

引 用 格 式:Liu Na, Zhang Fengli, Li Zhikun, *et al.* Updating of Built-up Areas based on SAR and Night Light Data and Its Optimization for WRF Model Wind Field Simulation[J]. Remote Sensing Technology and Application, 2022, 37(2): 488-498. [刘娜, 张风丽, 李志坤, 等. 基于 SAR 与 NL 数据的建成区提取及其在 WRF 风场模拟优化中应用[J]. 遥感技术与应用, 2022, 37(2): 488-498.]
DOI: 10.11873/j.issn.1004-0323.2022.2.0488

基于 SAR 与 NL 数据的建成区提取及其在 WRF 风场模拟优化中应用

刘 娜^{1,2}, 张风丽^{1,3}, 李志坤^{1,2}, 邵 芸^{1,3}, 庞 雷^{1,2}, 李 璐^{1,2}

(1. 中国科学院空天信息创新研究院, 北京 100094;

2. 中国科学院大学, 北京 100049;

3. 中科卫星应用德清研究院浙江省微波目标特性测量与遥感重点实验室, 浙江 德清 313200)

摘要: WRF 是近地面风场模拟的重要工具, 其中土地利用与土地覆盖信息是 WRF 的重要输入, 是影响 WRF 模拟精度的重要因素之一。WRF 模式默认采用的是 USGS 或 MODIS 土地利用与土地覆盖数据, 二者时效性差, 空间分辨率低, 在城镇化快速发展地区常导致近地面风场模拟精度差的问题。土地利用与土地覆盖信息的提取涉及很多地物类型, 如果对所有地类进行更新, 耗时耗力, 无法满足实际应用的需求。在所有地类中, 城市建成区的变化最快, 对区域气候环境的影响也是最大的, 因此, 提出综合利用 SAR 数据和夜晚灯光(NL)数据提取建成区实现土地利用与土地覆盖数据的快速更新, 然后利用更新后的 WRF 进行风场模拟, 在京津冀地区的实验表明该方法可以快速准确提取建成区边界, 进而使得 WRF 模拟近地面风速的精度明显提高。

关 键 词: WRF; 风场; 多源遥感数据; 城市建成区提取; 土地利用与土地覆盖

中图分类号: P412.6; TP79 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-0323(2022)02-0488-11

1 引 言

近地面风场影响区域气候的适宜性、雾霾等大气污染物的扩散模式等, 因此准确获取城市区域风场信息具有极其重要的意义。天气预报模式 WRF (The Weather Research and Forecasting Model) 是目前最常用的区域气候数值模式之一, 可实现风场、温度、降水等气象参数的模拟, 在城市近地面风场模拟中应用非常广泛。

土地利用与土地覆盖是 WRF 的重要输入参数, 是影响 WRF 模拟精度的重要因素之一^[1]。WRF 默认可输入的土地利用与土地覆盖数据为 1992 年的 USGS 和 2005 年的 MODIS 土地利用与

土地覆盖数据, 数据时效性差, 空间分辨率低, 可能影响 WRF 模拟近地面风场精度。针对这一问题, 国内外许多学者进行了不同土地利用与土地覆盖数据对 WRF 模拟精度的影响研究^[2-4], 结果表明如果 WRF 输入的土地利用与土地覆盖数据的生产时间与 WRF 实际模拟气象时间相差很大, 会导致输入土地利用与土地覆盖信息与实际地表信息存在较大差异, 进而导致 WRF 模拟结果尤其是风场数据与实测结果存在很大误差。因此, 许多学者开始利用遥感方法对 WRF 模型默认土地利用与土地覆盖数据进行更新, 进而实现优化 WRF 模拟结果的目的。如 Sertel 等^[5]对 Landsat ETM+ 影像进行土地利用分类, 获取的土地利用与土地覆盖数据替换

收稿日期: 2019-08-30; 修订日期: 2021-06-05

基金项目: 国家自然科学基金项目(41671359、61471358), 国家重点研发计划(2018YFC0213602)资助。

作者简介: 刘 娜(1994—), 女, 山东日照人, 硕士研究生, 主要从事雷达遥感方面的研究。E-mail: liuna@radi.ac.cn

通讯作者: 张风丽(1978—), 女, 山东泰安人, 副研究员, 主要从事雷达遥感方面的研究。E-mail: zhangfl@aircas.ac.cn

WRF默认土地利用与土地覆盖数据,进行WRF模拟,并与WRF默认输出风场结果进行对比,发现与利用WRF默认的土地利用与土地覆盖数据相比,利用Landsat ETM+分类结果获取的WRF模拟风场更加准确。Brousse等^[6]基于局地气候分区方法(Local Climate Zones, LCZ)对Landsat 8数据进行土地利用分类获得的数据与WRF相结合,提高了WRF模拟气象结果的精度。目前对WRF默认土地利用与土地覆盖数据进行更新时多采用光学遥感数据对所有地类全部进行更新的方法,如果要对WRF进行大范围风场模拟结果优化,则需要制作对应模拟时间段内大范围的土地利用与土地覆盖数据,实现起来周期长、成本高,而在所有土地利用与土地覆盖类型中,城市建成区是变化最快的。近年来由于快速城镇化的影响城市边界范围不断扩展,同时,城市建筑物的高度越来越高,空间异质性越来越强,这一系列变化会导致空气动力学粗糙度的明显升高和时空特征越来越复杂^[7],与WRF默认输入形成显著差异,因此快速准确获取城市建成区范围才能有效保障WRF模拟的精度与效率。

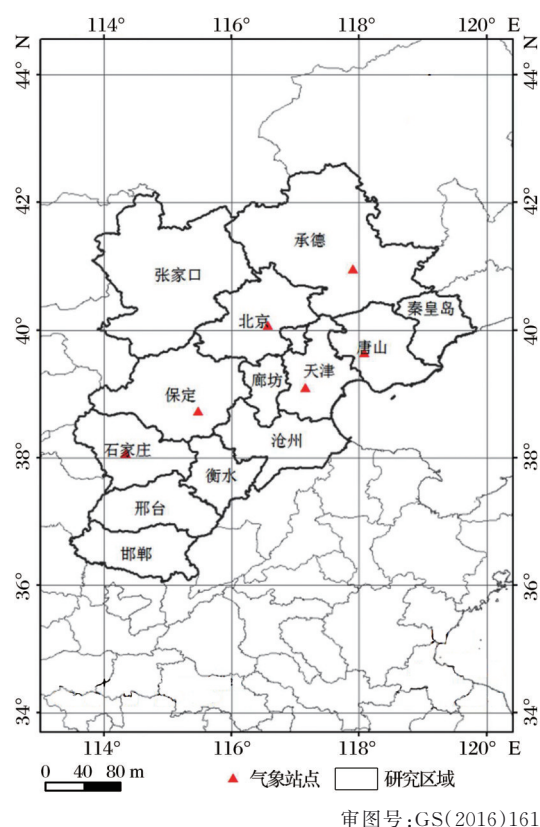
传统的城市建成区范围提取多使用光学遥感数据,不透水表面与透水土壤之间的光谱相似等问题大大影响了光学遥感数据提取城市建成区范围的精度^[8-9]。相比于光学遥感数据,由于城市建筑物目标通常与地面形成二面角散射,常在SAR图像上形成较明显的二次散射特征,因此大范围的城市建成区在SAR图像上容易被快速识别^[10-11]。但在SAR图像上,叠掩严重的山区和植被覆盖区域也具有较强的后向散射强度,容易与建筑物区域出现误分,因此,研究引入夜晚灯光可以反映人类活动信息这一特征^[12],运用夜晚灯光数据在非人类活动区域辐射亮度极低的特点,来降低利用SAR图像提取城市建成区虚警率过高的问题,在快速提取城市建成区的同时保证提取建成区的精度。然后,利用提取的城市建成区范围对土地利用与土地覆盖数据进行更新和WRF风场的模拟,最后以京津冀地区为实验区利用ISD(Integrated Surface Data)气象站点实测数据对WRF模型更新后的模拟风场数据精度进行评估。

2 研究区和数据源

2.1 研究区域概况

选取京津冀地区作为研究区,位置如图1所示。

京津冀地区位于 $113^{\circ}04' \sim 119^{\circ}53' \text{E}$, $36^{\circ}01' \sim 42^{\circ}37' \text{N}$,地处华北,东临渤海,西北为太行山和燕山山脉,属于典型的暖温带大陆性季风型气候。研究区域共11个地级市,包括平原、山地、高原多种地形,城市规模多样,包括中小城市至超大城市多种城市规模。近年来该区域城镇化进程较快,城市人口和城



审图号:GS(2016)1610

图1 研究区域区划及气象站点位置分布

Fig.1 Location and division of research region

市建成区范围都急骤扩展,引发了一系列的气候环境问题,如雾霾频发、城市内涝增加等。

2.2 数据源

2.2.1 SAR和夜晚灯光数据

收集了实验区2017年的ALOS-2数据进行城市建成区的提取。ALOS-2卫星是日本ALOS PALSAR的后续星,于2014年发射,工作在L波段,具有多模式、多极化工作模式。实验共获取了5景ALOS-2影像,采用ScanSAR模式,HH极化,方位向和距离向分辨率为100 m,具体参数如表1所示。

2.2.2 ISD气象站点数据

本实验利用ISD气象站点数据作为地面风场真实数据对WRF近地面风场模拟结果进行验证。ISD数据集在京津冀地区共有6个站点,图1黑色三角标注位置即各气象站点分布情况,各站点信息如

表 1 ALOS-2数据具体参数
Table 1 Specific parameters of ALOS-2

数据时间	极化方式	中心经度/°	中心纬度/°	入射角/°	成像方式	距离分辨率/m	方位分辨率/m
2017/6/24	HH	117.70	38.06	34.9	ScanSAR	100	100
2017/6/24	HH	118.26	40.55	34.9	ScanSAR	100	100
2017/6/24	HH	118.82	43.01	34.9	ScanSAR	100	100
2017/7/18	HH	114.23	38.06	34.9	ScanSAR	100	100
2017/7/18	HH	114.78	40.55	34.9	ScanSAR	100	100



审图号:GS(2016)1610

图 2 实验区 2017 年 NPP-VIIRS 夜晚灯光数据
Fig.2 NPP-VIIRS night light data

表 2 所示,该数据集记录每天自 00:00 开始每间隔 3 h 的气象数据,包括气压、气温、降水量、蒸发量、相对湿度、风向风速等实测数据。

表 2 实验区气象观测站点
Table 2 Meteorological observation station
lof research region

ID	城市	纬度/°N	经度/°E
536980-99999	石家庄	38.067	114.350
544230-99999	承德	40.967	117.917
545340-99999	唐山	39.650	118.100
545110-99999	北京	40.080	116.585
545270-99999	天津	39.100	117.167
546020-99999	保定	38.733	115.483

3 研究方法

图 3 为研究方法的整体思路,首先针对 ALOS-2 提取城市建成区存在虚警的问题,引入夜晚灯光数据,利用邻域分析方法提取的建成区边界,对

ALOS-2 数据提取结果进行虚警剔除,提高城市建成区提取精度并对建成区提取结果进行精度验证;在此基础上,对 WRF 模式土地利用与土地覆盖数据中建成区类型进行优化更新,并利用风场观测数据对比土地利用数据更新前后 WRF 模拟风场精度变化情况。

3.1 基于 SAR 和夜晚灯光数据的建成区提取

利用区域增长算法^[10,13]从 ALOS-2 数据提取城市建成区范围。首先利用建筑物易产生二面角反射、单次散射等强散射特征,选取算法的种子点,经测试将研究区域的种子点阈值设置为 0.9 dB,即影像中后向散射系数大于 0.9 dB 的像元视为区域迭代起始位置,之后根据公式(1)的判定,进行算法迭代。

$$U_{(x,y)} = \begin{cases} 1, & |\sigma_{(x+i,y+j)} - \sigma_{(x,y)}| \geq 0.3 \\ 0, & |\sigma_{(x+i,y+j)} - \sigma_{(x,y)}| < 0.3 \end{cases} \quad (1)$$

其中:设定分割阈值为 0.3 dB; $U_{(x,y)}$ 表征城市建成区提取结果; $U_{(x,y)}=1$ 为城市建成区; $U_{(x,y)}=0$ 为非建成区; $\sigma_{(x,y)}$ 为种子点后向散射系数值; $\sigma_{(x+i,y+j)}$ 为种子点周围八邻域像元内后向散射系数值($i,j=-1,0,1$),当二者差值大于等于 0.3 dB 算法迭代继续,否则停止迭代,并判定此处为非城市建成区。

利用区域增长算法能够将大部分的城市建成区从 ALOS-2 图像上提取出来,但利用 ALOS-2 数据提取城市建成区范围时在植被覆盖区域和山区会存在虚警率过高的问题,因此引入表征人为活动的夜晚灯光数据来剔除虚警,降低建成区提取的错误率。首先根据实验区范围裁剪相应的夜晚灯光数据图像,然后利用邻域分析方法^[14]从 NPP-VIIRS 夜晚灯光数据提取人类活动较密集的建成区范围。建成区和非建成区的内部夜晚灯光变化较小,而二者交界的地带夜晚灯光数值波动明显,因此,利用 3 邻域最小值最大值的差值提取过渡区,当二者差值大于设定阈值 $4.5 \times 10^{-9} \text{ nanoWatts/cm}^2/\text{sr}$ 时,认为提取区域为建成区和非建成区的分界带,并将分界带所包围的内部区域为认为是夜晚灯光数据提取

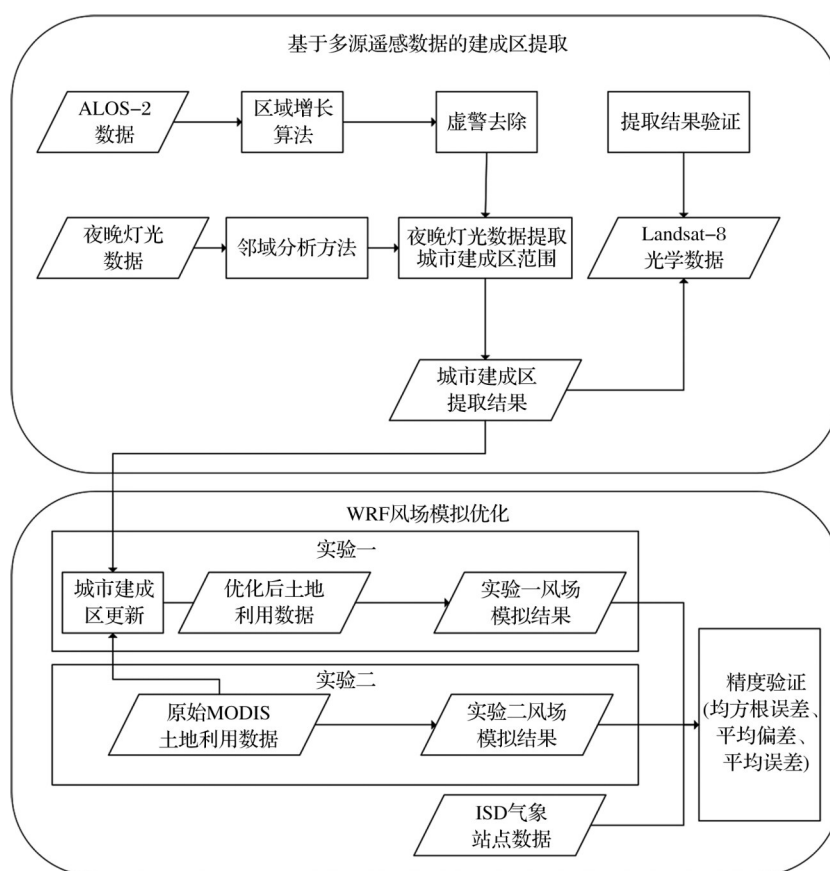


图3 研究方法技术路线图

Fig.3 Technology roadmap of research method

的建成区。最后,对夜晚灯光数据提取结果和ALOS-2数据提取结果做取交集处理,得到实验区城市建成区的范围。

3.2 WRF 风场模拟

实验采用的WRF版本为WRF3.8.1,模式相关参数设置如表3所示。

表3 WRF模式输入参数设置

Table 3 WRF parameters setting

模拟时间	模拟区域中心 经纬度	时间分辨率 /h	最高空间分辨率 /km	气象初始 场数据	WRF 土地利用与土地覆盖输入数据	
2017/1/1~1/7	116.4°E 39.3°N	3	3	GFS	实验一	实验二
2017/4/1~4/7					2005年MODIS土地利用与 土地覆盖数据	更新城市建成区地类的土 地利用与土地覆盖数据
2017/7/1~7/7						
2017/10/4~10/10						

WRF进行气象模拟时需要在有初始气象数据的条件下进行模拟,选用WRF常用的全球预报系统资料(Global Forecast System, GFS)作为气象初始场数据。为了全面分析利用建成区范围更新土地利用与土地覆盖数据后的风场模拟效果,分别利用WRF模拟实验区2017年4月、7月、10月、1月春夏秋冬4个季节代表月份的近地面风场数据。因为WRF模拟消耗时间非常长,分别利用模拟得到4个月份1~7日的风场数据代表该月的风场信息,但因

为2017年10月1~3日GFS气象初始场信息缺失,利用10月4~10日风场模拟结果代表10月的近地面风场模拟数据。为与ISD地面站观测数据相一致,设定模拟时间分辨率为3h,即模拟每天00:00、03:00、06:00、09:00、12:00、15:00、18:00、21:00共8个时间点的风速及风向。

为了验证城市建成区范围更新后对WRF模式近地面风场模拟结果的影响,设计如下两次实验,通过两次实验模拟的对比,开展本实验建成区更新

方法对 WRF 风场模拟影响的敏感性研究。

实验一,基于 WRF 默认土地利用与土地覆盖数据的风场模拟:WRF3.8.1 默认可选的土地利用数据为 1992 年的 USGS 和 2005 年的 MODIS 土地利用与土地覆盖数据,进行模拟时选择二者中的一个作为 WRF 输入数据输入到 WRF 模式中,同时选用制作时间与本次模拟时间更接近的 2005 年 MODIS 土地利用与土地覆盖数据作为实验一 WRF 模拟风场的输入数据。

实验二,利用 SAR 和夜晚灯光数据更新土地利用与土地覆盖数据中城市建成区地类后的风场模拟:WRF 模式默认的 2005 年 MODIS 土地利用与土地覆盖数据将地类划分为 21 类,各地类对应编码如表 4 所示。利用 ALOS-2 和夜晚灯光数据更新建成区范围,替换原有 MODIS 土地利用与土地覆盖数据中的城市和建成区地类(对应编码为 13),进而得到新的土地利用与土地覆盖输入数据。然后将更新后的土地利用与土地覆盖数据作为 WRF 模拟的输入数据,进行 WRF 风场模拟实验。

WRF 模拟区域范围的设置采用 WRF 气象模拟常使用的三层嵌套方案,中心经纬度为 39.3°N,

116.4°E。第一层嵌套区域范围为图 4 整个区域,格网距离为 27 km,格点数为 101×101;第二层嵌套区域范围为图 4 白色边框内区域,格网距离为 9 km,格点数为 202×274;第三层嵌套区域范围为图 4 红色边框内区域,格网距离为 3 km,格点数为 202×274,即模拟区域最高分辨率为 3 km,一、二、三层嵌套区域均完整覆盖整个京津冀实验区。

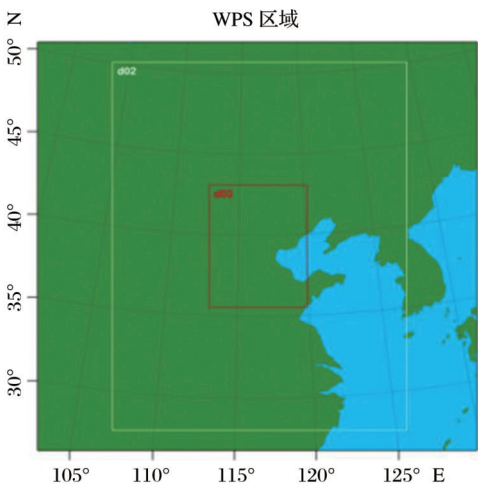


图 4 WRF 嵌套区域范围
Fig.4 WRF nested area range

表 4 MODIS 土地利用与土地覆盖数据编码

Table 4 The encoding of MODIS land use and land cover data

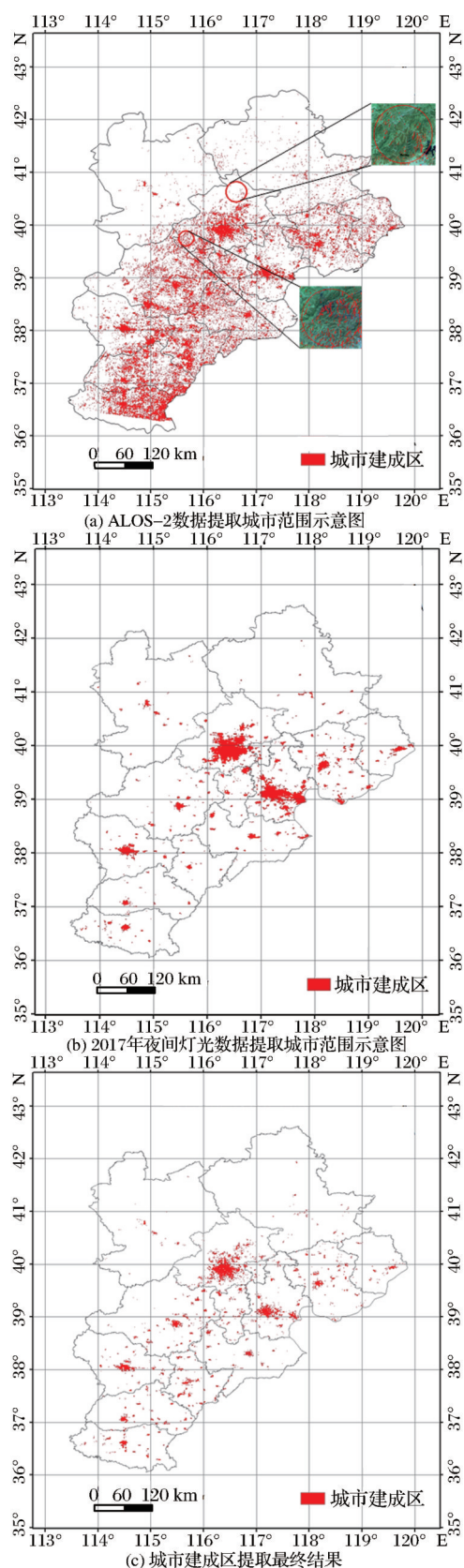
土地覆盖分类	编码
常绿针叶林	1
常绿阔叶林	2
落叶针叶林	3
落叶阔叶林	4
混交林	5
郁闭灌丛	6
稀疏灌丛	7
多树草原	8
稀树草原	9
草地	10
永久湿地	11
耕地	12
城市和建成区	13
耕地和自然植被交错地	14
冰雪	15
裸地或稀疏植被覆盖地	16
水体	17
林木苔原	18
混合苔原	19
裸地苔原	20
湖泊	21

4 结果及分析

4.1 城市建成区提取结果及精度验证

图 5 为利用 5 景 ALOS-2 数据和 NPP-VIIRS 夜晚灯光数据提取的实验区 2017 年的建成区范围,其中图 5(a)表示利用区域增长算法从 ALOS-2 图像提取的建成区范围,图 5(b)表示利用邻域分析方法从 NPP-VIIRS 夜晚灯光数据提取的建成区范围,图 5(c)表示综合利用 ALOS-2 数据和 NPP-VIIRS 夜晚灯光数据最终提取的建成区范围。

对比可以看出,利用分辨率较高的 ALOS-2 图像可以快速提取出建筑物区域,但在后向散射较强的山区、植被覆盖区存在误提取,并且小型村落等也被提取出来,图 5(a)中红色圆圈圈出的区域即受山区和森林区域等影响被检测到的虚警区域。引入夜晚灯光数据后,提取出人类活动密集区域,即可以快速剔除利用 SAR 图像检测到的虚警区域,准确提取建成区的范围。为了对建成区提取精度进行评价,选取北京市为重点实验区,以 2017 年 6 月的 Landsat8 标准假彩色合成图像为参考,利用混淆矩阵进行精度验证,计算得到全局精度为 94.5%,用户精度为 81%,可见利用本实验方法可以快速准确



审图号:GS(2016)1610

图5 综合利用ALOS-2和夜晚灯光数据的城市建成区提取结果

Fig.5 Extraction result of urban built-up areas based on ALOS-2 and night light data

地将建成区范围提取出来,传统WRF优化方法为更新土地利用与土地覆盖数据的全部地类分布情况,成本高,耗时长,而运用4.1节的方法快速更新城市建成区范围,为实现低成本、高效率的WRF模拟精度优化提供了支持。

4.2 WRF模拟风场结果及分析

图6表示WRF模式默认的2005年MODIS土地利用与土地覆盖数据各地类分布情况,图6(a)对应第一层嵌套区域,图6(b)表示第二层嵌套区域,图6(c)表示第三层嵌套区域;在4.1获得的城市建成区基础上对默认的MODIS土地利用与土地覆盖数据中的城市和建成区地类进行更新,获取的土地利用与土地覆盖数据如图6(d)~图6(f)所示,其中图6(d)对应第一层嵌套区域,图6(e)表示第二层嵌套区域,图6(f)表示第三层嵌套区域;在这些图中红色区域表示城市建成区分布。

对比更新前后的土地利用与土地覆盖数据可以看出,在空间分辨率27 km的第一层嵌套区域,城市建成区的更新对土地利用与土地覆盖数据的影响不大,即使在空间分辨率9 km的第二层嵌套区域,建成区的更新对土地利用与土地覆盖数据的影响也不明显,但在空间分辨率达到3 km的第三层嵌套区域,利用ALOS-2和夜晚灯光数据更新后的建成区范围明显大于WRF默认土地利用与土地覆盖数据中的建成区范围。显然受空间分辨率限制,一二层嵌套区域内城市建成区更新不会对WRF模拟结果产生显著影响,因此以下对WRF模拟风场结果的分析在三层嵌套区域中展开。

分别利用更新前后的土地利用与土地覆盖数据进行WRF近地面风场的模拟分析。图7给出了土地利用与土地覆盖数据更新前后实验区WRF风场模拟结果,第一、二、三、四行分别表示1月、4月、7月、10月风场模拟结果,第一列表示利用WRF默认土地利用与土地覆盖数据得到的模拟风场,第二列表示利用更新后的土地利用数据得到的模拟风场,其中不同颜色代表不同的风速大小,紫色表示风速较小,红色表示风速较大,箭头代表风向。

从图7总体模拟结果来看,无论是土地利用与土地覆盖数据更新前还是更新后,实验区风速自东南向西北方向呈现大一小一大的空间分布特征;从不同季节的模拟结果看,1月、10月西北部地区西北风出现频率较高,东南部沿海区域东北风出现频率较高,而4月、7月西北部地区和东南部地区出现频

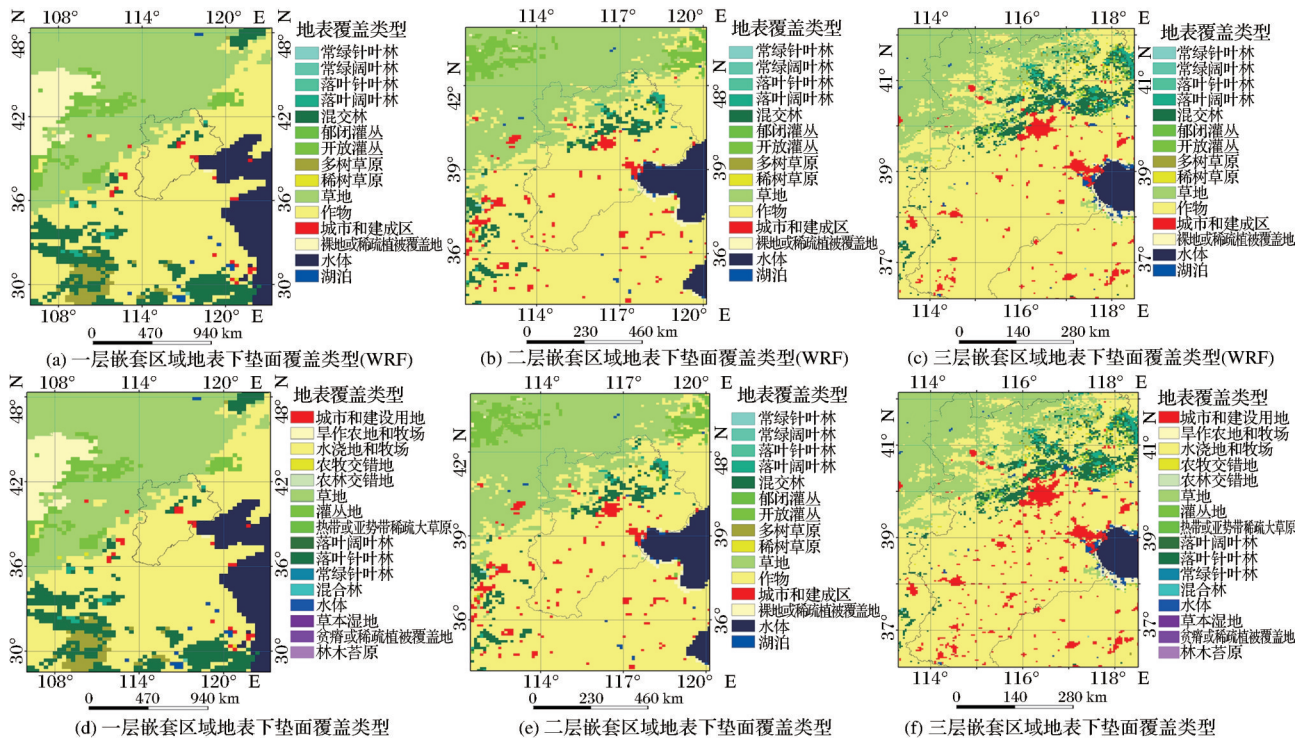


图6 WRF模式默认土地利用与土地覆盖数据及更新后的土地利用与土地覆盖数据

Fig.6 WRF default land use and land cover data and updated land use and land cover data

率较高的风向分别变为西南风和东南风,这些规律与张素云等的研究结论一致^[15]。对比每个季节的风场模拟结果发现,利用ALOS-2和夜晚灯光数据更新下垫面后模拟风场的低风速区范围都变大了,而且其分布与图5检测到的建成区范围具有较高的一致性,这是因城镇化过程中建筑物粗糙元在三维空间的快速扩展极大地增加了下垫面粗糙度,因此降低了近地面风速^[7,13]。在整个实验区内部而言,建成区更新后对北京市的近地面风场模拟结果影响最大,这是由于2005~2017年北京市城镇化进程显著加速,建筑物的范围急剧扩展,粗糙元的高度增加,因此下垫面粗糙度的增加极大地改变了近地面风场^[7]。

以上是对每个季节多日风场平均模拟结果的分析,下面利用保定、北京、承德、石家庄、唐山、天津等实验区各个气象站点的ISD地面观测数据对下垫面更新前后的WRF日平均风速模拟结果进行评价。比较发现土地利用与覆盖数据更新前后模拟的每日风向结果变化极小,图7的多日风场平均模拟结果同样显示,更新前后风向无明显变化,但风速的空间分布存在较大差异。图8分别给出了保定、北京、承德、石家庄、唐山、天津这6个站点ISD地面观测日平均风速及相应日期WRF模拟日平均风速,其中蓝色表示地面实测值,红色表示利用默

认土地利用与土地覆盖数据得到的模拟风速,黑色表示利用多源遥感数据更新下垫面后得到的模拟风速。ISD数据每天自00:00开始每3 h记录1次,因此利用WRF也生成相应时刻的模拟风场,最后分别对相应时刻的风速值取平均得到实测和模拟的日平均风速。

将模拟风速与地面实测风速对比发现,采用默认的土地利用与土地覆盖数据模拟得到的日平均风速值最高,远高于地面实测风速,利用ALOS-2和夜晚灯光数据提取建成区范围对下垫面更新后模拟得到的日平均风速值有所降低,更接近地面实测值,并且模拟精度受季节和区域的影响。1月、4月模拟风速与实测风速之间的差值小于7月、10月模拟风速与实测风速之间的差值。6个城市中唐山和承德土地利用与土地覆盖数据更新前后风速模拟结果的变化最小,这是由于唐山地区城镇化进程相对较慢,2005~2007年其城市建成区面积由190 km²增长到237 km²,增长率约为24.7%,而其他几个城市建成区变化范围的增长率基本都在60%~80%之间;而承德地区的气象站点建设在周围基本无建筑物群的山地区域,因此该站点观测的近地面风场不能充分反映城市扩展带来的影响。

表5给出了建成区更新前后模拟风速的误差统计结果,该结果针对小时值风速模拟误差进行统

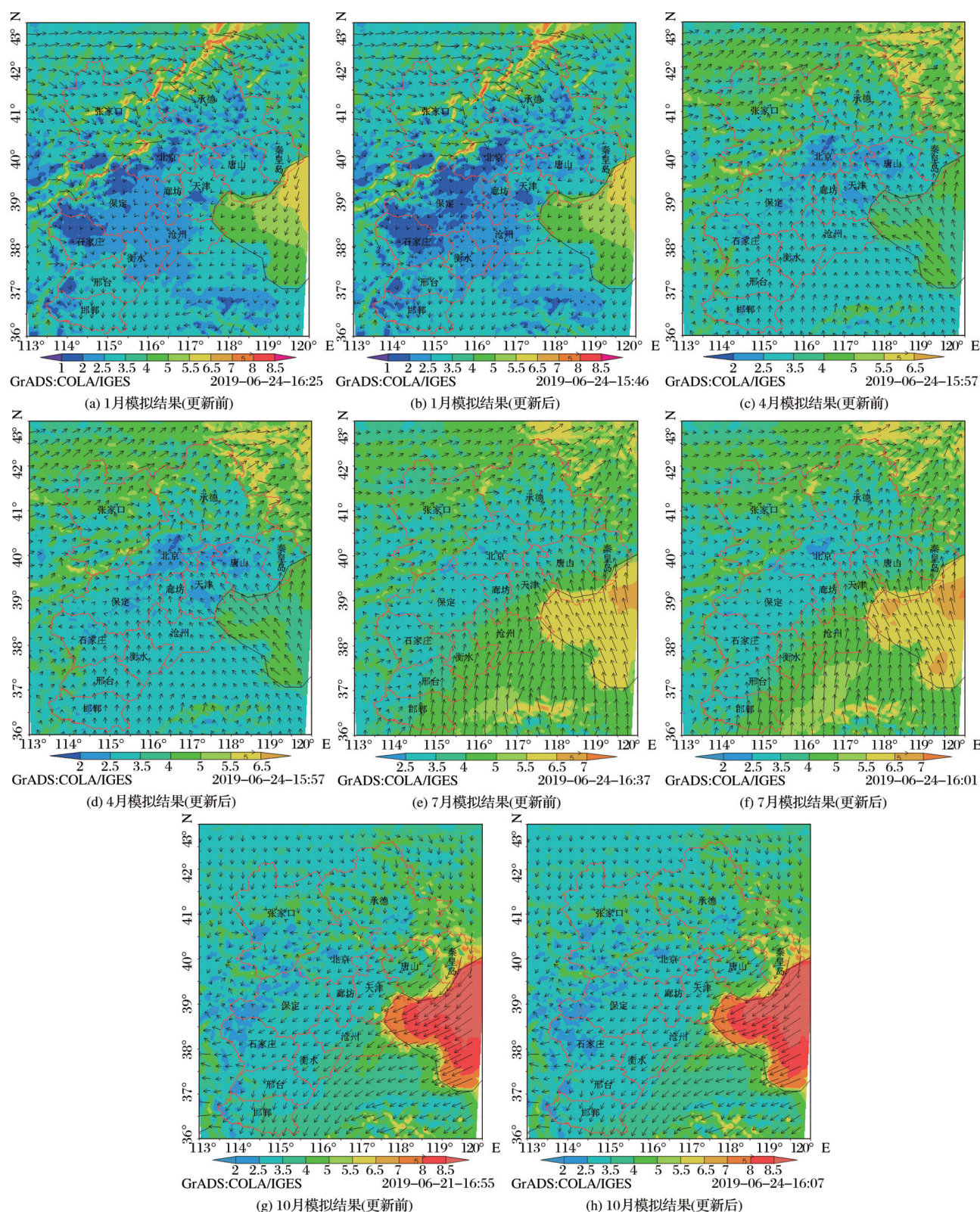


图7 土地利用与土地覆盖数据更新前后WRF风场模拟结果

Fig.7 WRF wind field simulation results before and after landuse data updating

计,获取6个气象站点模拟时间段内的全部小时值风速数据,及对应的WRF模拟风速数据,剔除无效数据后共获得1067组用于验证风速的样本。利用

WRF默认的土地利用与土地覆盖数据,模拟风速的均方根误差RMSE为2.1 m/s、平均偏差MB为0.7 m/s,平均误差ME为0.7 m/s,但利用ALOS-2

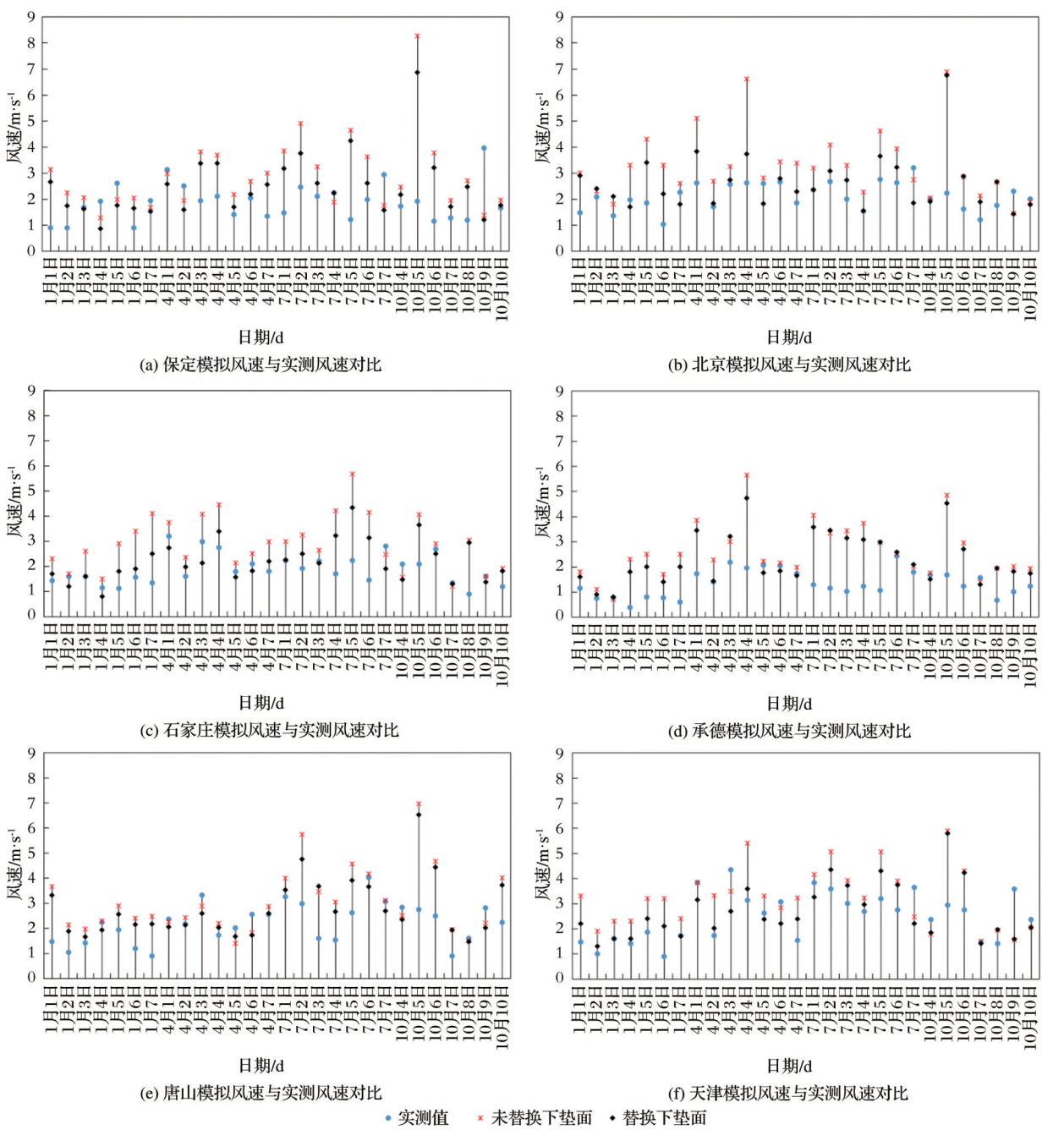


图 8 WRF 模拟风速与 ISD 近地面实测风速对比

Fig. 8 Comparison between WRF simulated wind speed and ISD near ground wind speed

和夜晚灯光数据对下垫面更新后,模拟风速的均方根误差 RMSE 减小为 1.5 m/s、平均偏差 MB 减小为 0.08 m/s、平均误差 ME 减小为 0.3 m/s,可见利用 ALOS-2 和夜晚灯光数据更新土地利用数据后,WRF 近地面风场的模拟结果精度得到显著提高。

传统 WRF 下垫面更新方案往往是对土地利用与土地覆盖数据中所有的地类进行更新,何建军等^[16]更新所有的土地利用类型后获得的 WRF 风速模拟均方根误差 RMSE 为 1.4 m·s⁻¹、平均偏差 MB 为 0.4 m·s⁻¹、平均误差 ME 为 1.1 m·s⁻¹,Meij 等^[3]

表 5 WRF 模拟风速误差统计分析

Table 5 Error statistical analysis of WRF simulated wind speed

	RMSE/m·s ⁻¹	MB/m·s ⁻¹	ME/m·s ⁻¹
WRF 默认数据	2.1	0.7	0.7
更新城市建成区	1.5	0.08	0.3

对 WRF 默认土地利用与土地覆盖数据中全部地类进行替换后获取的模拟风速的均方根误差为 1.52 m·s⁻¹。本文方法只利用多源遥感数据更新建成区一种地类,简单快速,而仅利用 ALOS-2 和夜

晚灯光数据提取的建成区更新土地利用与土地覆盖数据后得到的WRF模拟风速的精度与以上方法模拟精度相近甚至更优的结果,可见,城市建成区是下垫面风场的主要影响因素,仅利用SAR和夜晚灯光数据就可以有效描述下垫面的粗糙度特性,使得WRF风场模拟取得理想的结果,在实际应用中将大大节约时间成本。

5 结论

针对WRF模式默认土地利用与土地覆盖数据时效性差、空间分辨率低的问题,引入ALOS-2和夜晚灯光数据,优化ALOS-2数据提取城市建成区结果。在此基础上对WRF的输入参数土地利用与土地覆盖数据中城市和建成区地类进行更新,对比分析更新前后风场模拟的变化情况,得到以下结论:

(1)综合运用SAR和NL数据提取城市建成区,可有效降低虚警,快速准确地将建成区范围提取出来。

(2)综合利用SAR和NL数据提取的建成区范围来更新土地利用与土地覆盖数据,可以使得WRF模拟近地面风速的精度明显提高,其精度接近甚至优于基于传统光学遥感数据对土地利用与土地覆盖数据中所有地类进行更新的方法,且相比该方法本文优化WRF模拟精度的效率高,成本低。

(3)城镇化进程越快的区域,利用本文方法对下垫面更新后WRF模拟得到的风速跟利用默认土地利用与土地覆盖数据模拟得到的结果差异越大,但越接近地面观测风场数据。

通过本文研究,说明城镇化是影响近地面风场时空特征的重要因素,利用SAR和NL数据可以快速更新下垫面信息,使得WRF取得更准确的风场模拟结果。并且该方法只对城市建成区范围进行更新,节省对土地利用与土地覆盖数据全部地类进行更新的成本,有效地提高了WRF应用的效率。目前,该方法只考虑了城市建成区范围变化对WRF近地面风场模拟的影响,下一步还将研究城镇化过程引起的粗糙元高度变化对WRF风场模拟的影响,以及如何对其进行参数化并进一步优化WRF模拟效果的方法。

参考文献(References):

[1] Pan Xiaoduo, Li Xin, Ran Youhua, *et al.* Impact of underlying surface information on WRF modeling in Heihe River Basin[J]. Plateau Meteorology, 2012, 31(3): 657-667. [潘小

多,李新,冉有华,等.下垫面对WRF模式模拟黑河流域区域气候精度影响研究[J].高原气象,2012,31(3): 657-667.]

- [2] Cheng F Y, Hsu Y C, Lin P L, *et al.* Investigation of the effects of different land use and land cover patterns on mesoscale meteorological simulations in the Taiwan area[J]. Journal of Applied Meteorology and Climatology, 2013, 52(3): 570-587.
- [3] De Meij A, Vinuesa J F. Impact of SRTM and corine land cover data on meteorological parameters using WRF[J]. Atmospheric Research, 2014, 143: 351-370.
- [4] Gao X, Luo Y, Lin W, *et al.* Simulation of effects of land use change on climate in China by a regional climate model[J]. Advances in Atmospheric Sciences, 2003, 20(4): 583-592.
- [5] Sertel E, Robock A, Ormeci C J I J O C. Impacts of land cover data quality on regional climate simulations[J], 2010, 30(13): 1942-1953.
- [6] Brousse O, Martilli A, Foley M, *et al.* WUDAPT, an efficient land use producing data tool for mesoscale models Integration of urban LCZ in WRF over Madrid[J]. Urban Climate, 2016, 17: 116-134.
- [7] Zhang F, Sha M, Wang G, *et al.* Urban aerodynamic roughness length mapping using multitemporal SAR data[J]. Advances in Meteorology, 2017, 2017: 1-14.
- [8] Li C, Wang J, Wang L, *et al.* Comparison of classification algorithms and training sample sizes in urban land classification with landsat thematic mapper imagery[J], 2014, 6(2): 964-983.
- [9] Weng Q, Hu X, Liu H J I J O R S. Estimating impervious surfaces using linear spectral mixture analysis with multitemporal ASTER images[J], 2009, 30(18): 4807-4830.
- [10] Gamba P, Lisini G. Fast and efficient urban extent extraction using ASAR wide swath mode data[J]. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, 2013, 6(5): 2184-2195.
- [11] Shimoni M, Lopez J, Forget Y, *et al.* An urban expansion model for African cities using fused multi temporal optical and SAR data[C]// Geoscience & Remote Sensing Symposium, 2015.
- [12] Milesi C, Elvidge C D, Nemani R R, *et al.* Assessing the impact of urban land development on net primary productivity in the southeastern United States[J], 2003, 86(3): 401-410.
- [13] Zhang F, Shao Y, Li Z, *et al.* Spatial-temporal variation of surface roughness and its effect on the wind fields in the Beijing-Tianjin-Hebei region during 2007 - 2011[J]. Canadian Journal of Remote Sensing, 2017, 43(5): 397-411.
- [14] Su Yongxian, Wang Chongyang, Zhang Hongou, *et al.* Neighbourhood statistics analysis method for extracting the built-up urban area with DMSP/OLS night light data[J]. Tropical Geography, 2015, 35(2): 193-201. [苏泳娴,王重洋,张虹鸥,等.基于DMSP/OLS夜间灯光数据提取城镇建设用地的邻域分析法[J].热带地理,2015,35(2): 193-201.]

- [15] Zhang Suyun, Zhou Shunwu, Guo Yanling, *et al.* Seasonal variation of ground wind velocity in recent 47 years in Hebei and its influence factors[J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2010, 24(12): 93-99.[张素云, 周顺武, 郭艳岭, 等. 近 47a 河北风速季节变化特征及影响因子分析[J]. *干旱区资源与环境*, 2010, 24(12): 93-99.]
- [16] He Jianjun, Yu Ye, Liu Na, *et al.* Impact of land surface information on WRF's performance in complex terrain area[J]. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences*, 2014, 38(3): 484-498.[何建军, 余晔, 刘娜, 等. 复杂地形区陆面资料对 WRF 模式模拟性能的影响[J]. *大气科学*, 2014, 38(3): 484-498.]

Updating of Built-up Areas based on SAR and Night Light Data and Its Optimization for WRF Model Wind Field Simulation

Liu Na^{1,2}, Zhang Fengli^{1,3}, Li Zhikun^{1,2}, Shao Yun^{1,3}, Pang Lei^{1,2}, Li Lu^{1,2}

(1. *Aerospace Information Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100020, China;*

2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100020, China;

3. Zhejiang Province Key Laboratory of Microwave Target Characteristic Measurement and Remote Sensing Deqing Academy of Satellite Applications, Deqing 313200, China)

Abstract: WRF is an important tool for urban near-surface wind field simulation and land use and land cover data is an important input of WRF. It is one of the important factors which affects the accuracy of WRF simulation. USGS and MODIS data are defaults land use and land cover data of WRF. They both have poor timeliness and low spatial resolution which often cause poor accuracy of simulating near-surface wind field in rapidly developing urban areas. Extraction of land use and land cover data involves many land features. It will be time-consuming and labor-intensive, if all land features are updated. It can't meet the needs of practical application. Among all land features, urban built-up area changes fastest and it also has the greatest impact on regional climate. In this paper, a method of extracting built-up area from SAR data and Night Light (NL) data is proposed to update land use and land cover data rapidly. Then we use updated WRF to simulate wind field. The research in Beijing-Tianjin-Hebei shows that this method can extract the boundaries of built-up areas quickly and accurately. And the accuracy of WRF simulation of near-surface wind speed improves significantly.

Key words: WRF; Wind field; Multi-source remote sensing data; Urban built-up area extraction; Land Use and Land Cover