

AREM 模式对 2002 年汛期降水的 实时预报试验^①

王叶红 王志斌

(中国气象局武汉暴雨研究所, 武汉 430074)

提 要

2002 年主汛期,“973”(中国暴雨)项目研制开发的 η 坐标有限区域数值预报模式(AREM)在武汉暴雨研究所进行了每天两个时次(08 时、20 时)的实时数值预报试验。实时预报表明,该模式适合于我国计算机条件,对我国夏季降水有相当预报能力。对试验结果进行了分区 T_s 评分检验,模式对我国东部地区的降水预报评分最高,08 时起报的 0~24h 时效的降水预报,对 24 小时降水量大于 0.1、10、25 和 50mm 的 T_s 评分分别为 0.578、0.282、0.144 和 0.062。对 2002 年主汛期的几次强降水过程的预报结果表明:模式对 2002 年梅雨、长江流域暴雨、华南暴雨和华北暴雨都有很好的预报,模式对雨带的位置、移动、降水强度、降水的持续与减弱的预报都具备一定的能力。

关键词: AREM 模式 降水预报 T_s 评分 暴雨

引 言

AREM 模式(Advanced Regional η -coordinate Model)是在“973”(中国暴雨)项目支持下,由中国科学院大气物理研究所宇如聪等^[1,2]设计开发的,是我国具有自主知识产权的中尺度暴雨数值预报模式之一。AREM 模式研制成功后,为进一步证实模式的稳定性和预报能力,使之早日投入业务应用,“973”(中国暴雨)项目组将该模式在湖北、安徽等省应用。2002 年 5 月,中国气象局武汉暴雨研究所引进 AREM 模式,经过模式的安装、调试、自动接收资料、自动提交作业等一系列前期准备工作之后,于 2002 年 6~8 月湖北省主汛期期间,将 AREM 模式投入业务试验运行。试验所采用的模式范围为 15~55°N、85~135°E,积分步长设为 225 秒,采用 P4 1.7G 的普通微机,模式积分 36 小时约需 70 分钟,可满足业务实时性的需求。试验期

间每天进行两个时次的预报(08 时和 20 时,北京时,下同),做 0~36 小时降水量预报,并将客观定量的降水预报产品实时进入湖北省气象局计算机系统,与武汉中心气象台预报业务平台联网,供预报员制作预报时调用参考。连续三个月的实时预报试验,模式运行基本稳定。为客观、定量评价 AREM 模式对降水的预报能力,我们对 2002 年汛期试验结果进行了分区 T_s 评分检验,为 AREM 模式的进一步开发与应用提供参考依据。

1 分区预报 T_s 评分(格点对格点)

试验结束后,对模式预报范围内各区进行格点对格点的累计降水的 T_s 评分检验,分中国东部(22~35°N、105~124°E)、长江流域(26~33°N、100~123°E)、华南(20~26°N、109.5~123°E)、华北—东北(33~53°N、105~133°E)、中国西北部(33~50°N、87~105°E)和青藏高原(23~33°N、87~100°E)等

^① 由科技部重点转面上项目“我国南方致洪暴雨预测预警系统”及湖北省科技攻关计划项目 2001AA313B01 号课题共同资助

6个区进行检验,累计降水分为24小时降水量大于0.1、10、25、50mm等4个级别。24小时实况降水量经客观分析插值到模式范围内各网格点上。考虑到08~08时的24小时降水实况资料比较容易获取,因此所检验的

预报降水时段为两个:以08时为初始时刻模式预报的0~24h降水量和以20时为初始时刻模式预报的12~36h降水量。对各区6、7、8月分别进行评定,并给出夏季平均的降水预报 T_s 评分(表1)。

表1 08时起报的0~24h降水及20时起报的12~36h降水预报检验

月份	雨型 (mm)	08时起报 0~24h降水量					20时起报 12~36h降水量						
		中国 东部	长江 流域	华南	华北- 东北	中国 西北部	青藏 高原	中国 东部	长江 流域	华南	华北- 东北	中国 西北部	青藏 高原
6月	$R \geq 0.1$	0.604	0.573	0.612	0.400	0.263	0.291	0.579	0.558	0.583	0.329	0.223	0.270
	$R \geq 10$	0.364	0.320	0.279	0.149	0.031	0.004	0.264	0.234	0.188	0.094	0.026	0.003
	$R \geq 25$	0.212	0.211	0.151	0.075	0.014	0.000	0.121	0.119	0.085	0.050	0.004	0.000
	$R \geq 50$	0.096	0.089	0.079	0.039	-	0.000	0.038	0.047	0.019	0.011	-	0.000
7月	$R \geq 0.1$	0.567	0.536	0.682	0.361	0.214	0.424	0.486	0.446	0.575	0.296	0.142	0.318
	$R \geq 10$	0.220	0.168	0.263	0.116	0.013	0.017	0.133	0.098	0.116	0.060	0.004	0.012
	$R \geq 25$	0.103	0.086	0.100	0.048	0.000	0.000	0.058	0.046	0.037	0.034	-*	0.000
	$R \geq 50$	0.053	0.074	0.031	0.030	-	0.000	0.022	0.016	0.010	0.014	-	0.000
8月	$R \geq 0.1$	0.563	0.530	0.552	0.325	0.120	0.280	0.500	0.486	0.453	0.248	0.083	0.241
	$R \geq 10$	0.263	0.228	0.206	0.127	0.012	0.015	0.192	0.187	0.128	0.108	0.008	0.017*
	$R \geq 25$	0.117	0.104	0.120	0.056	0.000	0.000	0.065	0.065	0.062	0.064*	-*	0.000
	$R \geq 50$	0.037	0.024	0.046	0.030	0.000	0.000	0.016	0.011	0.022	0.023	-*	0.000
夏季 平均	$R \geq 0.1$	0.578	0.546	0.615	0.362	0.199	0.332	0.522	0.497	0.537	0.291	0.149	0.276
	$R \geq 10$	0.282	0.239	0.249	0.131	0.019	0.012	0.196	0.173	0.144	0.087	0.013	0.011
	$R \geq 25$	0.144	0.134	0.124	0.060	0.005	0.000	0.081	0.077	0.061	0.049	0.004	0.000
	$R \geq 50$	0.062	0.062	0.052	0.033	0.000	0.000	0.025	0.025	0.017	0.016	-*	0.000

表中“-”表示实况与预报均未出现该级别降水

从表1中模式08时起报的0~24h降水预报的 T_s 评分结果可见:

①整个试验期间(夏季平均),对于不同级别的累计降水量的 T_s 评分来说,模式对晴雨预报($R \geq 0.1\text{mm}$)的评分最高,随着降水量级的增加预报评分逐渐降低,50mm以上的强降水的预报评分最低。6月、7月和8月也是如此。

②整个试验期间,从不同区域的评分看,中国东部、长江流域、华南的降水预报评分明显高于其他区域的评分,总体而言,中国东部评分最高,西北部及青藏高原地区的评分最低。对24小时降水量大于0.1mm的 T_s 评分,华南最高(0.615),中国西北部最低(0.199);对大于10、25、50mm降水预报的 T_s 评分,均是中国东部地区最高,长江流域、华南次之。对大于50mm的降水预报,中国东部、长江流域、华南和华北—东北区的 T_s 评分分别为0.062、0.062、0.052和0.033,表明AREM模式对上述地区的暴雨都具有一定的预报能力。

③从不同月份的预报看,不同的区域表现不尽相同。中国东部、长江流域和华北—东北区均表现为:6月份对各个级别的降水

预报情况都明显好于其他两个月,这与6月份降水在上述地区较7、8月份集中有关,一般说来,降水越清楚,模式的 T_s 评分就越高;对24小时降水量大于0.1mm和50mm的 T_s 评分,8月份最低;而对大于10mm和25mm的降水预报,7月份评分最低。华南地区对24小时降水量大于0.1mm的 T_s 评分,7月份最高,8月份最低;而对大于25mm和50mm降水预报的 T_s 评分,6月份最高,7月份最低。中国西北部6月份对各个级别的降水预报情况都明显好于其他两个月,8月评分最低。注意到,对50mm以上的强降水的 T_s 评分,6、7月实况和模式预报都没有出现大于50mm的降水,这表明模式对该地区暴雨的预报没有出现空报的情况。青藏高原地区预报评分最高的月份是7月,6月最差。青藏高原地区24小时降水量大于25mm和50mm的 T_s 评分在6、7、8月均为零,表明模式对该地区的强降水过程预报能力较差。

从表1中模式20时起报的12~36h降水预报的 T_s 评分结果可见:

12~36h时效的降水检验,从整体上来看,表现出与0~24h时效降水检验相同的特征:随着降水量级的增加预报评分逐渐降低;

中国东部、长江流域、华南的降水预报评分明显高于其他区域的评分;不同月份的预报,各区域的表现也与0~24h时效的预报特征基本一致。而两个不同预报时效的降水 T_s 评分检验主要有以下不同:

①整个试验期间,12~36h时效的降水预报 T_s 评分要低于0~24h时效的预报检验,说明随着预报时效的增加,模式对降水的预报水平有所下降。

②从不同月份的预报看,中国东部、长江流域、华南等区域12~36h时效的降水预报 T_s 评分检验均比0~24h时效的 T_s 评分低,6、7、8各月及整个夏季平均的情况均如此。而对其他三个区来说,12~36h时效的 T_s 评分在某些情况下比0~24h时效的 T_s 评分还要高。表1中加“*”号的均是比0~24h时效评分高的。中国西北部,对于24小时降水大于25、50mm的降水来说,12~36h时效的预报减少了空报现象,所以评分比0~24h时效的评分高。

2 长江中下游和华南地区降水预报的 T_s 评分(站点对站点)

以上分析可见,AREM模式对长江流域和华南地区的降水预报能力最强,为进一步客观反映该模式的预报水平,我们着重对长江中下游(75个代表站)和华南地区(37个代表站)进行测站对测站的 T_s 评分。将模式预报的24小时累积降水量插值到各代表站点,与实际观测值进行比较。仍然对各级别的累计降水量进行 T_s 评分检验。表2给出了模式08时起报的0~24h降水和20时起报的12~36h降水预报的 T_s 评分,可见:

①从夏季平均情况来看,08时起报的0~24h降水在长江中下游地区站点对站点的 T_s 评分为:24小时降水大于0.1、10、25、

50、100mm的 T_s 平均值分别为0.463、0.283、0.174、0.114和0.050。对0.1mm降水预报评分表明了模式对长江中下游地区的降水落区有相当的预报能力,特别是对50mm和100mm降水预报评分表明模式对该地区的暴雨和大暴雨的预报也具备一定的能力。20时起报的12~36h时效的降水评分低于08时起报的0~24h时效的预报评分,特别是100mm以上降水预报的 T_s 平均值为0.0,这说明12~36h的降水预报能力总体上不及0~24h的降水预报,但其24小时降水大于0.1、10、25、50mm的 T_s 平均值也分别达到了0.409、0.187、0.092和0.059,说明模式12~36h的降水预报仍具有相当的参考意义。

②从不同月份的预报来看,总体上,长江中下游地区6月的预报评分最高,7月次之,8月最低,这与长江中下游地区6、7月多为大范围系统性降水,而8月份雨带移出长江流域,多为局地强对流突发性降水有关,对这类局地强对流突发性降水的预报仍然是目前数值预报的弱点。

③08时起报的0~24h降水在华南地区的 T_s 评分的平均值都在0.015以上,对0.1mm降水预报评分为0.579表明了模式对华南地区的晴雨预报有相当强的预报能力。除100mm以上的大暴雨评分外,20时起报的12~36h时效的降水预报在华南地区的 T_s 评分均低于08时起报的0~24h时效的预报评分,说明AREM模式的预报时效还有待于进一步提高,但其24小时降水大于0.1、10、25、50mm的 T_s 平均值也分别达到了0.485、0.151、0.074和0.039,说明模式12~36h的降水预报仍具有相当的参考意义。特别是12~36h时效的预报对于

表2 长江中下游和华南地区2002年6、7、8月降水 T_s 评分

雨型 (mm)	08时起报0~24h降水量								20时起报12~36h降水量							
	长江中下游				华南				长江中下游				华南			
	6月	7月	8月	夏季 平均	6月	7月	8月	夏季 平均	6月	7月	8月	夏季 平均	6月	7月	8月	夏季 平均
$R \geq 0.1$	0.514	0.462	0.413	0.463	0.569	0.641	0.526	0.579	0.468	0.375	0.384	0.409	0.517	0.518	0.420	0.485
$R \geq 10$	0.413	0.190	0.245	0.283	0.195	0.237	0.207	0.213	0.270	0.147	0.144	0.187	0.171	0.141	0.141	0.151
$R \geq 25$	0.280	0.108	0.133	0.174	0.113	0.087	0.107	0.102	0.137	0.090	0.049	0.092	0.077	0.088	0.057	0.074
$R \geq 50$	0.159	0.097	0.086	0.114	0.037	0.042	0.074	0.051	0.073	0.069	0.036	0.059	0.083	0.012	0.022	0.039
$R \geq 100$	0.067	0.083	0.000	0.050	0.033	0.000	0.013	0.015	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.091	0.030

100mm以上降水预报的 T_s 评分达到了0.03,超过了0~24h时效的预报评分。

④总体上来看,模式对长江中下游地区的降水预报评分要高于华南地区。

3 对2002年汛期雨带的预报

3.1 对华南暴雨的预报

2002年6月份,我国降水过程频繁,11~17日,华南、江南中南部一带出现持续性大到暴雨、局地大暴雨过程。6月11日,雨带主要在华南沿海地区;6月12日,华南沿海的降水迅速减弱,大于25mm的强降水区

已不呈带状分布(图略);6月13日,在华南、江南西部和南部地区建立起雨带;14日,雨带略有北抬,福建中北部、江西中部等地出现成片大面积大暴雨(见图1a);15、16日,高空华南西部上空小槽活动频繁,并在江南北部维持一切变线,低层在江南中南部建立起准静止锋,雨带维持在江南中南部、华南地区(见图1b,c);17日,雨带南落,强度减弱,南方强降水过程结束(见图1d)。由图可见,模式对此次南方持续性强降水过程的预报结果与实况基本一致。

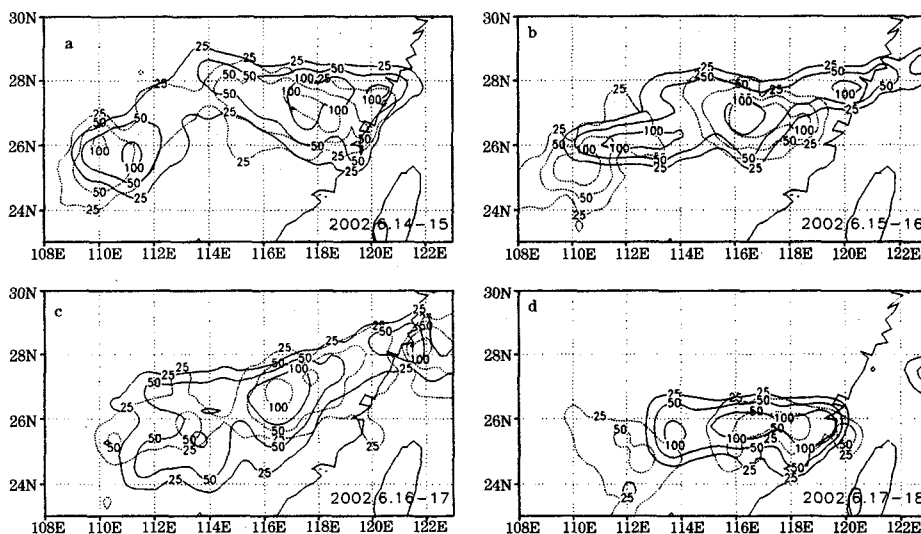


图1 2002年6月中旬华南暴雨(单位:mm)

实况:虚线;预报:实线;08时~08时

3.2 对2002年梅雨的预报

6月11~17日,实况降水和预报降水落区主要在华南和江南中南部一带,18日,随着副热带高压的西进北抬,雨带也随之北抬;19日,在长江中下游地区形成明显的东西走向的强降水带,该地区进入梅雨季节。这一雨带在此稳定了5天,模式较好地预报出了自19日入梅以后第一个梅雨降水阶段的雨带走向、降水分布和强度的变化情况。梅雨在25、26日停了2天。梅雨从27日重新开始,雨带在长江中下游地区建立,其后2天,随着副热带高压的南压东退,雨带南压至长江以南。模式对27~29日的强降水过程雨带的走向、降水分布、雨带移动和强度变化的预报都与实况基本一致。由于篇幅所限,图

2只给出了22~24日和27~29日的降水预报和实况。由此可见,模式对像梅雨这一类系统的较大范围的降水有很强的预报能力,能较好地预报出降水的雨带走向、强度变化和中心位置。

3.3 对长江流域暴雨的预报

2002年7月22~26日,在中高纬稳定的“两槽一脊”大尺度环流背景下,受中 α 尺度的低涡和切变线的影响,长江流域出现了一次范围广、强度大、持续时间长的连续性暴雨过程。22、23日,大于25mm以上的雨带表现为狭窄的东北—西南走向,随后,降水略有减弱,雨带走向逐渐变得经向度偏大,至26日雨带变为淮南北向。图3给出了7月22~23日、25~26日、26~27日发生在长江

流域的这次暴雨过程的24小时降水量实况和预报的对照。由图可见,AREM模式成功

地预报出了这次暴雨过程,降水的落区、强度和雨带的移动都与实况比较一致。

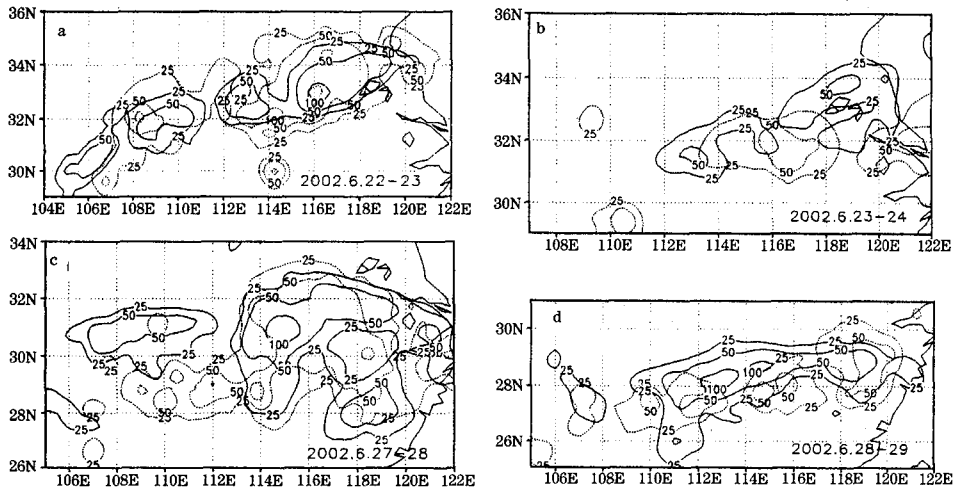


图2 2002年梅雨期间主要降水日降水量/mm
实况:虚线;预报:实线;08时~08时

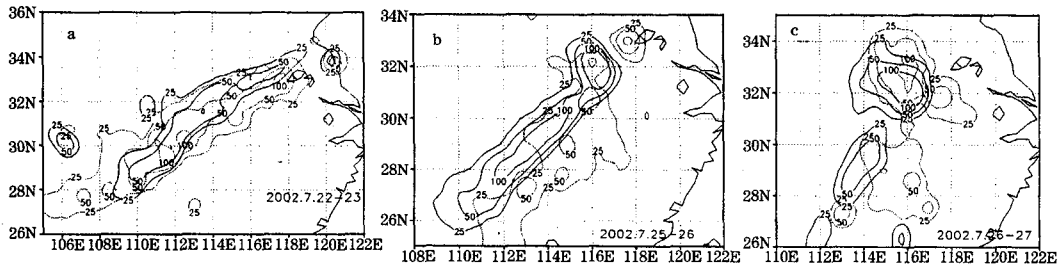


图3 2002年7月下旬长江流域暴雨日降水量/mm
实况:虚线;预报:实线;08时~08时

3.4 对华北暴雨的预报

模式对长江流域、华南等地出现的系统性降水具有较强的预报能力,而对华北地区的暴雨预报相对弱一些,这从降水的 T_s 评

分中可以反映出来。但是模式对该地区的强降水预报还是具有一定的能力,图4给出了6月7、8、9日连续3天的华北地区的降水实况分布和预报的结果。由图可见,模式成功

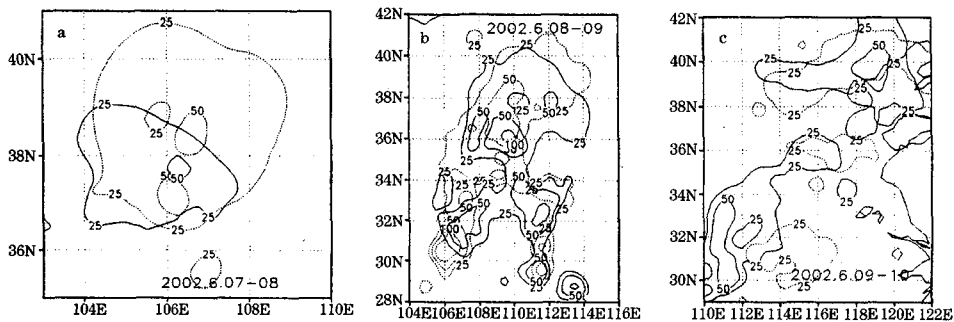


图4 2002年6月上旬华北暴雨日降水量/mm
实况:虚线;预报:实线;08时~08时

地预报出了这次过程的降水分布和强度。

4 结论和讨论

①连续三个月的实时预报试验表明,AREM 模式适合于我国计算机条件,运行稳定,能满足业务实时性的需求。

②AREM 模式对我国夏季降水具有较强预报能力。分区 T_s 评分检验表明,模式对我国东部地区的降水预报评分最高,然后依次为长江流域、华南、华北—东北、西北部及青藏高原地区。我国东部地区,08 时起报的 0~24h 时效的降水预报,24 小时降水量大于 0.1、10、25 和 50mm 的 T_s 评分分别为 0.578、0.282、0.144 和 0.062。表明模式对我国东部地区的降水落区有相当的预报能力,对暴雨也具备一定的能力。

③AREM 模式对晴雨预报的评分最高,随着降水量级的增加预报评分逐渐降低。12~36h 时效的降水预报 T_s 评分低于 0~24h 时效的预报检验,表明随着预报时效的增加,模式对降水的预报水平有所下降。但 12~

36h 的降水预报仍具有相当的参考意义。

④08 时起报的 0~24h 时效预报,对大于 50mm 的降水预报,中国东部、长江流域、华南和华北—东北区的 T_s 评分分别为 0.062、0.062、0.052 和 0.033,表明 AREM 模式对上述地区的暴雨具有一定的预报能力。但模式对青藏高原地区的强降水过程的预报能力较差。

⑤模式对 2002 年梅雨、长江流域暴雨、华南暴雨和华北暴雨都有很好的预报,模式对雨带的位置、移动、降水强度、降水的持续与减弱的预报都具备一定的能力。

参考文献

- 1 宇如聪. 陡峭地形有限区域数值预报模式设计. 大气科学, 1989, 13(2): 139~149.
- 2 宇如聪. 一个 η 坐标有限区域数值预报模式对 1993 年中国汛期降水的实时预报试验. 大气科学, 1994, 18(3): 284~292.
- 3 闵爱荣, 崔春光. η 坐标有限区域模式在 1999 年江淮流域汛期中的应用. 暴雨·灾害, 2000, 4(1): 53~61.

A Test for Real-Time Precipitation Forecast during 2002-Flood Season with AREM Model

Wang Yehong Wang Zhibin

(Institute of Heavy Rain, CMA, Wuhan 430074)

Abstract

During 2002-flood season, the Advanced Regional E-grid η -coordinates Model (AREM) developed by the "973" Program (China Heavy Rainfall) is run two times every day (BLT 08:00 and BLT 20:00) to carry out real-time numerical weather forecast in the Institute of Heavy Rain, CMA, Wuhan. Real-time forecast shows that AREM model is suitable to the computer condition and has certain forecast ability for summer precipitation. It shows that the scores of rainfall forecast for East China comes to the first, and the threat scores of 24 hours rainfall forecast made at 08:00 BLT are 0.578, 0.282, 0.144, and 0.062 for the 24 hours rainfall more than 0.1, 10, 25 and 50 mm respectively. The forecast results of several heavy rains in the period of 2002 main flood season show that the model has predicted the Meiyu rains, the heavy rains in the Changjiang valleys, South China and North China well, and the model has certain forecast abilities for the position and movement of the rain band and the intensity, lasting and weakening of rainfall.

Key Words: AREM model rainfall forecast T_s score heavy rain