

基于目标对象的数值模式区域降水 预报选优方法

盛春岩

2023年8月10日

目录

CONTENTS

1

问题的提出

2

资料与方法

3

试验方案设计

4

选优效果分析

5

结论

目录

CONTENTS

1

问题的提出

2

资料与方法

3

试验方案设计

4

选优效果分析

5

结论

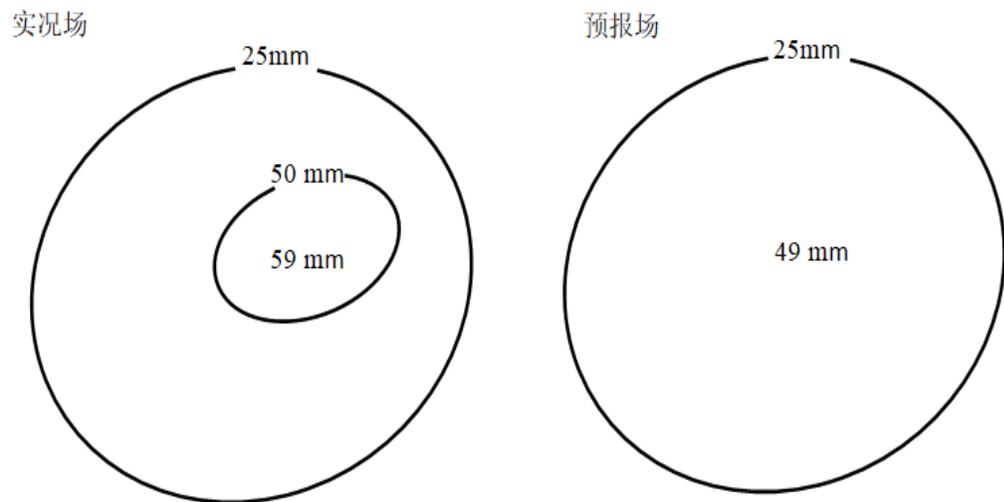
一、问题的提出

近年来，基于目标对象的检验方法在国内外得到发展和应用。Ebert and McBride (2000) 首先提出了**面向对象**的降水预报误差分析方法，Davis等 (2006a; 2006b; 2009) 提出了**基于目标的检验方法**，可以客观对比分析预报和观测对象的位置、形状、方向和尺寸等属性。

借鉴这些先进的检验方法，刘凑华等 (2013)、尤凤春等 (2011)、熊秋芬等 (2011)、薛春芳等 (2016)、李佳等 (2016)、张博等 (2017)、徐同等 (2019)、蔡义勇等 (2020) 先后开展了基于目标的降水预报检验方法试验和业务应用。符娇兰等 (2014) 采用面向对象的检验技术和天气系统识别技术，对ECMWF模式在西南地区强降水天气系统的预报误差进行了检验分析。

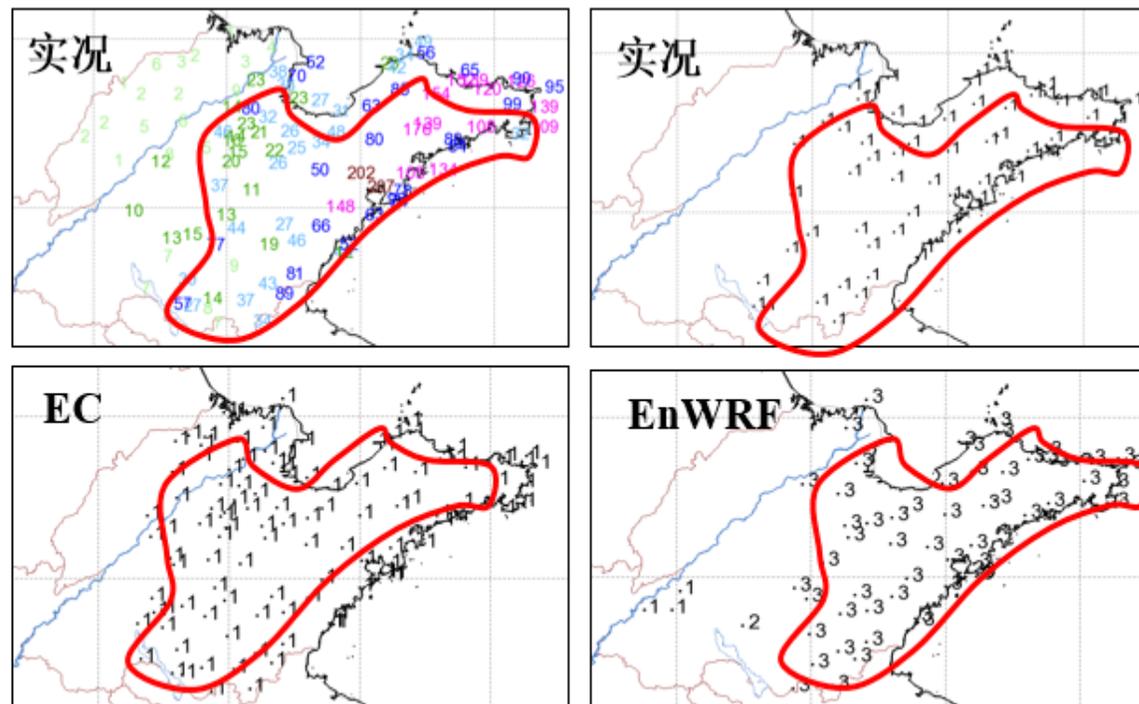
一、问题的提出

- 如何从大量的快速更新预报产品中选取最优预报？
- 传统的TS评分: 要求严格点对点预报正确, 不能合理检验预报。



戴建华等, 2013
曲巧娜等, 2019

- 目标对象识别: 对大于一定强度的降水, 分别计算每个目标对象的面积、重心位置、形状和强度参数, 进行综合评分, 评分最好即为预报 (匹配) 最好的落区。



2014年7月24日 24h 预报

一、问题的提出

- 茅懋等（2016）设计了一种目标对象检验方法，通过对比目标对象的等级TS评分、等级面积评分、位置评分、交叉相关评分、形状评分等，实现对强对流预报产品检验。曲巧娜等（2019）在改进此方法的基础上，进行不同模式产品预报评价。
- 上述研究均为针对单个目标对象的识别匹配检验方法。在实际天气预报业务中，预报员更为关注某一强度以上、某一区域范围的预报总体情况。当研究区域范围内存在多个目标对象时，如何进行区域降水预报总体评价，选取最优预报产品，缺乏有效的方法。

目 录

CONTENTS

1

问题的提出

2

资料与方法

3

试验方案设计

4

选优效果分析

5

结论

二、资料与方法

1.资料

- 模式产品：2019年山东省气象科学研究所开发的快速更新循环同化预报系统（以下简称RUC系统）3km降水预报产品，处理成山东区域 $0.05^{\circ}\times 0.05^{\circ}$ 网格数据。
- 降水实况：采用山东省气象台智能网格预报业务中使用的降水格点实况数据，该数据以山东省1200多个质量较好的地面气象观测站数据为基础，将站点降水实况处理到山东区域范围 $0.05^{\circ}\times 0.05^{\circ}$ 网格上，形成逐小时间隔的格点实况数据。

二、资料与方法

2.方法：包括两个步骤：

(1) 单个目标对象评价：

$$S_{mod} = R1 \cdot TS + R2 \cdot S_{GC} + R3 \cdot S_{Area} + R4 \cdot S_{Shape}$$

其中 $R1$ 为TS评分权重， $R2$ 为重心位置预报评分权重， $R3$ 为面积大小预报评分权重， $R4$ 为落区形状预报评分权重，各评分项权重大小如何选取将通过敏感性试验确定。

(2) 区域总评价：

B1方案： 预报区域内每个预报正确落区的评分权重均为1，进行权重评分累加计算出区域预报总评分；

B2方案： 按照每个目标对象的面积权重评分计算区域预报总评分。

二、资料与方法

(1) 单个目标对象识别匹配评分。

- 与茅懋等（2016）、曲巧娜等（2019）对单个目标对象评分的**方法不同**。首先，根据业务上降水预报关注重点，选定TS评分、重心位置、面积大小、落区形状4项作为单个降水目标对象识别匹配综合评分的内容，**只考虑某一强度以上降水**，不再细分不同等级降水评分。
- 其次，对这四项评分的权重大小对选优结果的影响进行批量对比试验，**合理确定**各项评分的**权重大小**。

二、资料与方法

1) 重心位置评分

- 重心位置为目标对象中最强降水中心所在的位置（经纬度）。如果最强预报中心有多个点的，取多个点的中心位置为重心位置。设定预报目标对象和实况目标对象重心位置的最大容忍距离和最佳距离，进行重心位置评分，评价预报目标对象与实况目标对象位置的偏离程度。针对山东省内降水预报选优，这里设定最大容忍距离为220km，最佳距离为40km。
- 重心位置预报评分计算公式如下：
- $$S_{GC} = 1 - \frac{L - L_{\min}}{L_{\max} - L_{\min}}$$
- 式中， S_{GC} 为重心位置评分， L_{\max} 为最大容忍距离， L_{\min} 为最佳距离。

二、资料与方法

2) 面积大小预报评分

分别计算实况目标对象及预报目标对象对某一强度以上降水预报的有效面积大小，对面积大小预报进行评价。评分计算公式如下：

$$\bullet S_{\text{Area}} = \frac{1}{\left(2 \cdot \left| \frac{A_{\text{mod}} - A_{\text{obs}}}{A_{\text{obs}}} \right| + 1\right)}$$

- 式中， A_{mod} ：预报目标对象的有效面积
- A_{obs} ：实况目标对象的有效面积。

二、资料与方法

3) 落区形状预报评分

- 落区形状预报评分包括轴向角评分和椭圆率评分。首先确定目标对象长短轴的尺度、比例和轴向。对于某个目标对象，提取边界点信息，通过重心的最长两个边界点的连线为长轴，通过重心且垂直于（基本垂直，偏差在 2° 内）长轴的最短两个边界点连线为短轴。计算长短轴的比例（即椭圆率）和长轴的轴向角度，计算轴向角评分和椭圆率评分，二者平均即为落区形状评分。
- 落区形状评分 S_{Shape} 越高，说明预报目标对象形状越接近实况。

二、资料与方法

(2) 区域降水预报总评分

- 在单个目标对象识别匹配评分的基础上，将预报区域范围内所有目标对象匹配结果分为三类：预报正确落区、漏报落区、空报落区。给定预报正确落区一定的评分权重，按权重评分计算区域预报总评分，总评分最高的即为最优预报产品，空报和漏报落区总数目可作为选优的辅助参考。

目录

CONTENTS

1

问题的提出

2

资料与方法

3

试验方案设计

4

选优效果分析

5

结论

三、试验方案设计

- 试验一：单个目标对象评分敏感性试验。

- 设计了3组敏感性试验，具体如下：

- $S_{mod} = R_1 \cdot TS + R_2 \cdot S_{GC} + R_3 \cdot S_{Area} + R_4 \cdot S_{Shape}$

A1方案：R1=0.2, R2=0.6, R3=0.1, R4=0.1;

A2方案：R1=0.4, R2=0.4, R3=0.1, R4=0.1;

A3方案：R1=0.6, R2=0.2, R3=0.1, R4=0.1。

- 计算出每个目标对象预报的综合评分值，选取综合评分最高的目标对象为匹配最好的预报目标。

三、试验方案设计

- 试验二：区域预报总评分敏感性试验。

- 设计了2组敏感性试验，具体如下：

B1方案：预报区域内每个预报目标评分权重均为1，进行权重评分；

B2方案：按照每个目标对象的面积权重评分计算区域预报总评分，即计算每个预报正确的目标对象的面积权重占所有预报正确目标对象总面积的百分比，作为该目标对象的评分权重，对预报范围内所有目标对象进行权重评分累加，即为区域预报总评分。

三、试验方案设计

- 以上两组不同的试验方案分别组合，共形成6组不同的选优方法（见下表）。同时，增加TS评分选优结果进行对比。

表 1 不同的区域降水预报选优试验方案表

试验名称	方案组合	单个目标对象识别匹配评分各项权重				区域总评分方案
		TS/R ₁	重心/R ₂	面积/R ₃	形状/R ₄	
试验 1	A ₁ B ₁	0.2	0.6	0.1	0.1	权重均为 1
试验 2	A ₂ B ₁	0.4	0.4	0.1	0.1	权重均为 1
试验 3	A ₃ B ₁	0.6	0.2	0.1	0.1	权重均为 1
试验 4	A ₁ B ₂	0.2	0.6	0.1	0.1	按面积权重
试验 5	A ₂ B ₂	0.4	0.4	0.1	0.1	按面积权重
试验 6	A ₃ B ₂	0.6	0.2	0.1	0.1	按面积权重

目录

CONTENTS

1

问题的提出

2

资料与方法

3

试验方案设计

4

选优效果分析

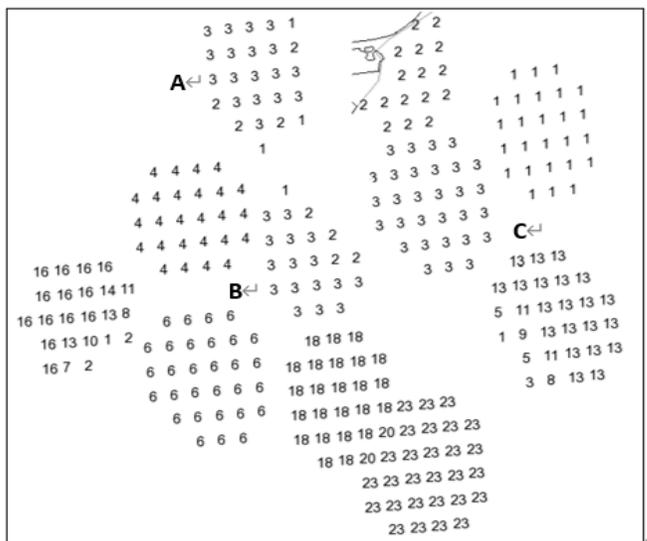
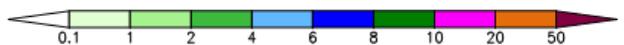
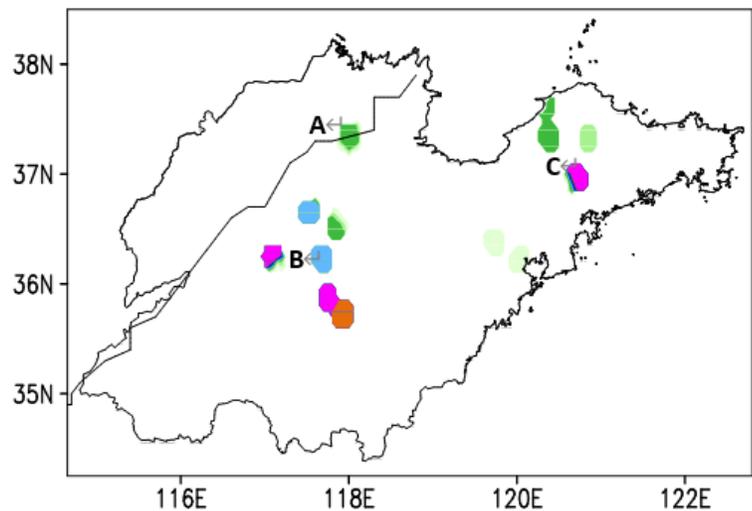
5

结论

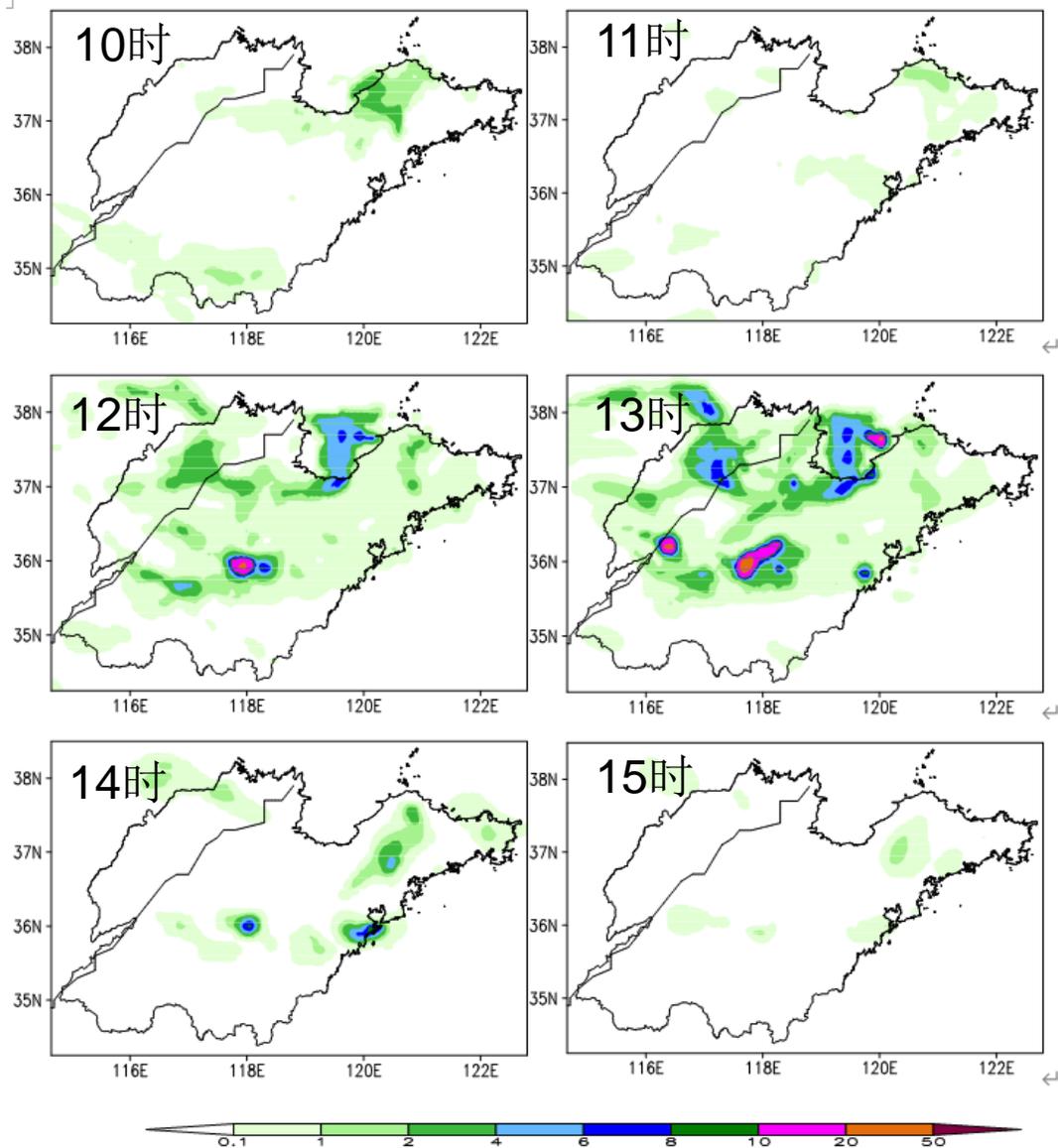
四、选优效果分析

- 个例1：2019年6月20日局地分散性降水个例
- 个例2：“利奇马”台风逐小时降水预报选优试验
- 2019年夏季批量试验结果

个例1：2019年6月20日RUC预报和实况



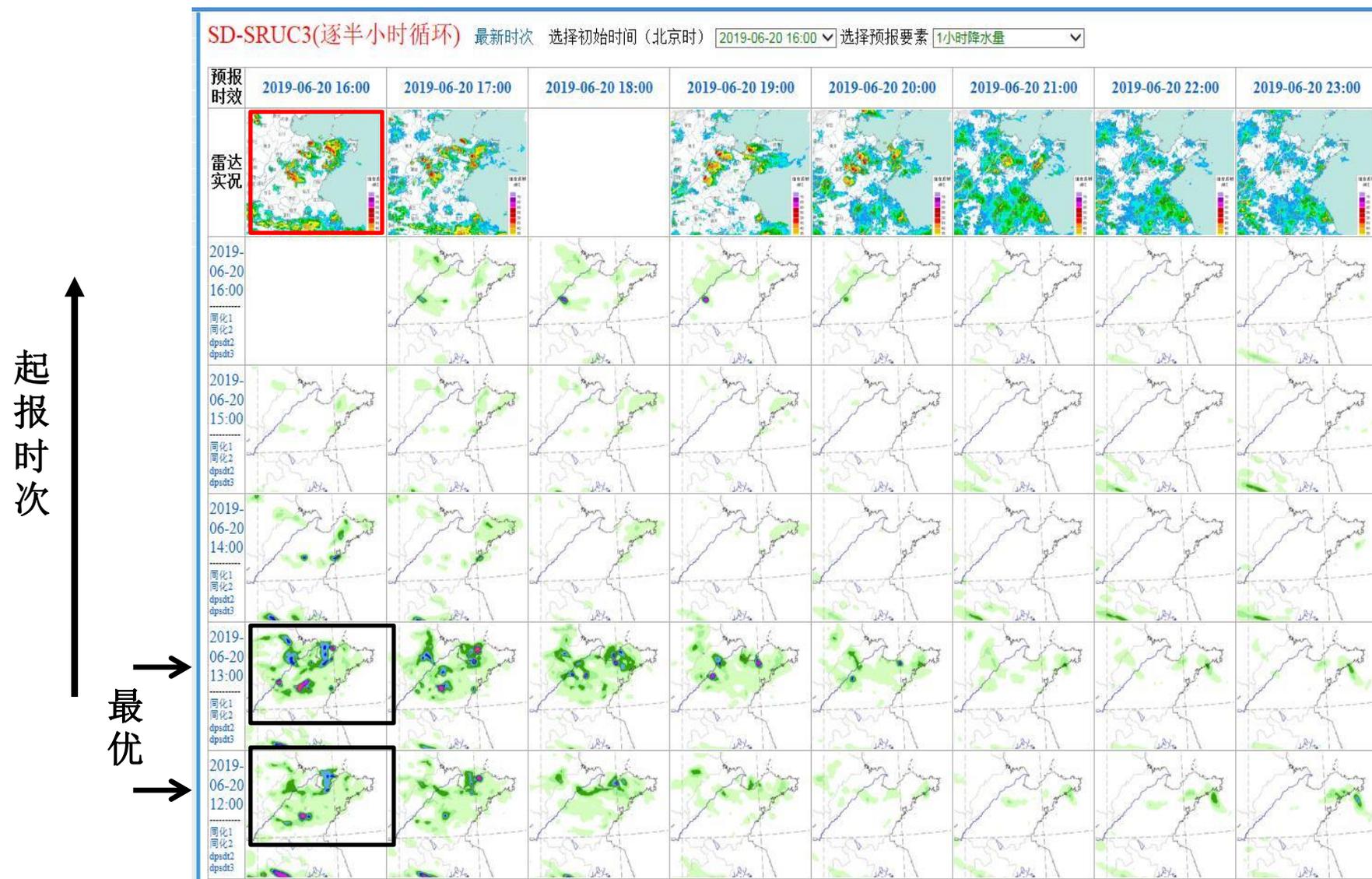
15-16时降水实况



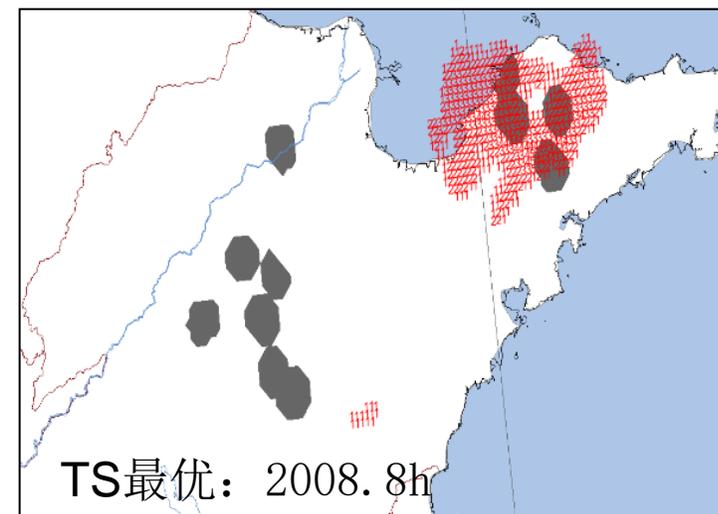
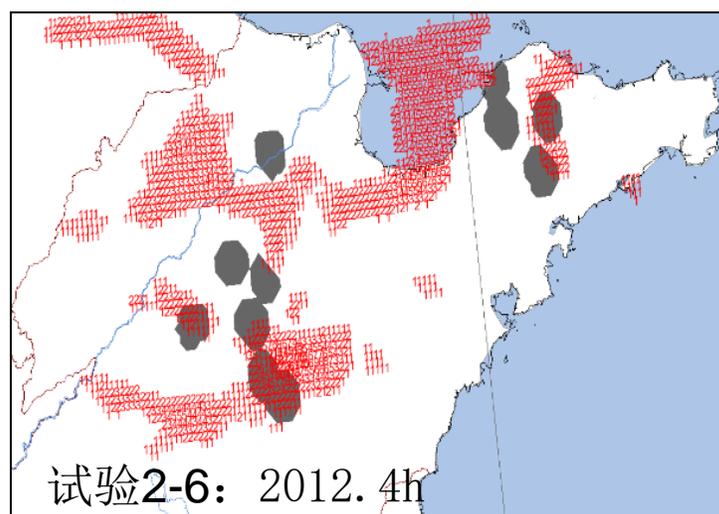
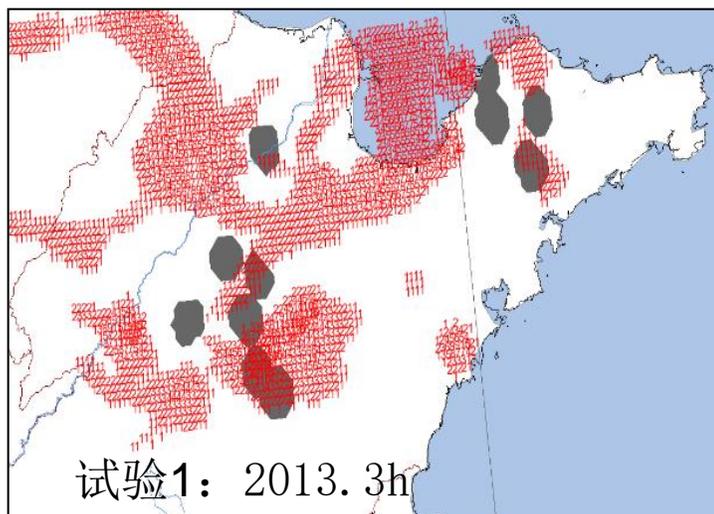
RUC不同时间起报的15-16时降水预报

RUC临近时次的预报不是最好的预报

个例1：2019年6月20日RUC预报和实况



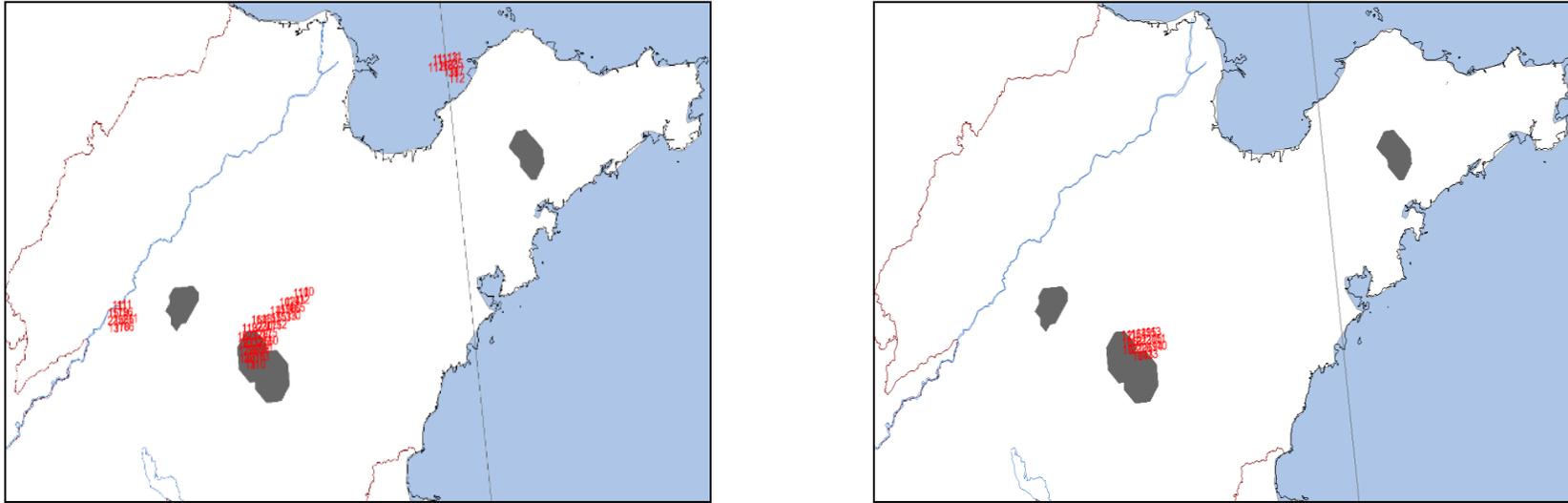
个例1：2019年6月20日RUC 15-16时 降水预报选优



基于目标对象的选优结果 ($\geq 1\text{mm}$)

TS评分的选优结果 ($\geq 1\text{mm}$)

个例1：2019年6月20日RUC 15-16时 降水预报选优

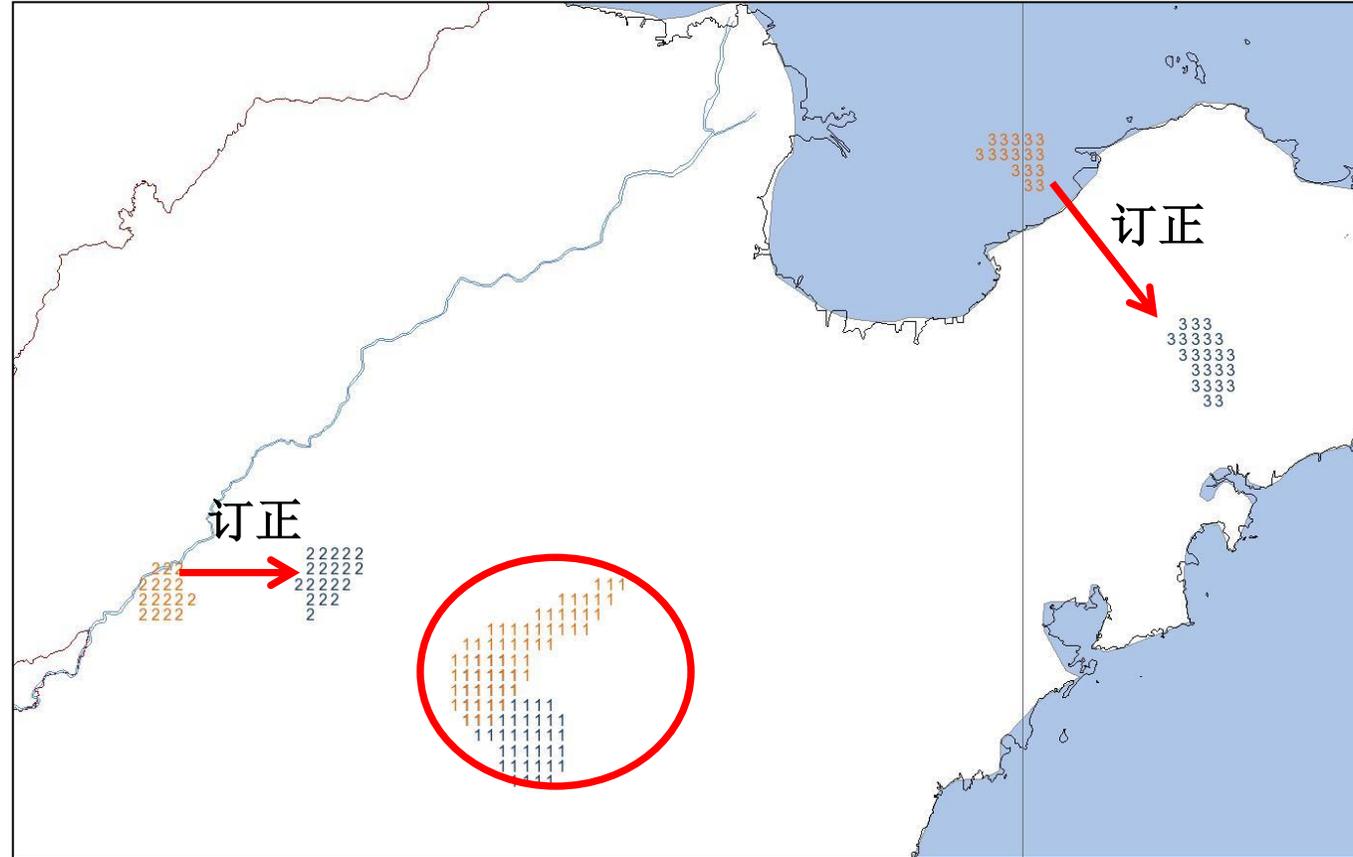


（左）2019年6月20日15-16时 $\geq 10\text{mm}$ 所有试验预报选优结果（2013.3h）及实况（黑色）

（右） $\geq 1\text{mm}$ 降水预报选优结果（2012.4h）降水预报及实况（黑色）

由此可见，各试验方案对10mm以上降水预报选优结果为13时2-3h预报是合理的。

2019年6月20日RUC 15-16时降水预报选优



≥10mm降水选优结果：13时2-3h预报

个例2: “利奇马”台风个例逐1小时 $\geq 10\text{mm}$ 降水预报选优

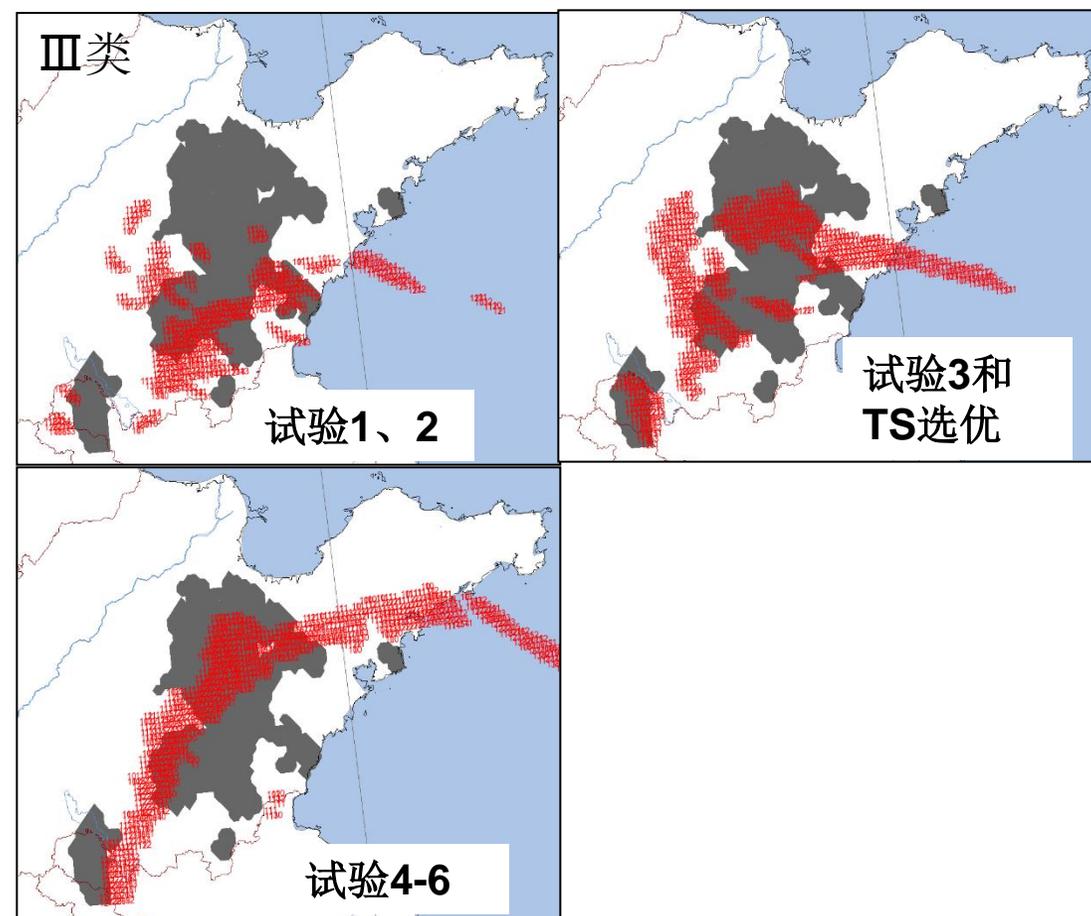
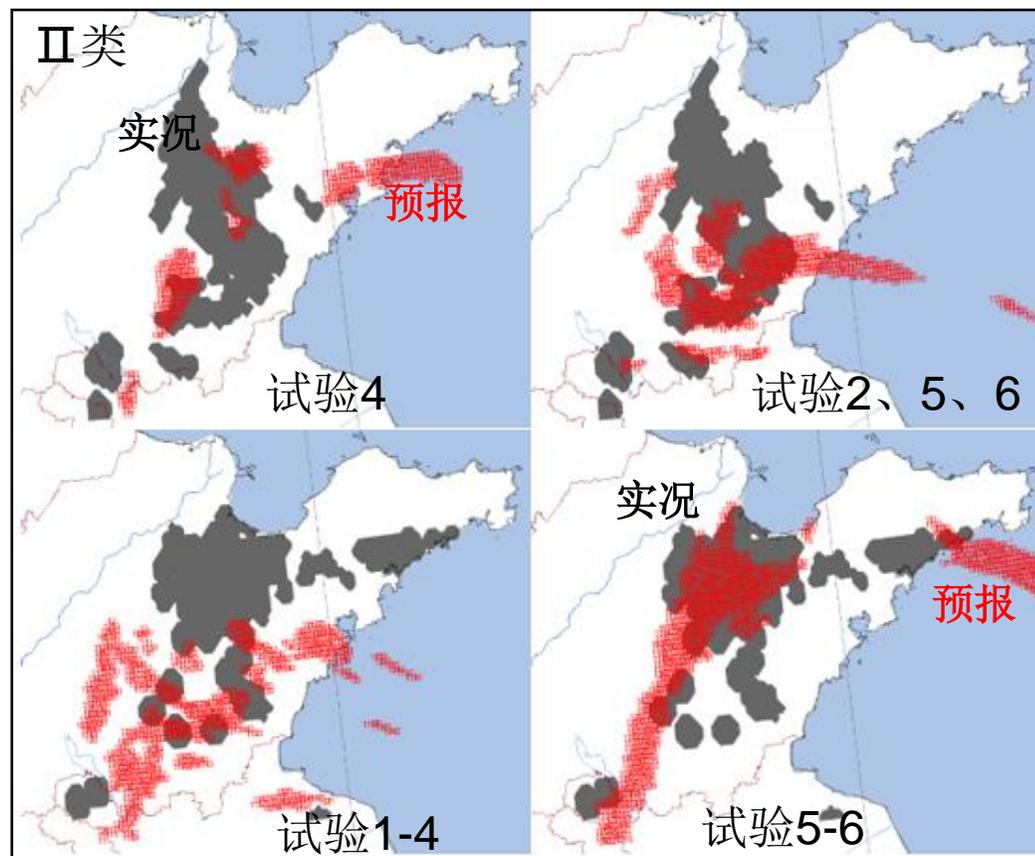
起报 时间	试验 1 (A1B1)	试验 2 (A2B1)	试验 3 (A3B1)	试验 4 (A1B2)	试验 5 (A2B2)	试验 6 (A3B2)	TS 评分 选优	选优结果
1100	<u>1018.6h</u>	1021.3h	<u>1017.7h</u>	1023.1h	1021.3h	1021.3h	1021.3h	II类
1101	<u>1020.5h</u>	<u>1020.5h</u>	1022.3h	1023.2h	1023.2h	1023.2h	1022.3h	III类
1102	<u>1020.6h</u>	<u>1020.6h</u>	<u>1020.6h</u>	<u>1020.6h</u>	1023.3h	1023.3h	1023.3h	II类
1103	1101.2h	1101.2h	1101.2h	1101.2h	1101.2h	1101.2h	1023.4h	I类
1104	1103.1h	1103.1h	1101.3h	1101.3h	1101.3h	1023.5h	1023.5h	I类
1105	1102.3h	1102.3h	1102.3h	1102.3h	1102.3h	1102.3h	1023.6h	I类
1106	1023.7h	1023.7h	1023.7h	1023.7h	1023.7h	1023.7h	1023.7h	I类
1107	1023.8h	1023.8h	1023.8h	1023.8h	1023.8h	1103.4h	1104.3h	I类
1108	1101.7h	1101.7h	1101.7h	1105.3h	1105.3h	1105.3h	1100.8h	I类
1109	1105.4h	1107.2h	1106.3h	1105.4h	1106.3h	1106.3h	1101.8h	III类
1110	1107.3h	1107.3h	1107.3h	1107.3h	1107.3h	1107.3h	1105.5h	I类
1111	1108.3h	1108.3h	1108.3h	1108.3h	1108.3h	1108.3h	1108.3h	I类
1112	1108.4h	1108.4h	1107.5h	1108.4h	1108.4h	1109.3h	1108.4h	I类

I类: 共9次, 此类所有的选优结果总体一致。

II类: 共2次, 此类基于目标对象的不同方案选优结果存在差异, 合理的方案选优结果更好。

III类: 共2次, 此类部分目标对象的选优结果好于TS评分选优。

个例2: “利奇马”台风个例逐1小时 $\geq 10\text{mm}$ 降水预报选优



II类: 此类基于目标对象的不同方案选优结果存在差异, 合理的方案选优结果更好。

III类: 部分目标对象的选优结果好于TS评分选优。

2019年6-8月批量试验

- 2019年6-8月，对 $1h \geq 10mm$ 降水进行选优批量试验。
- 结论：不同方案选优结果大部分是一致的，部分不同。
- 试验6 (A3B2) 评分最高，其次为试验5(A2B2)和试验3(A3B1)。

表 4 不同试验方案对 2019 年 6-8 月逐小时 $\geq 10mm$ 降水预报选优结果的平均 TS 评分对比

	试验 1 (A ₁ B ₁)	试验 2 (A ₂ B ₁)	试验 3 (A ₃ B ₁)	试验 4 (A ₁ B ₂)	试验 5 (A ₂ B ₂)	试验 6 (A ₃ B ₂)
TS 评分	6.69	6.82	7.11	6.97	7.38	7.63
			③		②	①

目录

CONTENTS

1

问题的提出

2

资料与方法

3

试验方案设计

4

选优效果分析

5

结论

五、结论

- (1) 经个例试验和批量试验表明，基于目标对象的区域降水预报选优方法可以较好地大量数值预报产品中选出最优降水预报，选优结果合理。
- (2) 提高单个目标对象识别匹配TS评分的评分权重（超过0.4），能够提高选优结果的合理性。按照每个目标对象的面积权重计算区域预报总评分（B2方案），是合理选出最优预报产品的关键。
- (3) 该方法对于局地分散性降水预报选优具有显著优势，可以克服传统TS评分的缺点，选出有参考价值的预报产品。由于目标对象评分考虑了降水落区形状、重心位置和面积大小评分，其选优结果较TS评分更为合理。

2022年汛期试运行：基于HHUPS快速更新循环预报选优结果 优于模式直接预报（“梅花”台风）

日期	目标最优时效	最优时效与最新时次的站点评分对比	
		选优预报	最新时次
	> 10mm	> 10mm	
2022.09.15.08	011	0	13.1
2022.09.15.09	007	23.28	19.82
2022.09.15.10	006	15.15	5.83
2022.09.15.11	009	8.91	3.31
2022.09.15.12	009	4.55	7.09
2022.09.15.13	009	10.69	5.56
2022.09.15.14	008	12.37	7.02
2022.09.15.15	007	6.67	6.74
2022.09.15.16	010	8.22	1.39
2022.09.16.02	010	0	0
2022.09.16.04	006	0	0
2022.09.16.05	008	0	0
2022.09.16.06	008	0	0
2022.09.16.07	011	0	0

2022年试运行： $\geq 20\text{mm}$ 强降水预报选优仍优于快速更新循环模式直接预报（“梅花”台风）

日期	目标最优时效	最优时效与最新时次的站点评分对比	
		> 20mm	
		最优时效	最新时次
2022.09.15.08	011	0	0
2022.09.15.09	/	0	0
2022.09.15.10	/	0	0
2022.09.15.11	006	0	0
2022.09.15.12	/	0	0
2022.09.15.13	/	0	0
2022.09.15.14	009	5.56	0
2022.09.15.15	/	0	0
2022.09.15.16	/	0	0
2022.09.16.02	008	0	0
2022.09.16.04	007	0	0
2022.09.16.05	007	0	0
2022.09.16.06	009	0	0
2022.09.16.07	011	0	0

敬请批评指正!