

龙柯吉,宋雯雯,黄晓龙,等.智能网格能见度实况融合格点分析产品在一次大雾天气过程中的评估[J].气象研究与应用,2021,42(4):50-55.
Long Keji,Song Wenwen,Huang Xiaolong. Evaluation of intelligent grid visibility live fusion grid analysis products in a dense fog weather [J].Journal of Meteorological Research and Application,2021,42(4):50-55.

智能网格能见度实况融合格点分析产品在一次大雾天气过程中的评估

龙柯吉^{1,2,4}, 宋雯雯^{3,4*}, 黄晓龙^{4,5}

(1.中国气象局大气探测重点开放实验室,成都 610225; 2.四川省气象台,成都 610072; .
3.四川省气象服务中心,成都 610072; 4.高原与盆地暴雨旱涝灾害四川省重点实验室,成都 610072;
5.四川省气象探测数据中心,成都 610072)

摘要:采用邻近插值和双线性插值方法,将国家气象信息中心研发的能见度实况融合格点分析产品插值到四川省 156 个国家级考核站,选取 2018 年 11 月 25 日四川盆地一次大雾天气过程,对其在四川盆地的适用性进行评估。结果表明,该产品误差普遍在 5km 范围内,随着海拔的增加,逐渐由低估转为高估;分级检验为:30km 以上能见度的误差最大,随着能见度的下降,误差也逐渐下降。大雾过程中,产品能监测低能见度天气,表现出落区的变化,能见度在 30km 以上时,格点实况以高估为主,30km 以下时随着能见度的降低,格点实况从低估逐渐转为高估。

关键词:能见度;实况融合格点产品;大雾;插值;评估

中图分类号: P457.7

文献标识码: A

doi: 10.19849/j.cnki.CN45-1356/P.2021.4.09

OSID:

引言

能见度是重要的气象观测要素之一,能反映大气透明度,也可直观反映空气污染程度,同时对航空、交通等的安全运行有重要影响^[1-5]。目前,全国能见度自动观测站稀少,仅在部分重点路段布设较多。为了解决实况观测站点稀疏的问题,国家气象信息中心研发了一系列多源数据融合产品(包括气温、降水、湿度、能见度等),已进入业务运行^[6-8]。目前,许多学者对各要素在不同地区的适用性也做了很多研究^[9-16]。研究表明,全国范围内,2m 气温实况融合格点分析产品具有一定的日变化和月变化,且随着海拔高度的增加效果变差^[17];在江苏地区,格点实况数据在平原地区都有较高的精度,误差在可接受的范围内,基本可以代替自动站观测作为预报和模式检

验的真实实况场^[18];在四川地区,多源降水融合产品的质量较高,对强降水有很好的监测能力^[19],气温格点实况误差大值区主要位于高海拔地区,如川西高原、攀西地区及盆地山周^[20],能见度格点实况产品在四川盆地及攀西地区中部的可用性较好^[21]。

为了进一步评估能见度实况融合分析产品在单次灾害性天气过程中的效果,选取了 2018 年 10 月 1 日—2019 年 5 月 31 日的逐小时能见度格点实况产品进行评估,并重点分析了 2018 年 11 月 25 日发生在四川盆地的一次大雾过程。采用邻近插值和双线性插值方法,将国家气象信息中心研发的能见度实况融合格点分析产品插值到四川省 156 个国家级考核站,对其进行分析,以期为大雾天气过程预报提供参考。

收稿日期:2021-09-10

基金项目:中国气象局大气探测重点开放实验室开放课题(2021KLAS02M)、中国气象局创新发展专项(CXFZ2021Z07)、高原与盆地暴雨旱涝灾害四川省重点实验室重点专项(SCQXKJZD2020002)、高原与盆地暴雨旱涝灾害四川省重点实验室科技发展基金(SCQXKJYJXMS202117)

作者简介:龙柯吉(1987—),女,高级工程师,主要从事天气学与数值预报方向的研究。E-mail:longkeji945@163.com

* 通讯作者:宋雯雯(1986—),女,高级工程师,主要从事专业气象服务研究。E-mail:songww8682@sina.com

1 资料与方法

1.1 资料

智能网格实况融合分析能见度产品是国家气象信息中心基于多重网格变分分析技术(STMAS),通过对 ECMWF 能见度预报场和国家级雾-霾数值预报业务系统产品 CUACE 能见度预报场的对比评估,确定能见度背景场获取方案;调研国家级和区域自动站能见度观测数据类型及数量,确定观测数据获取及使用方案;通过对 STMAS 方法的优化和适用性调整,最终得到的能见度实况融合分析产品。其时间分辨率为 1h,空间分辨率为 5km×5km,空间范围为全国陆地(70°E~140°E,0°~60°N)。

1.2 方法

通过 CIMISS 接口获取的四川省范围内 156 个国家级地面观测站作为检验“真值”,评估能见度实况格点产品。评估站点分布如图 1 所示。

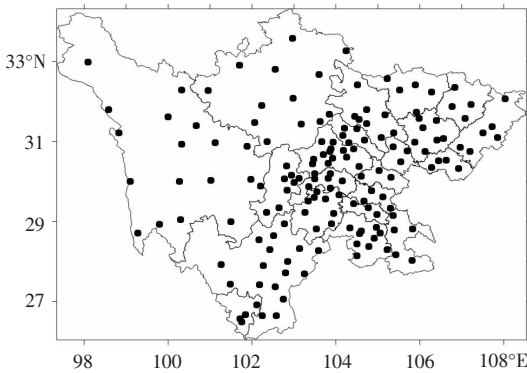


图 1 四川省评估站点分布图

将实况格点产品插值到四川省国家级地面观测站点上,与站点实况进行对比分析,插值方法包括邻近插值和双线性插值。

邻近插值方法即选取距离站点最近的格点值作为插值得到的站点变量值。

双线性插值方法即先在经(纬)向后在纬(经)向进行一元一次线性插值,公式如下:

先在 I_1 和 I_2 纬向上进行线性一次插值:

$$T(I_1, J) = \frac{J - J_2}{J_1 - J_2} T(I_1, J_1) + \frac{J - J_1}{J_2 - J_1} T(I_1, J_2) \quad (1)$$

$$T(I_2, J) = \frac{J - J_2}{J_1 - J_2} T(I_2, J_1) + \frac{J - J_1}{J_2 - J_1} T(I_2, J_2) \quad (2)$$

再在 J 经向上进行线性一次插值:

$$T(I, J) = \frac{I - I_2}{I_1 - I_2} T(I_1, J) + \frac{I - I_1}{I_2 - I_1} T(I_2, J) \quad (3)$$

其中 $T(I_1, J_1)$, $T(I_1, J_2)$, $T(I_2, J_1)$, $T(I_2, J_2)$ 分别为

对应网格点上的变量值, $T(I_1, J)$ 、 $T(I_2, J)$ 分别是 I_1 、 I_2 纬度上的一次线性插值结果, $T(I, J)$ 是插值后的站点变量值。

使用的评估指标如下:

$$\text{平均值误差 (ME): } ME = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (G_i - O_i) \quad (4)$$

平均绝对误差 (MAE):

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |G_i - O_i| \quad (5)$$

其中, G_i 为站点观测值, O_i 为降水融合产品插值到评估站点后得到的数值, N 为参与评估的总站次数。

2 能见度实况格点产品总体评估

由于四川盆地低能见度天气在夏季较少,因此选取 2018 年 10 月 1 日—2019 年 5 月 31 日的逐小时能见度格点实况产品进行评估,其中剔除缺测值,最后参与评估的总样本数为 904525。因采用邻近插值和双线性插值对评估结果影响较小,相对而言采用双线性插值更优,这里仅给出双线性插值到国家站后小时能见度的平均值误差(图 2a)和平均绝对误差(图 2b)空间分布图,可以看出,盆地和攀西地区以正误差为主,川西高原以负误差为主,表明随着海拔的升高,融合格点产品由低估为主转为高估为主。平均值误差在 -5000~5000m 的站点数达 95.5%,其中误差在 -1000~1000m 的站点占 54.2%,相对而言,四川盆地和攀西地区平均值误差小,川西高原误差大。对于平均绝对误差,大多站点的平均值误差在 5000m 以下,达 86.5%,盆地内平均绝对误差普遍在 3000m 以下,盆周山区一些站点误差在 3000~5000m,攀西地区的平均绝对误差普遍在 3000~5000m,川西高原的平均绝对误差普遍在 3000m 以上,个别站点达到 10000m,可见随着海拔的增加,误差也逐渐增大,盆地内站点误差最小,与站点实况更为接近。

将能见度分为 7 个等级,分别为 ≥ 30 km、10~30km、2~10km、1~2km、0.5~1km、0.2~0.5km 和 ≤ 0.2 km,因为 ≤ 1 km 的样本数较少,评估时合并在一起。 ≥ 30 km 的样本数为 290976,约占 32.2%,10~30km、2~10km、1~2km 和 ≤ 1 km 等级的样本占比分别为 32%、30.9%、3.05% 和 1.89%,说明对于四川地区,大多时候能见度在 2km 以上。根据分等级平均值误差(图 2c)可以看出,仅 10~30km 的能见度平均值误差为正,即格点实况较实况偏小,其他等级均为

负值,即格点实况较实况偏大,且能见度越低,误差越大。对于平均绝对误差(图 2d),总体而言,30km 以上能见度的误差最大,随着能见度的下降,误差也逐渐下降,1~2km 的误差达到最小,之后能见度减

小,误差则呈现增大趋势,表明格点实况在低能见度时具有偏高的特点,另外,不同插值方法对评估结果影响较小。

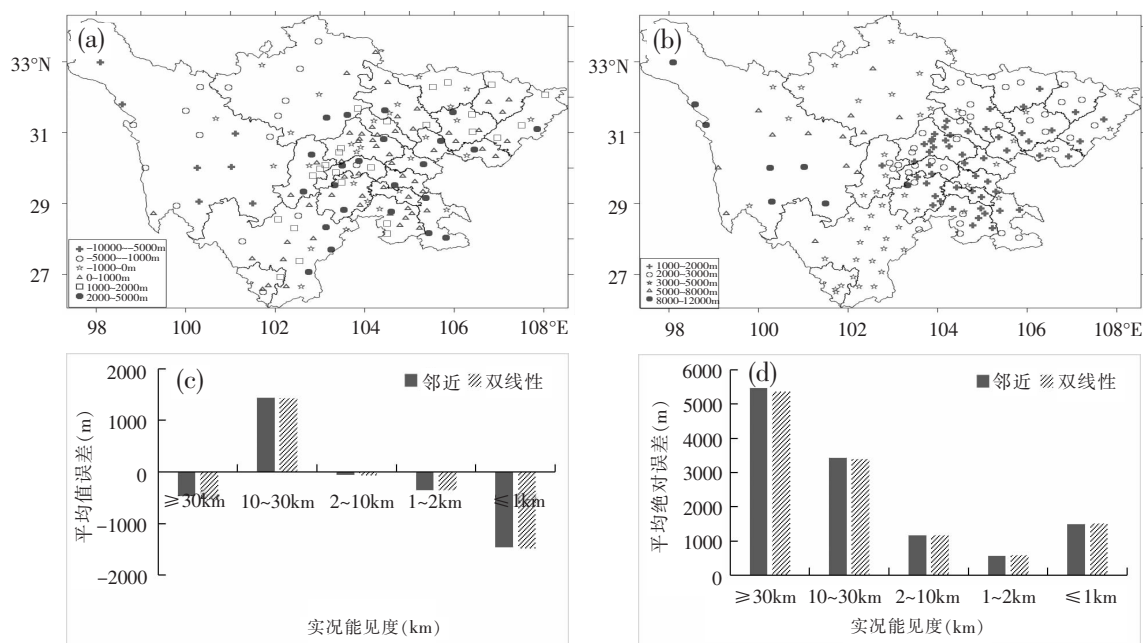


图2 2018年10月1日—2019年5月31日小时能见度平均值误差和平均绝对误差

3 低能见度过程评估

3.1 环流背景及能见度实况

选取2018年11月24日12时—25日12时(世界时,下同)发生在四川盆地的一次大雾天气过程进行评估。受500hPa脊前偏北气流影响,配合低层的反气旋环流,盆地内为晴好天气,出现了大范围的辐射雾天气。

从2018年11月24日12时—25日12时的24h最小能见度分布图(略)可以看到,四川盆地大部地区能见度较低,其中,能见度在500~1000m的有9站,100~500m的有16站,100m以下的有54站,低能见度区域主要位于盆地中部、南部一带,最低能见度出现在05时的屏山站,仅46m。

3.2 实况格点能见度产品对比分析

3.2.1 过程分级对比

分析此次大雾过程中格点实况与站点实况间的偏差情况,有984个样本的能见度在30km以上,格点实况以高估为主(62%以上),能见度在10~30km的样本为638个,格点实况有72%左右的样本较实

况偏小,能见度在2~10km的样本为1419个,格点实况有69%左右的样本较实况偏小,1~2km和0.5~1km间的样本分别为298和87个,二者格点实况的偏高和偏低的比例相当,0.2~0.5km和0.05~0.2km的样本为106和210个,格点实况以偏高为主。可见,能见度30km以上时,格点实况以高估为主,30km以下时,随着能见度的降低,格点实况从低估逐渐转为高估。

3.2.2 过程低能见度对比

气象上将雾按照水平能见度距离划分为:1~10km为轻雾,低于1km为雾,200~500m为大雾,50~200m为浓雾,强浓雾低于50m,根据这些划分标准对不同等级能见度进行分析。从逐时低能见度站数对比图来看(图略),两种插值方法对结果影响不大,实况格点融合资料能见度小于1km范围内的站数与实况相当,具有较好的指示意义,随着能见度的下降,站数较实况偏少,量级越高,差异越大,但随时间变化曲线与实况一致。根据逐时最低能见度的对比情况来看,此次过程中,夜间最低能见度开始下降并维持,午后开始升高,实况格点资料的变化趋势与

实况一致,但能见度在所有时段都较实况偏大,实况能见度越高,偏大的越多,二者的差最大达到 600m。

3.2.3 低能见度时段对比

分析逐小时能见度可以发现,此次大雾天气具有明显的日变化,主要出现在凌晨到上午,从 24 日 13 时开始已经有个别站点出现雾,随后雾的强度逐渐增强,范围逐渐扩大并维持,00 时大雾范围最广,其后大雾逐渐消散,强度及范围逐渐减小。这里选取大雾范围最广的时刻(00 时)进行分析。该时段有 9 站能见度在 500~1000m,12 站在 200~500m,30 站在 200m 以下。

分析对应的格点实况,利用邻近插值和双线性插值方法对低能见度落区的影响不大,插值到站点后 500~1000m 间的站点分别有 19 站、18 站,200~500m 间的站点均为 20 站,200m 以下站点均为 15 站。与实况对比而言,1000m 以下的站点数与实况相当,落区与实况也较一致,但 200m 以下站点明显较实况偏少,即格点实况中雾的落区与实况较一致,但浓雾的落区明显较实况偏小。

从误差空间分布来看,两种插值方法对结果影响不大,对于盆周山区及高原地区,实况产品与实况差异较大,二者最大相差 20km 以上,分析数据发现,站点实况的能见度由于仪器原因,上限为 30km,而实况格点资料则能达到近 60km。大多站点能见度较实况偏小,邻近插值方法偏弱率约 57%,双线性插值偏弱率约 54%,分析可以发现(表 1),当站点实况在 30km 以上,格点值的偏弱和偏强比例相当,1~30km 时,格点实况较实况以偏小为主,1km 以下时,格点值则较实况以偏大为主,能见度越低,偏强率越高。总体而言,该资料能监测低能见度天气,也能表现出落区的变化,但对低能见度中心较实况偏大,高能见度强度与实况偏差较大。

00 时段最低能见度出现在德阳中江,为 59m,

该站对应的格点实况为 288.8m(邻近)和 298.0m(双线性),而格点实况的最低能见度均出现在南充高坪,分别为 87.914m(邻近)和 87.965m(双线性),而该站的实况为 108m。可见,格点实况资料的低能见度中心值较实况偏小,相差 28m,而低能见度中心所在位置也与实况存在一定偏差。

3.3 结合地形因子的评估

利用 90mDEM,依据国际地理学联合会地貌调查与地貌制图委员会关于地貌详图应用的坡地分类来划分坡度等级,共分为 7 类:0~0.5°为平原,0.5~2°为微斜坡,2~5°为缓斜坡,5~15°为斜坡,15~35°为陡坡,35~55°为峭坡,55~90°为垂直壁。平原、微斜坡、缓斜坡、斜坡、陡坡、峭坡、垂直壁对应的站点数为 9、39、36、43、25、4、0。

从不同坡度类别的评估结果来看,对于所有样本,除峭坡的平均误差为负,即格点实况较实况有所高估,其余坡度类别的平均误差为正,相对而言,在陡坡的误差最大,从平均绝对误差的情况来看,也是在陡坡的平均绝对误差最大,达 8000m,在平原的平均绝对误差最小,从实况大于格点实况百分率的情况来看,仅峭坡、陡坡大多站点的格点实况存在高估的现象。

关注能见度在 10km 以下样本,除陡坡格点实况有所高估,其余坡度类别均为低估,所有坡度类别下,平均绝对误差差别不大,都在 600~800m 之间,相对而言,斜坡中的平均绝对误差最大,从实况大于格点实况百分率的情况来看,仅陡坡大多站点的格点实况存在高估的现象。

对于坡向,将站址所在地分类为阳坡、阴坡、东坡和西坡 4 类,阳坡的坡向向南(135~225°),阴坡的坡向向北(315~45°),半阳坡(东坡)的坡向东南或西南偏南(90~135°和 225~270°),半阴坡(西坡)的坡向西北或东北偏北(45~90°和 270~315°)。阳坡、阴坡、东坡、西坡的站点数分别为 46、33、31、46 个。从不同坡向类别的评估结果(图 3)来看,对于所有样本,在阳坡格点实况存在明显低估,其余坡向则为高估,阳坡的平均绝对误差也最大,从实况大于格点实况百分率的情况来看,所有坡向的格点实况大多站点存在低估的现象,阳坡最为明显。

关注能见度在 10km 以下样本,同样是阳坡的误差最大,所有坡向的格点实况大多站点存在低估的现象,阳坡最为明显。

表 1 不同等级下实况高于格点实况的站点数及百分比

	总站 点数	实况-格点实况 (邻近) > 0	实况-格点实况 (双线性) > 0
≥30000	30	15 (50%)	15 (50%)
1000~30000	75	59 (78.7%)	56 (74.7%)
500~1000	9	4 (44.4%)	4 (44.4%)
200~500	12	4 (33.3%)	4 (33.3%)
50~200	30	7 (23.3%)	5 (16.7%)

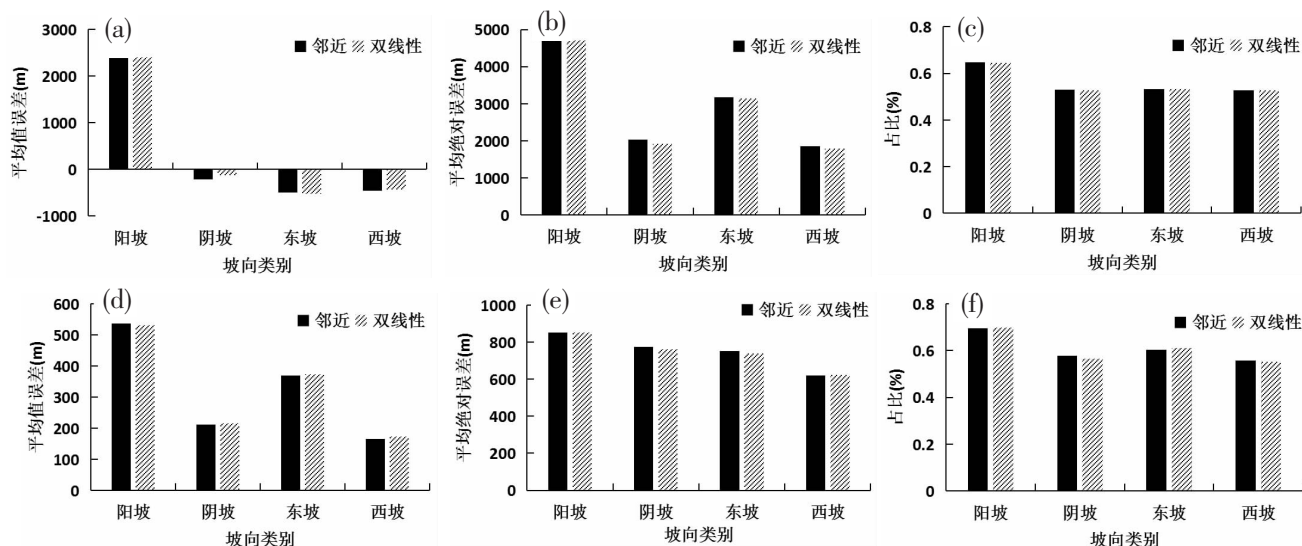


图3 大雾过程不同坡向类别的评估结果

(a)、(b)、(c):所有样本;(d)、(e)、(f): $\leq 10\text{km}$ 样本;(a)、(d):平均误差;(b)、(e):平均绝对误差;
(c)、(f):实况大于格点实况百分率

4 结论

采用两种插值方法,将能见度实况融合格点分析产品插值到站点,对其在四川盆地的适用性进行评估,并以2018年11月24日13时—25日12时的大雾过程为例,与实况站点能见度资料进行对比,主要得到以下结论:

(1) 总体而言,该产品误差普遍在5km范围内,随着海拔的增加,逐渐由低估转为高估,平均绝对误差逐渐增大,盆地和攀西地区以内误差较小,与站点实况更为接近;分级检验结果表明,30km以上能见度的误差最大,随着能见度的下降,误差也逐渐下降,1~2km的误差达到最小,但随着能见度继续下降,误差则呈现增大趋势,以高估为主。

(2) 大雾过程中,该融合格点实况资料能监测低能见度天气,表现出落区的变化,能见度在30km以上时,格点实况以高估为主,30km以下时随着能见度的降低,格点实况从低估逐渐转为高估。对于低能见度时段,能见度实况融合格点资料小于1km范围内的站数与实况相当,但数值较实况偏大;雾的落区与实况较一致,但浓雾的范围明显较实况偏小。

(3) 结合地形因子评估表明,站点坡度与坡向对评估结果有一定影响,总体而言,陡坡、阳坡的误差最大,缓斜坡、平原和阳坡以较实况偏小为主。

参考文献:

[1] 黄楚惠,王彬雁,陈朝平,等.近10年四川盆地低能见度

时空分布特征及订正方法研究[J].高原山地气象研究,2019,39(4):67-73.

[2] 尚子微,宁贵财,王捷馨,等.十个代表城市空气污染指数与能见度和相对湿度的关系[J].干旱气象,2017,35(4):590-597.

[3] 周开鹏,任燕,黄萌,等.环渤海及其四类地区低能见度时空分布及成因分析[J].兰州大学学报(自然科学版),2020,56(2):187-195.

[4] 倪江波,尚可政,王式功,等.华北区域性低能见度天气的自动识别及预报[J].干旱气象,2015,33(1):174-179.

[5] 张浩,石春娥,杨军,等.寿县不同强度雾的微物理特征及其与能见度的关系[J].大气科学,2021,45(6):1217-1231.

[6] 李超,唐千红,陈宇,等.多源数据融合系统LAPS的研究进展及其在实况数据服务中的应用[J].气象科技进展,2017,7(2):32-38.

[7] 潘旻,谷军霞,徐宾,等.多源降水数据融合研究及应用进展[J].气象科技进展,2018,8(1):143-152.

[8] 师春香,潘旻,谷军霞,等.多源气象数据融合格点实况产品研制进展[J].气象学报,2019,77(4):774-783.

[9] 沈艳,潘旻,宇婧婧,等.中国区域小时降水量融合产品的质量评估[J].大气科学学报,2013,36(1):37-46.

[10] 崔园园,覃军,敬文琪,等.GLDAS和CLDAS融合土壤水分产品在青藏高原地区的适用性评估[J].高原气象,2018,37(1):123-136.

[11] 刘军建,师春香,韩帅,等.多源地面短波辐射数据融合与评估[J].遥感技术与应用,2018,33(5):850-856.

[12] 郭旭,龙柯吉,范江琳,等.四种降水融合产品在四川持续性强降水过程中的对比评估[J].高原山地气象研究,

- 2021, 41(2): 42–52.
- [13] 卢小凤, 李仲怡, 陈剑飞, 等. 智能网格产品在西江流域面雨量预报中的应用检验[J]. 气象研究与应用, 2020, 41(2): 45–49.
- [14] 宋雯雯, 郭洁, 淡嘉, 等. 2019 年汛期大渡河流域面雨量多模式预报效果检验[J]. 干旱气象, 2021, 39(4): 678–686.
- [15] 蓝玉峰, 侯君杏, 黄嘉宏. 三套再分析降水资料在华南地区的适用性评估[J]. 气象研究与应用, 2020, 41(2): 14–20.
- [16] 邓悦, 任晓炜, 丘平珠, 等. 台风“海高斯”(2007)期间多种降水融合实况产品的误差评估[J]. 气象研究与应用, 2021, 42(3): 62–68.
- [17] 龙柯吉, 师春香, 韩帅, 等. 中国区域高分辨率温度实况融合格点分析产品质量评估[J]. 高原山地气象研究, 2019, 39(3): 67–74.
- [18] 俞剑蔚, 李聪, 蔡凝昊, 等. 国家级格点实况分析产品在江苏地区的适用性评估分析[J]. 气象, 2019, 45(9): 1288–1298.
- [19] 龙柯吉, 谷军霞, 师春香, 等. 多种降水实况融合产品在四川一次强降水过程中的评估[J]. 高原山地气象研究, 2020, 40(2): 31–37.
- [20] 丛芳, 王佳津, 龙柯吉, 等. 多源融合格点实况数据在四川高温过程的适用性分析[J]. 高原山地气象研究, 2020, 40(4): 65–69.
- [21] 蒋雨荷, 黄晓龙, 李施颖, 等. 四川 CLDAS 5km 小时能见度实况产品与能见度观测站资料质量对比评估[J]. 高原山地气象研究, 2020, 40(3): 73–78.

Evaluation of intelligent grid visibility live fusion grid analysis products in a dense fog weather

Long Keji^{1,2,4}, Song Wenwen^{3,4*}, Huang Xiaolong^{4,5}

(1.Key Laboratory of Air Sounding, China Meteorological Administration, Chengdu Sichuan 610225, China; 2.Sichuan Meteorological Observatory, Chengdu Sichuan 610072, China; 3. Sichuan Meteorological Service Center, Chengdu Sichuan 610072, China; 4. Sichuan Key Laboratory of Rainstorm, Drought and Flood Disasters in Plateau and Basin, Chengdu Sichuan 610072, China; 5. Sichuan Meteorological Observation Data Center, Chengdu Sichuan 610072, China)

Abstract: The proximity interpolation and bilinear interpolation methods were used to interpolate the visibility live fusion grid analysis product developed by the National Meteorological Information Center to 156 national assessment stations in Sichuan Province. A dense fog weather process in Sichuan Basin on November 25, 2018 was selected to evaluate its applicability in Sichuan Basin. The results show that the error of the product is generally within 5km, and gradually changes from underestimation to overestimation with the increase of altitude. The classification test results show that the error of visibility above 30km is the largest, and the error decreases gradually with the decrease of visibility. During the dense fog, the product can monitor low visibility weather and show the change of falling area. When the visibility is above 30km, the grid point reality is mainly overestimated; when the visibility is below 30km, the grid point reality gradually changes from underestimation to overestimation.

Key words: visibility live fusion grid product; dense fog; interpolation; assessment