

QPE 产品的误差评估和订正检验

——以伊宁县为例^①

张连成^{1,2}, 余行杰², 唐冶³, 李元鹏²

1. 中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所, 乌鲁木齐 830002; 2. 新疆维吾尔自治区气候中心, 乌鲁木齐 830002;
3. 新疆维吾尔自治区气象台, 乌鲁木齐 830002

摘要: 以新疆伊宁县为研究区, 运用 2013—2017 年定量降水估测(Quantitative Precipitation Estimation, QPE)小时产品以及区域自动站小时降水数据, 通过相关分析法和多元线性回归模型对 QPE 数据进行误差订正, 并从不同降水量级、高程以及空间分布对订正前后的 QPE 小时产品进行误差评估. 经误差分析得出, 订正前 QPE 小时产品大多存在低估现象, 随着降水量级的增加, 误差依次增大, 空间误差分布四周低, 且东北方向的误差要大于西南方向; 利用海拔、经度、距雷达距离 3 个对研究区降水影响较大的要素, 建立多元线性回归订正模型, 订正后的 QPE 小时产品在不同降水量级、不同高程以及空间分布上的估测能力较订正前均有不同程度的提升.

关键词: QPE; 误差评估; 误差订正; 伊宁县

中图分类号: P332.1

文献标志码: A

文章编号: 1000-5471(2020)01-0122-08

SWAN 系统中定量降水估测(Quantitative Precipitation Estimation, QPE)数据空间分辨率较高, 覆盖范围广, 可定量估测偏远地区以及尺度较小的局地无雨量监测点的降水量^[1-4], 能为预报员判断区域降水量大小及可能造成的山洪地质灾害等提供参考信息, 成为定量降水短临预报、强降水预警的基础^[5-9], 对山洪地质灾害和中小河流域洪水精细化预报起重要的支撑作用^[10-12]. 目前全国各个省份陆续对 QPE 产品进行误差订正并在业务中运用^[13-14], 例如, 刘维成等^[2]已对甘肃 QPE 产品进行了误差统计和误差订正, 结果表明 QPE 产品在较小降水量级(0.1~0.9 mm)上误差较小, 随着降水量级的增加误差明显变大, 估测产品的效果明显减弱; 李俊等^[15]对江西 QPE 产品进行检验结果表明, 在江西省的主汛期(4—7 月)应用效果要好于非主汛期, QPE 产品的小时雨量值比实际观测值要小, 偏差大约为 20%; 用点对点统计检验评价方法对 QPE 产品进行误差检验和分析, 得出在河南地区对小时雨量低于 10 mm 的降水有较准的估测, 对降水中心范围和位置估测较准确. 对新疆而言, 2013 年至今存储了大量的 QPE 小时产品, 然而这些数据并未得到检验和误差订正, 也没有在业务中进行运用.

针对以上的情况, 本研究以资料相对完整的新疆伊宁县为研究区, 选用 2013—2017 年 5—8 月研究区内的区域自动站小时降水过程数据, 通过点对点统计检验的方法对 SWAN 系统中 QPE 小时数据 7 个不同降水量级(0.1~0.4, 0.5~0.9, 1~1.9, 2~3.4, 3.5~6.9, 7~14.9, ≥ 15 mm)进行误差统计, 并结合经度、纬度、海拔以及距雷达距离 4 个影响因子建立多元线性回归模型, 对 QPE 产品进行误差订正和优化改进,

① 收稿日期: 2019-05-10

基金项目: 中国沙漠气象科学研究基金项目(Sqj2017009); 新疆气象局青年基金项目(Q201804); 新疆山洪地质灾害防治气象保障工程 2018 年山洪地质灾害风险预警业务建设项目.

作者简介: 张连成(1990—), 男, 工程师, 主要从事气候与气候变化研究.

运用交叉验证法对订正后的 QPE 产品进行精度验证.

1 资料与方法

1.1 研究区域

伊宁县隶属于新疆伊犁哈萨克自治州, 位于新疆西部, 天山西段, 伊犁河谷中部. 总面积 6 152.55 km², 属于中温带干旱型内陆山地气候, 年均气温 9 °C, 年均降水量 340 mm, 年均蒸发量为 1 621 mm, 无霜期 163 d^[16], 地形北高南低. 近 10 年来, 伊宁县气象灾害频发, 因暴雨洪涝灾害引起的灾害达到数十起, 造成直接经济损失数十亿元. 虽然该区域已有 23 个区域自动站(图 1), 但对于面积达到 6 000 多平方公里的区域来说, 自动站大都分布在海拔相对较低的南部, 并且空间分布较为稀疏, 无法对局部区域降水过程进行精准监测, 而 QPE 产品在空间上能够全覆盖, 可提高空间降水监测精度, 为该区域暴雨洪涝灾害的防灾减灾工作提供可靠的基础数据.

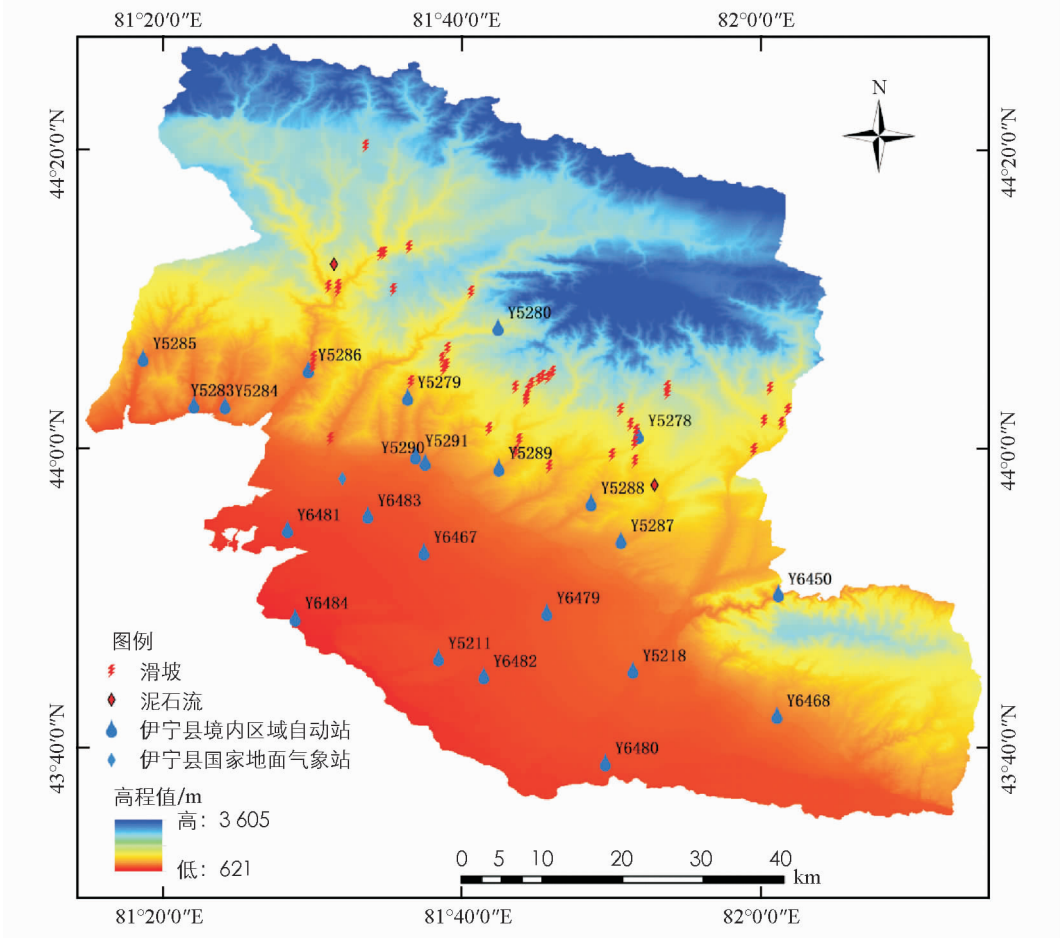


图 1 研究区分布图

1.2 研究资料与数据处理

1.2.1 研究资料

1) 从新疆气象台获取的 2013—2017 年 5—8 月覆盖伊宁县区域分辨率为 0.01° 的 QPE 小时产品数据, 共计 13 325 条.

2) 从新疆气候中心获取的 2013—2017 年 5—8 月伊宁县境内所有区域自动站的小时降水资料.

1.2.2 数据处理

样本选取原则: 为了提高 QPE 产品误差评估的准确度, 本研究选取研究区范围内所有自动站在同一

小时都具有降水数据,并且 QPE 产品在空间范围也具有数据作为研究样本.经筛选,最终从数万个小时降水数据中筛选出 1 189 个样本.

QPE 产品的处理: 将获取的 QPE 数据通过编程手段解译为 CSV 格式,加载到 ArcGIS 中.由于 QPE 数据为格点数据,在检验 QPE 产品的准确性时,将此数据采用反距离权重法插值到观测站点上,以便进行对比.

QPE 点数据获取: 对 QPE 产品进行误差评估时,本研究采用点对点的方式,即区域自动站小时降水数据与 QPE 数据在时间和空间上相对应.在 ArcGIS 中加载区域自动站的经纬度和 QPE 插值数据,通过掩膜工具,用自动站的经纬度点提取 QPE 栅格数据,并将此栅格转化成点数据.由于输出的 QPE 点数据在位置排序中无法与自动站进行匹配,因此本研究将自动站的经纬度点做了 0.001° 的缓冲区,将 QPE 的点数据包含在对应的范围内,并将自动站与 QPE 的属性进行连接,最终得到在位置上完全匹配的两种数据,在此基础上对 QPE 数据进行误差评估.

1.3 研究方法

1.3.1 QPE 产品的检验

为了检验 QPE 小时产品在不同降水量级、高程以及空间中的表现,本研究将降水量级划分为 $0.1 \sim 0.4, 0.5 \sim 0.9, 1 \sim 1.9, 2 \sim 3.4, 3.5 \sim 6.9, 7 \sim 14.9, \geq 15$ mm 等 7 个等级(按雨量计站点降水实况划分),将高程划分为 $600 \sim 700, 701 \sim 800, 801 \sim 900, 901 \sim 1000, > 1000$ m 等 5 个不同等级.误差检验采用了平均偏差(B)、平均相对均方根误差($RMSE$)、平均误差(E)、平均相对误差(W)4 种统计评估指标和探测概率评分(POD)^[17].其中, POD 表示对于某一给定阈值,估测值与区域自动站观测值的吻合程度.考虑到业务实际需求, POD 有效误差范围同前文按降水实况划分的区间相同.

$$E = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_i - G_i) \quad (1)$$

$$W = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |P_i - G_i| / \bar{G} \quad (2)$$

$$B = \sum_{i=1}^n G_i / \sum_{i=1}^n P_i \quad (3)$$

$$RMSE = \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_i - G_i)^2 \right]^{1/2} \quad (4)$$

$$POD = \frac{x}{x + y} \quad (5)$$

式中: i 为 QPE 雨量计的序列; n 为总样本数; G_i, P_i 和 \bar{G} 分别为雨量计实测雨量、QPE 估测雨量和雨量计实测平均雨量; y 为雨量计实测雨量达到阈值而 QPE 估测雨量未达到阈值的站数; x 为雨量计实测雨量和 QPE 估测雨量同时达到某一阈值的站数.

1.3.2 QPE 产品订正方法

海陆分布、地理位置、地形因素以及大气环流等条件对降水的空间分布都有很大的影响,地理位置及地形条件对降水影响是相对固定的因子^[18-22],而雷达的回波是随距离不断在衰减^[23],本研究将扫描范围内各点距雷达站的距离作为另一个影响因子,并将这些影响因子(纬度、经度、海拔以及距雷达距离)与实况降水和估测降水作相关性分析,为 QPE 产品回归订正提供依据.

其中估测降水和实况降水的关系可采用如下 2 种方式表达:

$$f_1 = \frac{G_i}{P_i} \quad (6)$$

$$f_2 = \frac{P_i}{G_i} \quad (7)$$

将 f_1, f_2 分别于经度、纬度、海拔以及距雷达点的距离作相关性分析, 经过分析挑选相关系数较大的影响因子与 f_1, f_2 作多元性线性回归, 表达式如下:

$$f_1 = \frac{G_i}{P_i} = a_1 * lon + b_1 * lat + c_1 * h + e_1 * d + g_1 \quad (8)$$

$$f_2 = \frac{P_i}{G_i} = a_2 * lon + b_2 * lat + c_2 * h + e_2 * d + g_2 \quad (9)$$

即

$$G_{i_1} = P_i(a_1 * lon + b_1 * lat + c_1 * h + e_1 * d + g_1) = P_i / (a_2 * lon + b_2 * lat + c_2 * h + e_2 * d + g_2) \quad (10)$$

式中: G_{i_1} 为订正后的 QPE 产品; lon 为经度; lat 为纬度; h 为海拔; d 为距雷达的距离.

1.3.3 QPE 产品订正效果检验

选取区域自动站的实测降水, 通过交叉验证的方法对订正后的 QPE 小时产品进行检验, 其中进行交叉验证的区域自动站实测降水数据并未参与 QPE 产品数据的订正. 检验指标分别为: $E, W, B, RMSE, POD$. 具体公式为如上式 1-5 所示.

2 结果与讨论

2.1 QPE 小时产品误差分析

2.1.1 误差分析

表 1 为 QPE 小时产品在不同降水量级中的误差, 从平均误差 (E) 统计来看, QPE 小时产品数据在 0.1~0.4 mm 降水量级上存在较小的高估外, 其他量级上都存在低估的现象, 并且随着降水量级的增加, 低估值逐步递增, 从 -0.34 mm 递增到 -16.7 mm, 总体平均误差为 -1.6 mm, 也表现为低估. 从 $W, RMSE$ 误差统计看, QPE 小时产品数据在 0.1~1.9 mm 降水量级表现较好, 平均相对误差 ≤ 0.54 , 平均相对均方根误差 ≤ 1.19 mm, 降水大于 2 mm 后, 各量级间误差值呈倍数递增. 从 B 的误差统计看, 降水量在 0.1~0.9 mm 间估测数据值较好, 大于 1 mm 后 B 值逐渐增加, 最大误差达到 66.67, 总体平均偏差为 4.79.

表 1 QPE 数据订正前误差一览表

降水量级/mm	平均误差(E)/mm	平均相对误差(W)	平均偏差(B)	平均相对均方根误差($RMSE$)/mm
0.1~0.4	0.18	0.11	0.76	0.39
0.5~0.9	-0.34	0.26	2	0.83
1~1.9	-0.99	0.54	3.3	1.19
2~3.4	-2.04	1.05	5.3	2.22
3.5~6.9	-4.37	2.17	9.42	4.47
7~14.9	-8.3	4.11	17.53	8.6
>15	-16.7	8.27	66.67	16.74
总体	-1.6	0.85	4.79	2.71

随着降水量级的增大, POD 值呈下降趋势. 其中, 降水量在 0.1~0.4 mm 范围内 POD 值最大为 65%, 之后 POD 值开始大幅度下降, 在 0.5~0.9 mm 范围内值仅为 7%, 7~15 mm 范围内 POD 达到最小值, 值为 0.

从以上数据分析可以得出, QPE 小时产品在 0.1~0.4 mm 降水量级上估测能力表现较好, 在其他量级上误差较大.

2.1.2 QPE 误差的空间分布特征

QPE 定量估测降水数据在不同空间范围存在较大的差异, 为了更好地评估该产品, 将 QPE 平均误差在空间上进行插值, 分析降水估测误差在空间上的分布特征.

由图 2 可以看出,伊宁县境内 QPE 估测能力在空间上表现为低估,误差在 0.52~2.19 mm. 在研究区的中部误差最大,最大误差达到 2.16 mm,由中心向四周误差逐渐减小,在研究区西部误差达到最小,值为 0.52 mm,并且东北方向的误差要大于西南方向. 从地形来看,研究区东北地势较高多为山区,西南地势平坦山区较少,可以得出地形分布对 QPE 的估测能力具有一定的影响,地形越复杂, QPE 产品的估测能力越差.

2.2 QPE 订正及精度检验

2.2.1 QPE 订正

从表 2 可以看出,各影响因子对估测降水和实况降水均有不同程度的影响. 其中, f_2 与海拔、经度、距雷达距离相关性较好,并在 0.01 水平上极具统计学意义,与经度的相关性最好,相关系数达到 0.402,这主要是由于伊犁河谷为喇叭口地形,河谷向西开口,南北两侧分别为 3 000 m 以上的天山,河谷由西向东逐渐抬升,无论是中亚短波槽,还是西伯利亚低槽,或者是其他天气系统的影响,天气过程往往是东西向沿着经度方向发展;另外伊宁县的高山多是南北方向,对经向的天气系统发展具有一定的阻挡作用. 其次是海拔和距雷达距离,相关系数分别为 0.391 和 0.380,纬度与 f_2 的相关性较差,并且呈负相关,相关系数仅为 -0.16; f_1 与 f_2 类似,相关性较好的分别是海拔、经度、距雷达距离 3 个影响因子,与纬度相关性较差,其中 f_1 与海拔和经度为正相关,相关系数分别为 0.204 和 0.133,与经度和距雷达距离呈负相关,相关系数为 -0.41 和 -0.32; f_1 与 f_2 相比,海拔、经度、距雷达距离对 f_2 的影响要大于 f_1 .

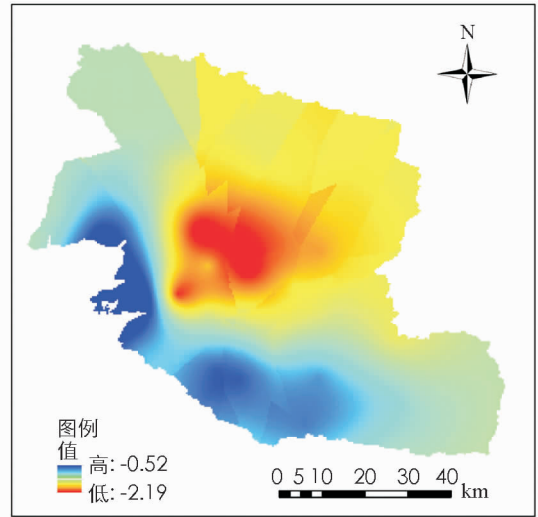


图 2 订正前 QPE 产品平均误差空间分布图

表 2 降水与影响因子相关性一览表

	海拔(h)	经度(Lon)	纬度(Lat)	距雷达距离(d)
f_1	0.204	-0.410	0.133	-0.32
f_2	0.391**	0.402**	-0.160	0.380**

注: **表示在 0.01 水平上极具统计学意义.

从相关性整体影响较大 f_2 中选取影响较大的 3 个因子(h, lon, d) 建立 f_2 的多元线性回归方程, 方程如下:

$$f_2 = \frac{P_i}{G_i} = -0.33lon + 0.0001h + 1.07 \times 10^{-6}d + 27.25 \quad (11)$$

在获得任意格点的 QPE 后, 对公式 11 进行转换即可得到任意格点订正后的 QPE 降水数据, 表达式如下:

$$G_{i_1} = P_{i_1} / (-0.33lon + 0.0001h + 1.07 \times 10^{-6}d + 27.25) \quad (12)$$

2.2.2 精度检验

表 3 为订正后的不同降水量级 QPE 数据误差一览表, 从表中可以得出, 订正后的 QPE 产品在不同降水量级上的估测能力均得到不同程度的提升. 从总体误差 E 值看, 订正后的 QPE 数据存在低估, 但相较订正前有了较大的改善, 总体误差在 1 mm 内, 精度提升了 43%. B 值误差降低幅度最大, 较订正前降低了 2.79, W 值为 0.75, $RMSE$ 为 2.17 mm, 与订正前相比都有不同程度的优化. 从不同降水量级的订正结果来看, 0.1~0.4 mm 和 0.5~0.9 mm 两个降水量级误差表现较好, 存在高估, 但高估幅度不大, E 和 $RMSE$ 误差指标误差值均在 1 mm 范围内, W 和 B 的误差在 1 mm 以内, 0.1~0.4 mm 降水量级 E 值仅为

0.16 mm. 随着降水量级的增大, 误差值逐步增大, 存在低估, 但低估程度较订正前下降明显。

表 3 订正后不同降水量级 QPE 数据误差一览表

降水量级/mm	平均误差(E)/mm	平均相对误差(W)	平均偏差(B)	平均相对均方根误差(RMSE)/mm
0.1~0.4	0.16	0.18	0.26	0.2
0.5~0.9	0.21	0.25	0.76	0.98
1~1.9	-0.3	0.77	1.27	1.75
2~3.4	-1.22	0.81	1.92	2.45
3.5~6.9	-3.51	0.82	3.58	4.21
7~14.9	-7.47	0.85	6.61	7.98
>15	-16.28	0.96	25.25	16.33
总体	-0.91	0.75	1.82	2.17

从图 3 中可以看出, QPE 订正后的 POD 在不同降水量级上较订正前均有一定幅度的上升, 随着降水量级的增加其命中率逐渐减小, 在 0.1~0.4 mm 命中率最高, 达到 70%; 大于 7 mm 降水量级订正前后命中率均为 0; 降水量级在 0.5~0.9 mm 订正后 POD 较订正前增幅 24%, 为最大增幅降水量级, 命中率增幅次大的降水量级为 1~1.9 mm, 增幅为 6%。

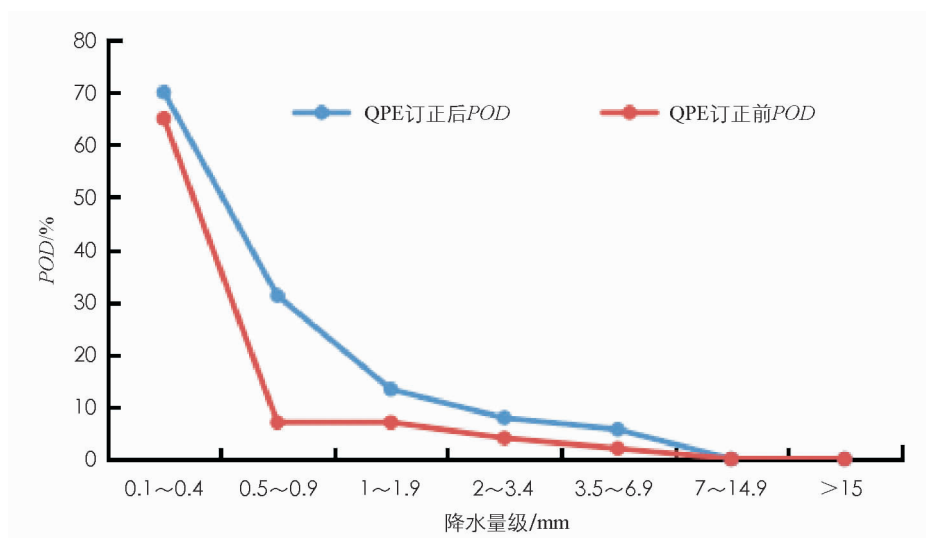


图 3 不同降水量级的 QPE 产品订正前后 POD 统计

由表 4 可以看出, 订正后的 QPE 产品在不同高程各个误差指标比订正前误差大多有所降低. 随着高程的增加误差具有增大的趋势, 海拔在 600~800 m 降水预估能力表现最好. 从平均误差可以看出, 订正前后 QPE 产品都存在低估现象, 但订正后相较订正前低估值得到了一定的改善。

表 4 QPE 产品订正前后不同高程误差分析

	高程/m	平均误差(E)/mm	平均相对误差(W)	平均偏差(B)	平均相对均方根误差(RMSE)/mm
QPE 订正前	600~700	-0.87	0.87	6.72	3.9
	701~800	-1.19	0.82	1.02	1.92
	801~900	-1.62	0.85	4.55	2.8
	901~1 000	-1.9	0.87	5.59	3.06
	>1 000	-1.9	0.91	5.26	3.34
QPE 订正后	600~700	-0.67	0.76	2.91	1.3
	701~800	-0.61	0.81	1.63	1.92
	801~900	-0.9	0.84	1.77	2.98
	901~1 000	-1.11	0.86	1.92	3.01
	>1 000	-1.21	0.91	2.07	3.17

从空间误差分析看, 订正后的 QPE 产品仍然存在低估现象, 误差在 0.17~1.38mm. 从空间分布看(图 4), 研究区中间误差较大, 误差向四周逐渐减少, 在东南方向误差达到最低, 并且研究区北部地区误差大于南部地区. 订正前、后的 QPE 产品都出现中部误差较大, 这主要是由于研究区中间区域地势崎岖, 地形分布较为复杂, 地形越复杂, QPE 产品的估测能力就越差. 另外, 由于订正前 QPE 产品在研究区的中部就存在较大的误差, 即使经过订正仍会出现较大的误差. 总的绝对误差降低了近 40%, 尤其是研究区的东南区域, 误差精度得到了大幅提升, 绝对误差降低了 66%. 虽然订正后的数据还存在一定误差, 但与订正前的相比估测能力得到了很大的改善.

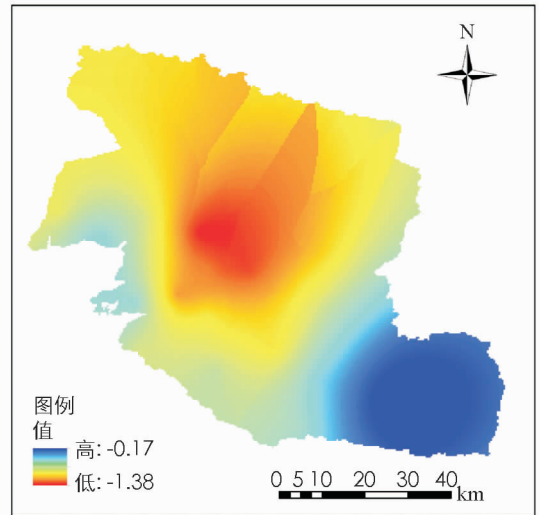


图 4 QPE 产品订正后平均误差空间分布图

3 结 论

本文以新疆伊宁县为研究区, 运用 2013—2017 年 13 325 条 QPE 小时产品以及区域自动站小时降水数据, 通过相关分析法和多元线性回归模型对 QPE 数据进行误差订正, 从不同降水量级、空间分布以及不同高程的角度对订正前后的 QPE 小时产品进行误差评估. 得出结论如下:

1) 订正前 QPE 小时产品, 大多存在低估现象, 在 0.1~0.4 mm 降水量级中估测能力较强, 其他降水量级误差较大; 在误差空间分布中, 研究区的中部误差大, 四周误差低, 并且东北方向的误差要大于西南方向;

2) 经相关分析得出, 海拔、经度、距雷达距离对研究区降水影响较大, 相关系数分别为 0.391, 0.402, 0.380, 并运用上述 3 个影响因子建立 QPE 多元线性回归订正模型;

3) 订正后的 QPE 小时产品精度验证得出, 在不同降水量级、不同高程以及空间分布上的估测能力较订正前均有不同程度的提升. 其中, 降水量级小于 1.9 mm 误差较小, *POD* 在 0.1~0.4 mm 命中率最高, 达到 70%, 降水量级在 0.5~0.9 mm 的 *POD* 较订正前增幅 24%, 为最大增幅降水量级; 海拔在 600~800 m 降水预估能力表现最好; 空间分布上, 总的绝对误差降低了近 40%, 尤其是研究区的东南区域, 误差精度得到了大幅提升, 绝对误差降低了 66%.

4) 通过 QPE 订正前后误差分析得出, 订正后的 QPE 小时产品估测能力得到大幅提升, 订正效果明显.

参考文献:

- [1] 吕晓娜, 牛淑贞, 袁春风, 等. SWAN 中定量降水估测和预报产品的检验与误差分析 [J]. 暴雨灾害, 2013, 32(2): 142-150.
- [2] 刘维成, 王 勇, 周晓军. SWAN 系统 QPE 产品的误差统计及订正方法研究 [J]. 干旱气象, 2014, 32(6): 1025-1030.
- [3] 宋 丹, 熊 伟, 唐延婧. SWAN 定量降水估测和预报产品在贵州乌江流域的应用 [J]. 贵州气象, 2015, 39(5): 24-27.
- [4] 勾亚彬, 汪章维, 刘黎平, 等. 雷达波束部分遮挡识别应用及效果评估 [J]. 高原气象, 2017, 36(1): 229-240.
- [5] 冯 军, 尚学军, 樊 明, 等. 陇南地质灾害降雨区划及临界雨量研究 [J]. 干旱气象, 2006, 24(4): 20-24.
- [6] 马敬霞, 肖志强, 魏邦宪. 甘肃陇南地震灾区 2 次暴雨过程的诊断对比 [J]. 干旱气象, 2009, 27(2): 127-134.
- [7] 孔德兵, 尚可政, 王式功, 等. 基于逐步回归分析的西北地区东部雷暴概率预报方法研究 [J]. 干旱气象, 2016, 34(1): 181-187.
- [8] 武胜利, 刘强吉. 近 50a 新疆巴州地区气温与降水时空变化特征 [J]. 干旱气象, 2016, 34(4): 610-616, 692.

- [9] 刘 抗,李照荣,张 敏,等. 中国西北四省区四季变化时空特征 [J]. 干旱气象, 2018, 36(5): 767-775.
- [10] 赵琳娜,包红军,田付友,等. 水文气象研究进展 [J]. 气象, 2012, 38(2): 147-154.
- [11] 卢秉红,杨 青,高松影,等. 两次不同类型暴雪的雷达回波特征分析 [J]. 干旱气象, 2016, 34(5): 836-840, 865.
- [12] 张晓露,李照荣,周筠珺,等. 西北地区东部夏季一次典型暴雨的分析和数值模拟 [J]. 干旱气象, 2015, 33(4): 616-625, 658.
- [13] 苏军锋,张 锋,魏邦宪,等. SWAN 在陇南短历时强降水监测预警预报中的应用 [J]. 干旱气象, 2012, 30(2): 287-292.
- [14] 祁丽燕,农孟松,王 冀. 2009年7月2—4日广西暴雨过程的中尺度特征 [J]. 气象, 2012, 38(4): 438-447.
- [15] 李 俊,支树林,郭 艳,等. SWAN 系统雷达定量降水估测产品在江西的应用 [J]. 气象与减灾研究, 2012, 35(2): 61-66.
- [16] 赵国军. 伊宁县现代农业技术推广体系问题研究 [D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2015.
- [17] 寿绍文. 中尺度气象学[M]. 北京: 气象出版社, 2003.
- [18] 舒守娟,王 元,熊安元. 中国区域地理、地形因子对降水分布影响的估算和分析 [J]. 地球物理学报, 2007, 50(6): 1703-1712.
- [19] 李江林,李照荣,杨建才,等. 近10年夏季西北地区水汽空间分布和时间变化分析 [J]. 高原气象, 2012, 31(6): 1574-1581.
- [20] 姚俊强,杨 青,毛炜峰,等. 基于 HYSPLIT4 的一次新疆天山夏季特大暴雨水汽路径分析 [J]. 高原气象, 2018, 37(1): 68-77.
- [21] 徐 栋,孔 莹,王澄海. 西北干旱区水汽收支变化及其与降水的关系 [J]. 干旱气象, 2016, 34(3): 431-439.
- [22] 段均泽,毛炜峰,黄逸静,等. 近56 a伊犁河谷冷空气过程气候变化特征 [J]. 干旱气象, 2018, 36(5): 758-766.
- [23] 张培昌,杜秉玉,戴铁丕. 雷达气象学[M]. 北京: 气象出版社, 2000.

Error Evaluation and Correction Inspection of Quantitative Precipitation Estimation Products ——Take Yining County For Example

ZHANG Lian-cheng^{1,2}, YU Xing-jie², TANG Ye³, LI Yuan-peng²

1. Urumqi Desert Institute of CMA, Urumqi 830002, China;

2. Xinjiang Uygur Autonomous Region Climate Center, Urumqi 830002, China;

3. Xinjiang Uygur Autonomous Region Meteorological Observatory, Urumqi 830002, China

Abstract: This paper takes Yining County of Xinjiang as the research area, with the QPE hourly product and regional automatic station hourly precipitation data from 2013-2017. Through correlation analysis and multiple linear regression model to the error correction of QPE data, the error evaluation of QPE hour products from different precipitation levels, elevation and spatial distribution is carried out. It is concluded that most of the pre-revision QPE hours are underrated and increased with the increase of precipitation level. From the spatial distribution, the central area error is large, the surround error is low and the error in the northeast direction is greater than that of southwest. According to the correlation analysis, altitude, longitude, distance from the radar three factors influence on the precipitation in the study area is larger, and had a greater influence on the precipitation of the three factors is used to establish multiple linear regression model, the error correction for QPE products. Through the accuracy verification, the QPE hours products after correction for the estimate ability is corrections before all have different degrees of ascension in different precipitation grades. From the above data, it can be seen that the revised QPE hours product estimation ability is greatly improved and the revised effect is obvious.

Key words: QPE; error evaluation; error correction; Yining County