

文章编号: 1001-1595(2011)05-0670-01

多普勒雷达降水反演及其与改进的区域气候模式 RIEMS 的同化研究

邵月红

南京信息工程大学 应用水文气象研究院, 江苏 南京 210044

Precipitation Retrieved by Doppler Radar and Its Assimilation Study with the Improved Regional Climate Model RIEMS

SHAO Yuehong

Applied Hydrometeorological Research Institute, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044, China

在前人构建的陆面水文过程模型 TOPX 和区域气候模式 RIEMS 的耦合模式的框架基础上, 针对耦合模式中 RIEMS 对降水和蒸散发的模拟精度较低, RIEMS 和 TOPX 模式之间尺度不匹配等进行研究, 结果如下:

(1) 多普勒雷达资料的定量估测降水方面。首先, 获取研究区最佳的雷达反射率-雨强 ($Z-I$) 关系。选择改进的最佳窗概率配对法(WPMM)、遗传算法(GA)和最优优化法(OM)分别建立研究区的 $Z-I$ 关系, 并对其精度进行评估。结果表明 WPMM 最优。因此选取 WPMM 作为该研究区域的最佳 $Z-I$ 关系。第二, 通过雷达雨量计联合校正法得到较高精度的面降雨量。在最佳 $Z-I$ 关系的基础上, 采用雷达雨量计联合校正法来进一步提高雷达定量估测降水的精度, 获取高精度的面雨量。采用平均校准法、最优插值法、卡尔曼滤波法、变分法、卡尔曼变分法和卡尔曼最优插值法六种雷达雨量计联合校正法来进行雷达定量估测降水研究。结果表明: 在站点的估测和空间分布上, 卡尔曼最优插值法得到的降水量与观测值(观测场)最接近, 受阈值的影响轻微, 相对稳定, 平均相对误差最低, 估测精度最高。

(2) 基于集合卡尔曼滤波(EnKF)同化算法和 RIEMS 的降水数据同化方案。利用 EnKF 以 RIEMS 为模型算子, 雷达为观测算子发展估算区域降水量的同化方案, 同化雷达反演降水信息, 并测试了随机扰动矩阵不同方差和集合样本大小对同化降水量的影响, 通过临沂流域 6 个实测站点的降水进行验证。其主要结论如下: 在站点尺度和空间分布上, 通过 EnKF 同化后, 有效融合了高时空分辨率的雷达观测信息, 使得降雨量的精度比同化前有了明显的提高, 使同化的降雨量在空间分布和强度上与观测场更加接近。同时对随机扰动矩阵方差和样本大小的同化测试试验表明当方差为 2.0、样本成员数目在 50~80 之间时, 同化的降雨量在空间分布格局和中心强度上达到最优状态, 与观测的降雨量最吻合。综上所述, 本文发展的降水数据同化方案能够有效的改善降雨的模拟精度。

(3) RIEMS 和 TOPX 的耦合。改进的 TOPX 在半干旱半湿润的临沂流域离线测试效果良好。确定性系数(Nash)、相关系数、流量平均相对误差三个指数表明: 在率定期和验证期 TOPX 模拟的径流量都能达到令人满意

的结果, 其中日、月模拟结果 Nash 分别在 0.724~0.790 和 0.853~0.905 之间, 进一步分析土壤含水量等中间变量的模拟结果。结果表明: 数值模拟合理, 空间分布形态与客观规律相近, 说明 TOPX 水文模型结构合理, 能够很好地描述流域中重要的产汇流机制及中间水文过程, 在研究区的模拟效果令人满意。第二, 耦合模式中通过不同方法计算获取较高精度的蒸散发量。蒸散发的获取主要通过 RIEMS 输出的气温、湿度、风速和太阳辐射等气象因子采用彭曼(P-M)、Pristley-Taylor(P-T)、Hargreaves-Samani(H arg)和双线性曲面回归经验模型(BEF)来计算得到。四种方法结果表明: BEF 的模拟值与观测值最接近, 精度最高; 其他三种方法的精度比较接近。第三, 耦合模式在线成功模拟, 降水改进后水文模拟效果明显改善。耦合模式对水文过程日、月径流量的模拟与观测值在总体趋势上比较一致, 但模拟的峰值和峰现时间存在着不同程度的误差。而在降水同化后, 耦合模式模拟结果明显改善, 日模拟结果 Nash 系数从 -1.57 提高到 0.53, 相关系数从 0.49 提高到 0.79。改进的耦合模式对重要水文过程空间分布模拟结果表明: 数值模拟合理, 空间分布形态与客观规律一致。精度较高的降水量和蒸散发量使得水文过程的土壤平均含水量、流域径流深等变量重新配置, 进一步得到精度较高的径流量的模拟结果。

中图分类号: P237.9

文献标识码: D

基金项目: 国家重点基础研究发展规划 973 项目(2006CB400502), 水利部公益性行业专项(201001047)

收稿日期: 2010-12-08

作者简介: 邵月红(1977—), 2010 年 3 月获得南京大学地图学与地理信息系统专业博士学位(指导教师: 张万昌教授), 研究方向为 GIS 和 RS 在大气、水文方面的应用, 区域气候模式与水文模型的耦合。

Author: SHAO Yuehong(1977—) received her doctorate in cartography and geographic information system from Nanjing University in March 2010. She majors in application of GIS/RS in hydrometeorology and coupling hydrological models in regional climate models. E-mail: syh@nuist.edu.cn