -51.50 | -26.90 |
| | 48 | -22.24 | -21.10 | -31.90 | -53.10 | -39.40 |
| 误差 $< 5\text{ mm}$ 的百分比 | 24 | 62.2 | 42.2 | 60.0 | 46.7 | 48.9 |
| | 48 | 53.3 | 51.1 | 53.3 | 46.7 | 53.3 |

我们对 45 天三峡库区和 4 个分区预报产品进行检验(表 2), 并对同一时段的逐日 24 h 全区面降水量预报和相应的实况作了比较(图 1), 对比分析可以得出:

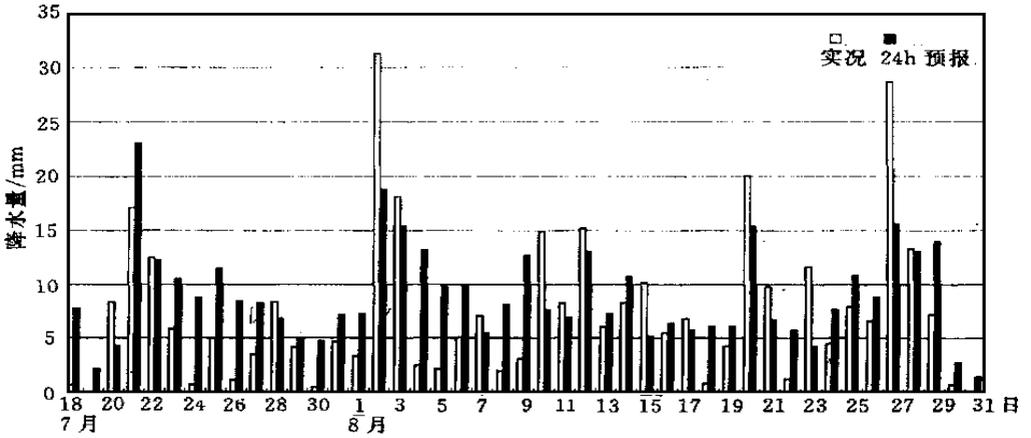


图 1 1998 年 7 月 18 日至 8 月 31 日 HLAFS 对三峡库区逐日 24 h 全区面降水量预报与实况对比

(1) 从三峡库区整体面降水预报来看, 24 h 预报的平均绝对误差为 4.43 mm, 48 h 为 5.66 mm; 24 h 预报偏大的占 2/3, 48 h 近 1/2. 这表明, HLAFS 预报的面降水偏大的占多数.

(2) 就分区预报而言, 总体看来二区和一区较好, 三区最差. 二区和一区的平均绝对误差、平均负误差、最大负误差绝对值均较小, 且误差小于 5 mm 预报时次占总预报时次的比例基本上也大于三区.

(3) 24 h 和 48 h 预报比较, 除了正误差的平均值 24 h 大于 48 h 预报外, 其余各项 24 h 预报都优于 48 h 预报.

(4) 就逐日全区降水预报而言, 面降水量绝对误差 < 5 mm 的约占总预报时次的一半, 表明半数左右的预报较好. 当面降水量实况 ≥ 10 mm 时, 24 h 和 48 h 预报分别有 83% 和 100% 的预报较实况偏小; 相反, 当面降水量实况小于 < 10 mm 时有 85% 和 73% 预报偏大. 这表明 HLAFS 对大量级降水预报偏弱, 而对小量级降水预报偏大.

参 考 文 献

- 1 闫之辉, 赵俊英. 国家气象中心有限区域同化预报系统(HLAFS)业务改进. 国家气象中心数值预报产品评价公报, 1998, 5~6, 30~32.
- 2 李延香, 宗志平. 1996 年主汛期 HLAFS 数值预报产品检验评价. 大气科学研究与应用, 1999, (2).
- 3 赵俊英, 闫之辉, 马清云. 有限区域业务预报模式改进方案实时资料预报试验. 见: 国家气象中心编, 有限区域业务预报模式改进方案准业务运行技术总结. 1999.
- 4 闫之辉, 赵俊英, 郭肖容. 有限区域业务预报模式改进方案诊断分析. 见: 国家气象中心编, 有限区域业务预报模式改进方案准业务运行技术总结. 1999.

NUMERICAL RAINFALL PREDICTION PERFORMANCE OF IMPROVED HLAFS DURING THE CATASTROPHIC FLOOD OF 1998

Li Yanxiang Tian Hua Zong Zhiping
(National Meteorological Center, Beijing 100081)

Abstract

The rainfall prediction products of improved HLAFS were verified for the catastrophic flood period of 1998. The results show that this model performed better in Songhuajiang-Nenjiang River Valley for torrential rain forecast, better in the middle and lower reaches of the Yangtze River and worse in the Three-Gorges area for the moderate and heavy rain forecasts. Usually, The predicted rainfall intensity is weaker than the observed for the main rainfall processes. In about half causes, the predicted rainfall area is to the north of the real while the predicted axis is consistent with the real. The improved HLAFS performs better for light rainfall prediction and shows improvement for moderate and torrential rainfall. However, the overall predicted rainfall area is too large and the accuracy of heavy and torrential rain prediction needs further improving. For the rainfall amount prediction around the Three Gorges area, in about half causes, the model performs well with less predicted amount for heavy rain and larger one for small rain.

Key words Verification '98 flood Precipitation prediction Improved HLAFS synoptic and statistic methods