

遥感与生态水文

EcoHAT

Ecological Hydrology Analysis Tools

杨胜天、赵长森



北京師範大學
BEIJING NORMAL UNIVERSITY

水科学研究院
College of Water Sciences

EcoHAT简介



EcoHAT系统依托遥感技术手段，以生态水文过程机理为理论基础，结合GIS数据处理方法，构建以流域水文、水资源和面源污染等过程为核心的九个水文模型。EcoHAT已开发功能包含54个函数过程及39个预处理过程，涉及领域涵盖了入渗产流、坡面及河道汇流、陆面蒸散发、土壤水分运动、植被NPP、生态需水、取水便利性和土壤营养元素循环等环节。EcoHAT致力于为高校、研究所、政府及相关企事业单位从事遥感、水文、生态、环境、国土及农业相关领域的研究人员提供丰富、便捷、有效的技术支持。通过在半干旱半湿润黄河流域、缺资料区准噶尔盆地和青藏高原地区、中高纬冻融区、西南喀斯特区及东部沿海地区的长期应用和实践，EcoHAT在承接国家重大科研项目的同时不断发展和创新，形成了以系统为平台、模型为手段、函数为基础的架构体系，为深度演理遥感生态水文过程提供了更为高效的开放式平台。



EcoHAT采用开源方式对外发布，在官网上均可免费下载，
官网网址：ecohat.bnu.edu.cn
Email：ecohat@bnu.edu.cn

EcoHAT发展历史



- 2007** 构建生态水文过程模拟系统
- 2008** 生态水文评价系统 **EcoHAT Ver1.0**登记软件著作权
引入流域水文过程、绿水资源、水分能量等模块
- 2009** 引入N、P转化迁移过程模拟、大尺度非点源模型
- 2010** 升级到 **EcoHAT Ver1.5**，增加植被生长及非点源污染物迁移模块，并修改系统中一些Bug
- 2011** 实现土壤侵蚀模型与氮磷迁移计算模型的耦合和应用
- 2012** 升级到 **EcoHAT Ver2.0**，增加土壤-植被-大气传输(SVAT)模型
- 2013** 改进Richards土壤水分模拟模型，构建分布式DTVGM
- 2014** 构建分布式LCM雨洪模型、引入GA参数优化选择算法
构建水压力叠合模型、实现基于洗牌法的不确定性分析
- 2015** 升级到 **EcoHAT Ver3.0**，添加数据预处理模块及数据分析模块，集成LCM驱动的MUSLE模型
- 2016** 构建EcoHurban模型、RiverEcoHydro河流生态系统模型
- 2017** 升级到 **EcoHAT Ver4.0**，生成函数过程数据库，添加模型预处理模块，进行网络发布，添加并行计算并修改UI，添加河流生态水文过程



EcoHAT结构



区域生态、水文与水资源模拟

九个生态水文模型

灵活调用、自用定制、代码封装、易于操作

水文模型基础数据准备

EcoHAT系统

五十四个函数过程

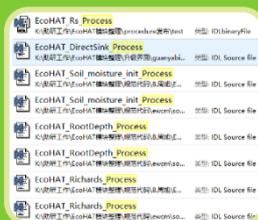
三十九个预处理过程

采用基于文件夹的管理方式



九个水文模型

- 流域水文：LCM模型、RSDTVGM模型、SVAT模型
- 水资源：空间非叠合水压力模型、EcoHurban模型、RiverEcoHydro模型
- 面源污染：氮迁移模型、磷迁移模型、大尺度非点源模型



五十四个函数过程

- 流域水文函数：LCM入渗产流函数、坡面汇流函数、河道汇流函数、.....
- 水资源函数：集水区函数、取水便利性函数、合理取水范围函数、.....
- 面源污染函数：农田施氮肥函数、氮的矿化&分解、反硝化函数、.....



三十九个预处理过程

- 可操作界面程序
- 编译运行程序
- 专业软件操作流程





EcoHAT 九个水文模型



EcoHAT函数列表



序号	函数名	函数所属模型	名称	功能
1	EcoHAT_LCM_Infiltration_Procedure	LCM暴雨径流	LCM入渗产流函数	计算径流量、土壤含水量和地下水含量
2	EcoHAT_Slope_Concentration_Procedure	LCM暴雨径流	坡面汇流函数	依照等流时线方法计算子流域出口径流量
3	EcoHAT_Channel_Routing_Procedure	LCM暴雨径流	马斯京根河道汇流函数	依照马斯京根方法计算流域出口径流量
4	EcoHAT_Ecan_Procedure	分布式时变增益模型	植被截留蒸发函数	计算降水发生后, 植被的截留蒸发量
5	EcoHAT_EffectivePre_Procedure	分布式时变增益模型	地表有效降雨量函数	计算降水发生后, 能够到达地表的降雨量
6	EcoHAT_ETa_Procedure	分布式时变增益模型	地表实际蒸散发函数	计算地表实际发生的蒸散发量
7	EcoHAT_SWC_Procedure	分布式时变增益模型	土壤水模拟函数	将土壤分为三层, 模拟不同层土壤含水量。
8	EcoHAT_Runoff_Procedure	分布式时变增益模型	产流计算函数	模拟计算地表和土壤中的产流。
9	EcoHAT_Rs_Process	土壤水分迁移计算	太阳净辐射函数	计算太阳辐射
10	EcoHAT_Rn_Process	土壤水分迁移计算	地表净辐射函数	计算地表净辐射
11	EcoHAT_RootDepth_Process	土壤水分迁移计算	根系深度函数	计算根系深度
12	EcoHAT_VF_Process	土壤水分迁移计算	植被盖度函数	计算植被盖度
13	EcoHAT_Interception_Process	土壤水分迁移计算	植被截留函数	计算植被截留
14	EcoHAT_ETp_Process	土壤水分迁移计算	潜在蒸散发函数	计算潜在蒸散发
15	EcoHAT_Eps_Process	土壤水分迁移计算	土壤蒸发函数	计算土壤蒸发
16	EcoHAT_Soil_moisture_init_Process	土壤水分迁移计算	土壤水初始化函数	计算初始土壤水含量
17	EcoHAT_Richards_Water_Movement_Processes	土壤水分迁移计算	土壤水分迁移计算函数	计算逐日逐层的土壤水含量, 以及实际蒸发与蒸腾量
18	EcoHAT_C_Factor_Procedure	MUSLE土壤侵蚀计算	覆盖-管理因子函数	计算覆盖-管理因子C。
19	EcoHAT_K_Factor_Procedure	MUSLE土壤侵蚀计算	土壤可蚀性函数	计算土壤可蚀性因子K。
20	EcoHAT_LCM_Rs_Procedure	MUSLE土壤侵蚀计算	地表径流函数	计算地表径流Rs。
21	EcoHAT_LS_Factor_Procedure	MUSLE土壤侵蚀计算	地形因子函数	计算坡度S和坡长L因子的乘积。
22	EcoHAT_P_Factor_Procedure	MUSLE土壤侵蚀计算	水土保持措施因子函数	计算水土保持措施因子P。
23	EcoHAT_Time_Overland_Procedure	MUSLE土壤侵蚀计算	坡面栅格汇流时间函数	计算坡面栅格汇流时间。
24	EcoHAT_Sed_Overland_Procedure	MUSLE土壤侵蚀计算	坡面侵蚀产沙函数	计算坡面侵蚀产沙。
25	EcoHAT_Fert_N_Procedure	土壤氮素迁移转化	农田施氮肥函数	计算施肥后土壤上层硝态氮含量和氨氮含量。
26	EcoHAT_Nuptake_Procedure	土壤氮素迁移转化	植物对氮元素的吸收函数	计算不同植被生产力分配、植物凋落和不同植被对于氮素的吸收。
27	EcoHAT_Nmindn_Procedure	土壤氮素迁移转化	氮的矿化&分解、反硝化函数	计算土壤中氮的矿化&分解、反硝化过程。
28	EcoHAT_NitvoN_Procedure	土壤氮素迁移转化	氮的硝化&氨化函数	计算氮的硝化&氨化过程。
29	EcoHAT_Nrainfall_Procedure	土壤氮素迁移转化	氮的大气沉降	计算氮的大气沉降过程
30	EcoHAT_Nmove_Procedure	土壤氮素迁移转化	溶解态氮迁移函数	溶解态氮随地表径流、渗漏和地下径流的流失量。
31	EcoHAT_Erosion_ON_Procedure	土壤氮素迁移转化	吸附态氮迁移函数	计算泥沙对氮的吸附量。
32	EcoHAT_Fert_P_Procedure	土壤磷素迁移转化	磷素施肥函数	计算施肥后土壤上层可溶性磷的含量。
33	EcoHAT_Puptake_Procedure	土壤磷素迁移转化	生产力分配、植物凋落物计算和计算植物对磷元素的吸收函数	模拟计算不同植被生产力分配、植物凋落和不同植被对于磷素的吸收。
34	EcoHAT_Pmindn_Procedure	土壤磷素迁移转化	矿化分解函数	模拟计算土壤中有有机质矿化和分解为不同形态磷。
35	EcoHAT_Pminr_Procedure	土壤磷素迁移转化	溶解态与稳定态磷素在磷池内的转换函数	模拟计算磷池中溶解态磷和稳定态磷的相互转化。
36	EcoHAT_Soil_Erosion_P_Procedure	土壤磷素迁移转化	吸附态磷迁移计算函数	拟计算泥沙对磷的吸附量。
37	EcoHAT_Pmove_Procedure	土壤磷素迁移转化	溶解态磷迁移函数	溶解态磷随地表径流、渗漏和地下径流的流失量。
38	EcoHAT_Catchment_Function	水压力模型	集水区函数	获取指定栅格上游集水区范围的函数
39	EcoHAT_Convenience_Function	水压力模型	取水便利性函数	计算指定两个栅格之间的取水便利性。
40	EcoHAT_Dcell_Function	水压力模型	下游栅格函数	计算指定栅格的下游栅格下标
41	EcoHAT_Downcells_Function	水压力模型	下游栅格数组函数	计算指定栅格下游的栅格序列。
42	EcoHAT_Intersect_Function	水压力模型	交集函数	求两个数组的交集
43	EcoHAT_Supp_Function	水压力模型	补集函数	设有集合(数组)A和B, 求属于A但是不属于B的元素
44	EcoHAT_Outcell_Function	水压力模型	出水口函数	计算任意集水区的出水口
45	EcoHAT_Rregion_Function	水压力模型	合理取水范围函数	计算指定用水单元的合理取水范围
46	EcoHAT_Waterstress_Procedure	水压力模型	水压力模型主函数	计算栅格单元的水压力
47	ecohurban_DirectSink_procedure	城市雨洪模型	流向修正函数	计算城市流域各栅格流向,修正道路栅格流向,包括源汇信息提取。
48	ecohurban_NodeControlArea_procedure	城市雨洪模型	道路节点控制面积及距离属性获取函数	获取各个道路交点的实际控制面积和汇流最远距离、每个栅格所属控制结点分类及到其控制结点的距离。
49	ecohurban_SinkContribution_procedure	城市雨洪模型	洼地点贡献区域获取函数	搜索各个洼地点贡献区内的所有结点,并计算所有贡献节点到其洼地点的距离。
50	ecohurban_IsoChrono_procedure	城市雨洪模型	等流时计算函数	计算各道路集水区等流时线流量过程。
51	ecohurban_RoadRoutingModel_procedure	城市雨洪模型	道路汇流函数	道路汇流。
52	EocHAT_aehra	河流生态水文	改进的生态水力半径法	计算年内逐月生态需水量
53	mpfitfun	河流生态水文	质心法定二维生态属性权重	计算水生物优势度权重
54	habitat_factor_priority	河流生态水文	栖息地因子生态修复优先度	挑选水生态修复优先因子与优先区



EcoHAT预处理过程列表



序号	程序/操作名称	软件名称	预处理所属模型	名称
1	EcoHAT_LCM_Pre_PrecipTemplInter	IDL程序	LCM模型	LCM降雨时间插值操作
2	EocHAT_LCM_Pre_RunoffTemplInter	IDL程序	LCM模型	LCM径流时间插值操作
3	过程操作	IDL程序	LCM模型	LCM降雨空间插值操作
4	过程操作	IDL程序	LCM模型	土地利用编码操作
5	过程操作	IDL程序	LCM模型	土壤质地编码操作
6	EocHAT_LCM_Pre_Dis_r	IDL程序	LCM模型	入渗系数空间离散操作
7	GISnet	IDL程序	LCM模型	流域属性计算操作
8	EocHAT_LCM_Pre_IUH_Adjusted	IDL程序	LCM模型	等流时线调整程序操作
9	过程操作	HDF软件、MRT	DTVGM模型	MODIS数据拼接与投影转换
10	空间插值程序	IDL程序	DTVGM模型	空间插值
11	EocHAT_DTVGM_Pre_suntime	IDL程序	DTVGM模型	计算日出日落时间
12	EocHAT_DTVGM_Pre_Viewtime	IDL程序	DTVGM模型	计算卫星过境时间
13	EocHAT_DTVGM_Pre_Kc_function	IDL程序	DTVGM模型	计算Kc值
14	过程操作	ArcGIS、Chinasoil图层、HWSD数据库	DTVGM模型	计算土壤水分参数
15	snowcover	IDL程序	DTVGM模型	雪盖插值
16	过程操作	HDF软件、MRT、IDL裁切程序	SVAT模型	太阳辐射数据预处理操作
17	过程操作	HDF软件、MRT、IDL裁切程序	SVAT模型	Albedo数据预处理
18	过程操作	HDF软件、MRT、IDL裁切程序	SVAT模型	LST数据预处理
19	过程操作	HDF软件、MRT、IDL裁切程序	SVAT模型	Emis31数据预处理
20	过程操作	HDF软件、MRT、IDL裁切程序	SVAT模型	Emis32数据预处理
21	suntimeModel	IDL程序	SVAT模型	太阳时计算
22	过程操作	ArcGIS	SVAT模型	每日瞬时气温数据预处理
23	过程操作	HDF软件、MRT、IDL裁切程序	SVAT模型	LAI数据预处理
24	过程操作	HDF软件、MRT、IDL裁切程序	SVAT模型	植被聚集指数Q值预处理
25	过程操作	ArcGIS	SVAT模型	降水截留计算数据预处理
26	过程操作	ArcGIS、ENVI	SVAT模型	土地覆盖数据预处理
27	过程操作	IDL程序	SVAT模型	土壤初始含水量计算数据预处理
28	过程操作	IDL程序	SVAT模型	土壤水运移计算数据预处理
29	过程操作	ArcGIS、ENVI	MUSLE模型	随时间变化的影像数据处理
30	过程操作	ArcGIS、ENVI	MUSLE模型	不随时间变化的影像数据处理
31	过程操作	ArcGIS、text	MUSLE模型	文本数据Resolution_txt处理
32	EcoHAT_Nitrogen_Pre_N_P_Initialize	IDL程序	N、P模型	N、P参数赋初值
33	EcoHAT_Nitrogen_Pre_Fert	IDL程序	N、P模型	施肥计算
34	EcoHAT_DTVGM_Pre_Vegcover	IDL程序	N、P模型	植被盖度计算
35	EcoHAT_Nitrogen_Pre_PrecipInterpolation	IDL程序	N、P模型	降雨空间插值
36	EcoHAT_Nitrogen_Pre_SoilTemperature	IDL程序	N、P模型	土壤温度计算
37	Rs_function	IDL程序	N、P模型	太阳辐射计算
38	NPP_casa_function	IDL程序	N、P模型	NPP计算
39	EcoHAT_Nitrogen_Pre_MUSLE	IDL程序	N、P模型	MUSLE计算



EcoHAT应用区分布



干旱内流河流域缺资料区
水文循环及生态耗水

中高纬分布式氮磷迁移转化模拟

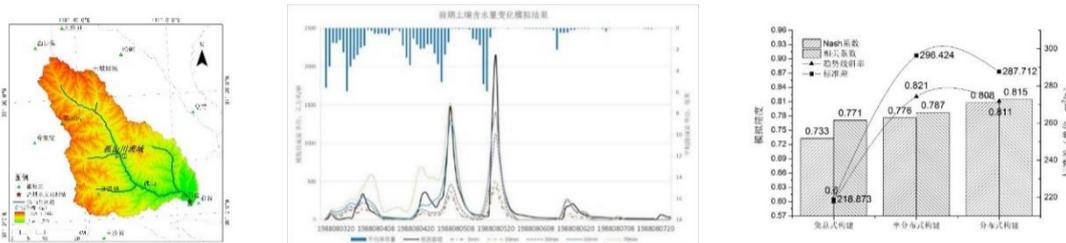


EcoHAT研究方向与应用领域

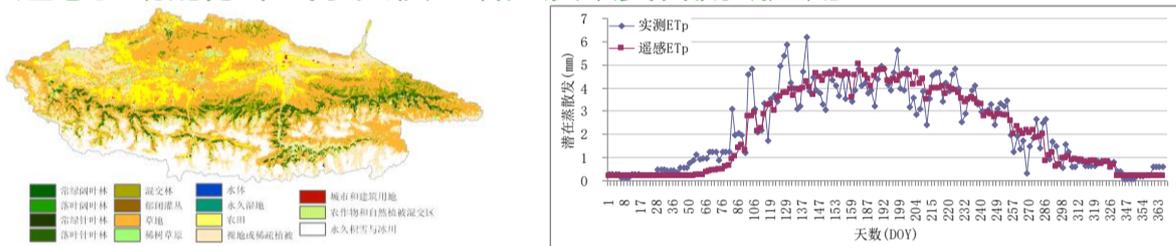


流域水文过程模拟

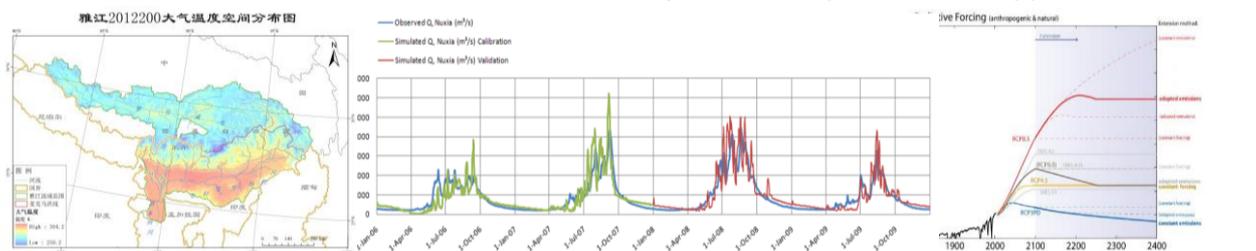
黄河中游多沙粗沙区LCM模型分布式构建与应用



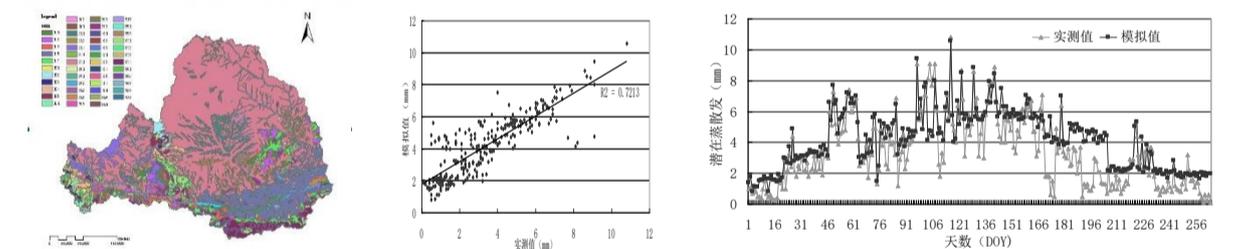
遥感驱动分布式水文模型研究及缺资料流域应用



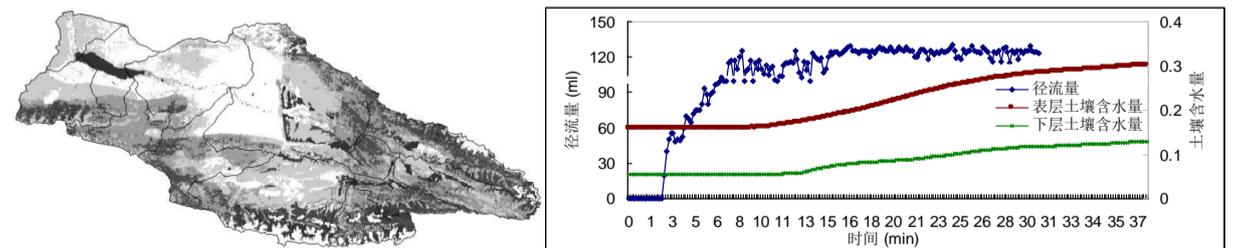
缺资料区MS-DTVGM模型构建及雅鲁藏布江流域径流演变规律研究



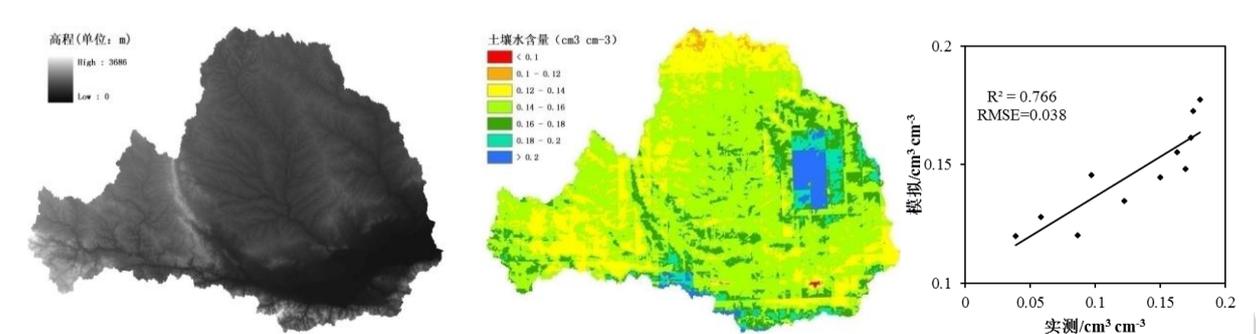
渭河流域厚层土体土壤水分数值模拟及干旱监测



多源遥感数据在干旱半干旱缺资料地区生态耗水估算中的应用研究



渭河流域遥感驱动的土壤水分动态模拟研究

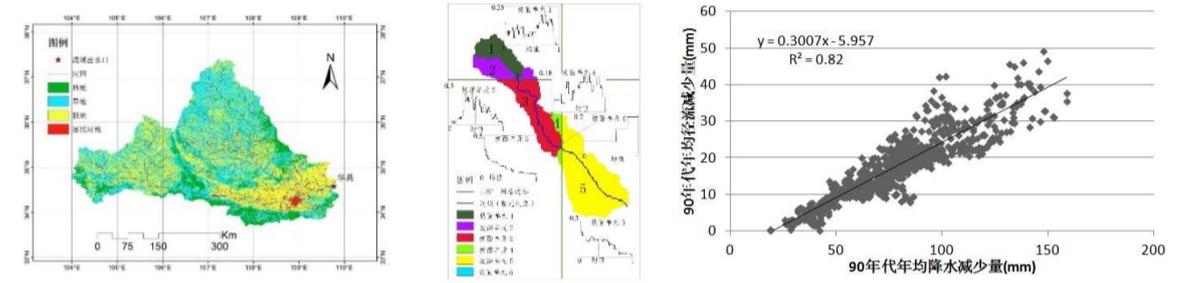


EcoHAT研究方向与应用领域

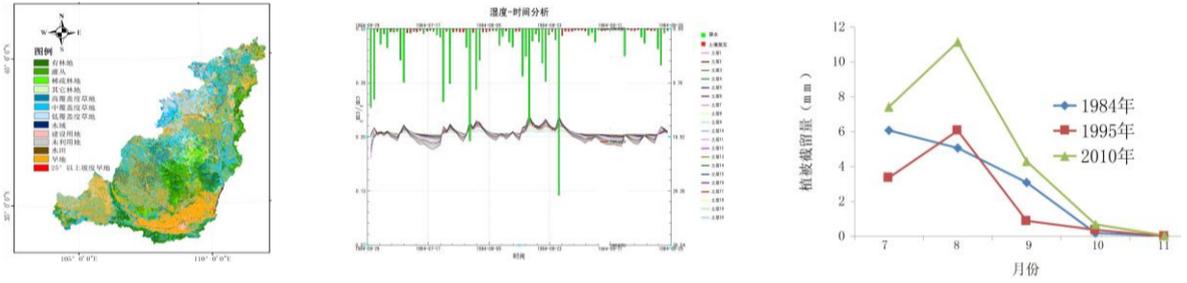


流域水文过程模拟

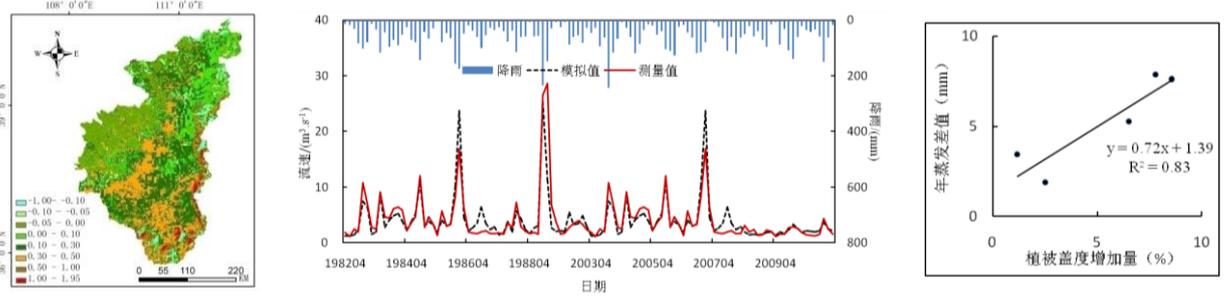
多尺度汇流模型构建及在渭河流域径流锐减分析的应用研究



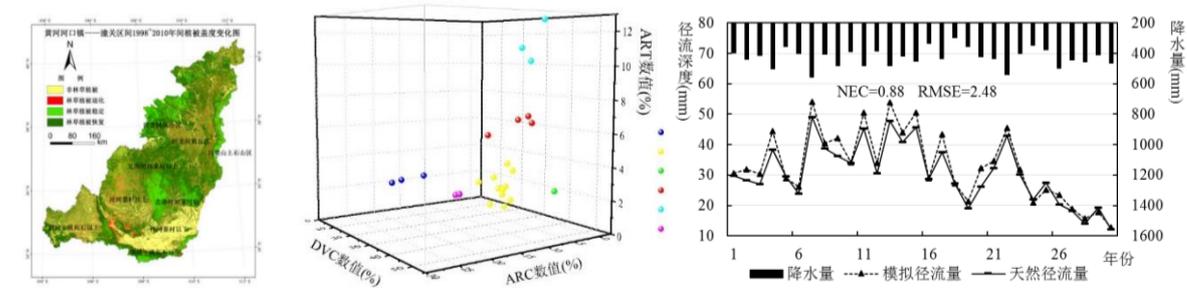
黄河中游典型流域植被耗水计算与分析



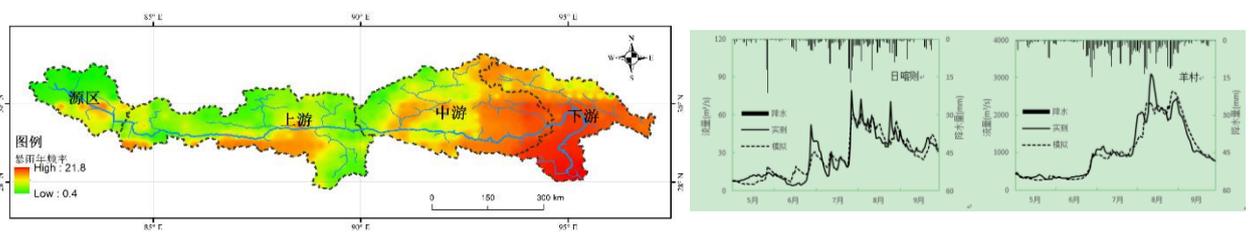
河龙区间生态恢复背景下径流锐减分析研究



黄河中游植被恢复对蒸散变化的影响分析



缺资料地区雅鲁藏布江流域暴雨山洪危险评价研究

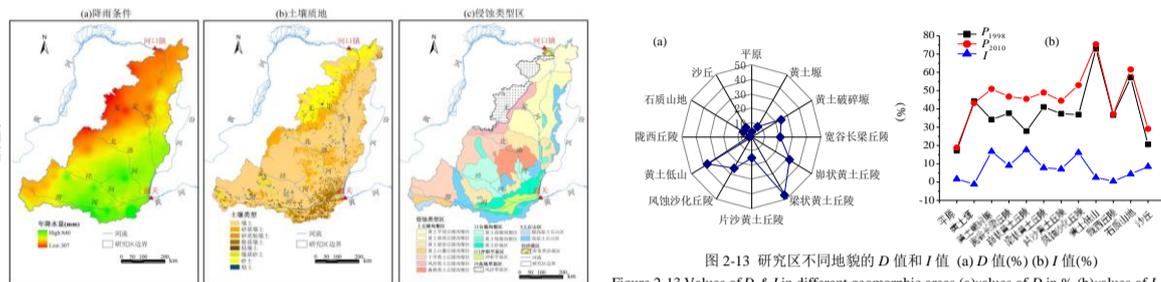


EcoHAT研究方向与应用领域

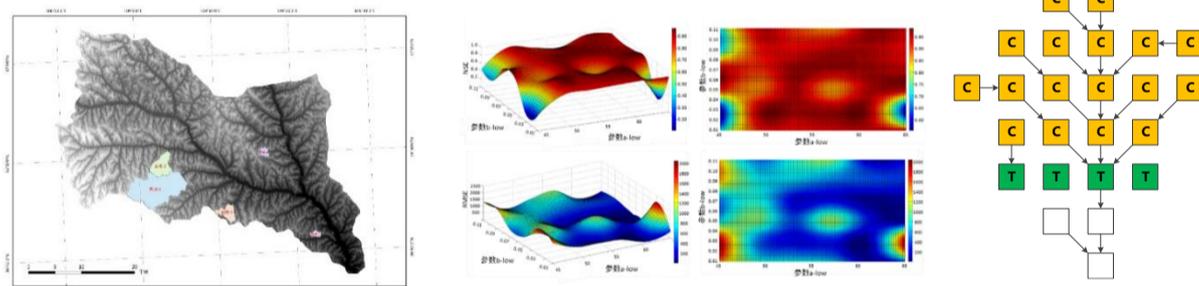


土壤侵蚀过程与水资源模拟

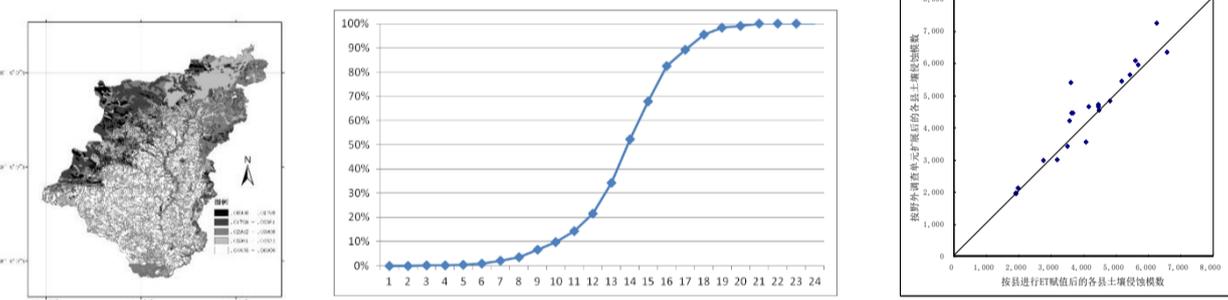
黄河中游区次降雨侵蚀产沙对林草植被变化的响应分析



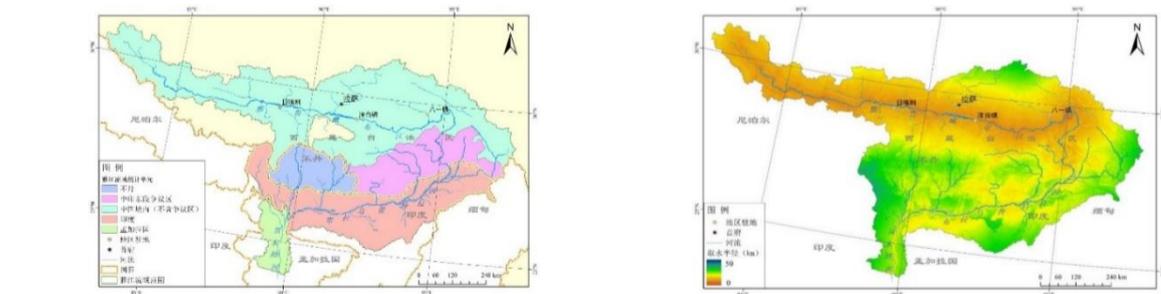
遥感估算河流流量及其在黄河中游梯田减水计算中的应用



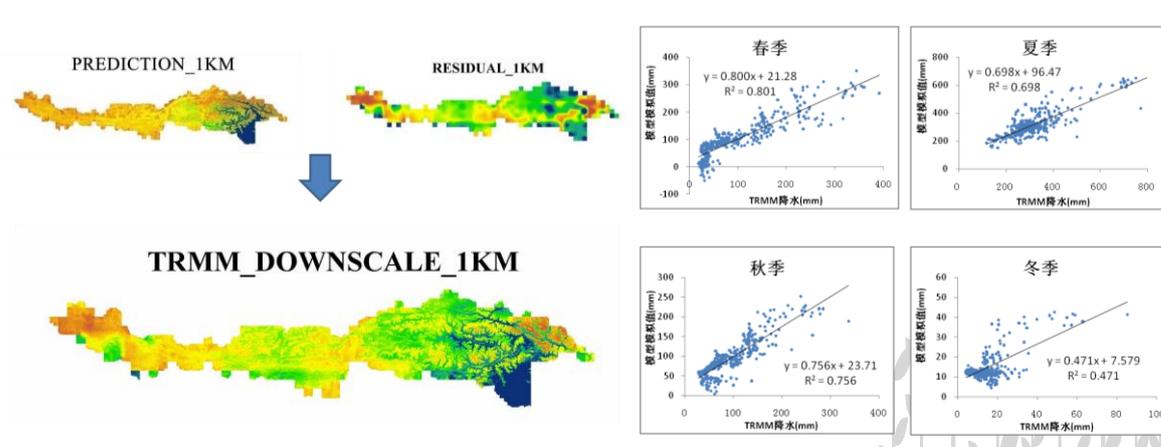
黄河中游河龙区间土壤侵蚀定量研究



国际河流空间非叠合水胁迫模型构建及其在雅江流域的应用



TRMM卫星降水数据在雅鲁藏布江流域的时空降尺度研究

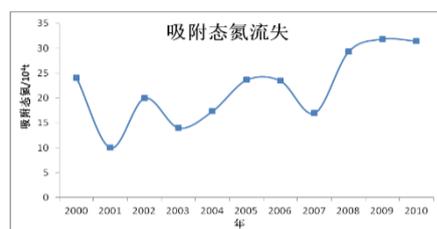
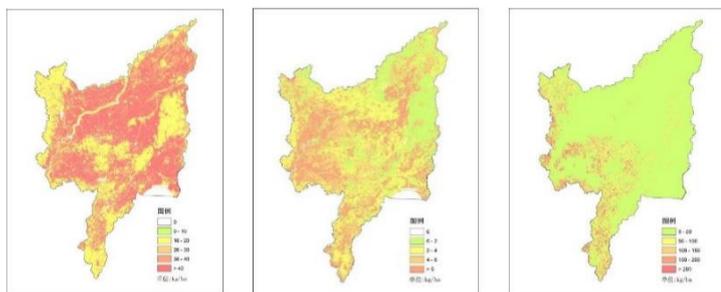


EcoHAT研究方向与应用领域

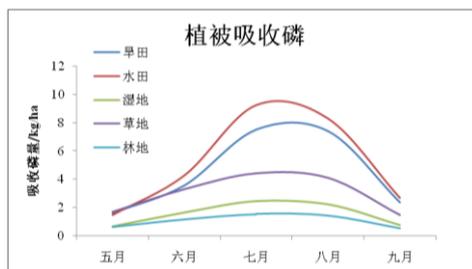
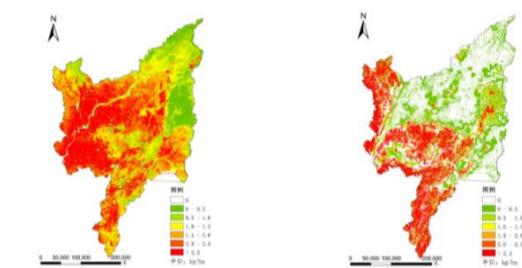


非点源污染模拟

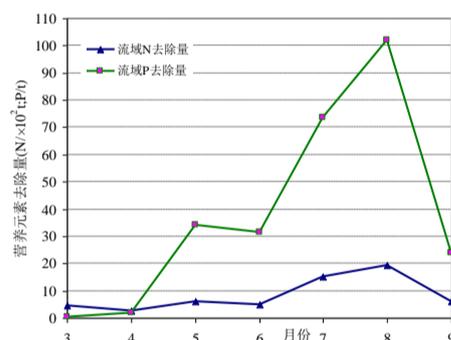
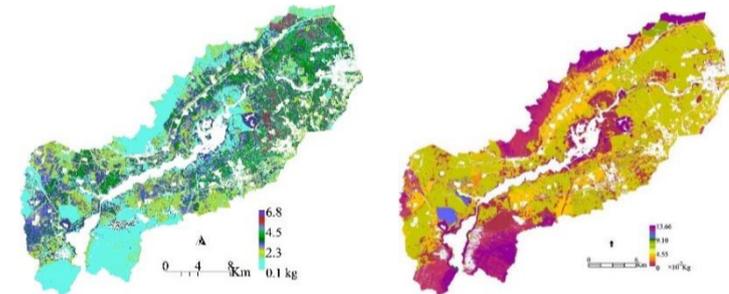
三江平原流域尺度氮迁移过程模拟与分析



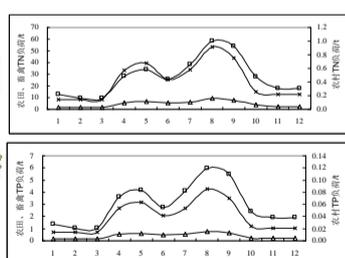
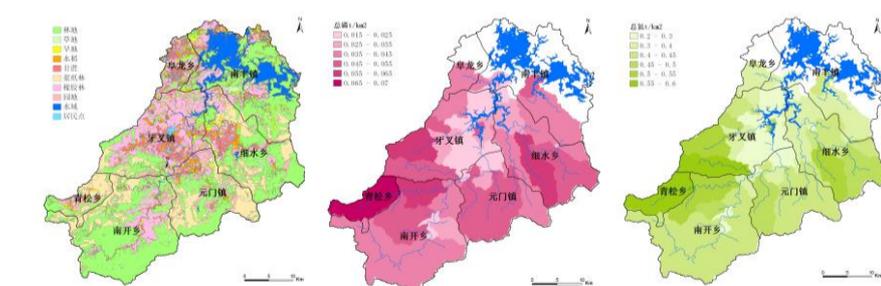
三江平原分布式磷迁移模型构建及应用



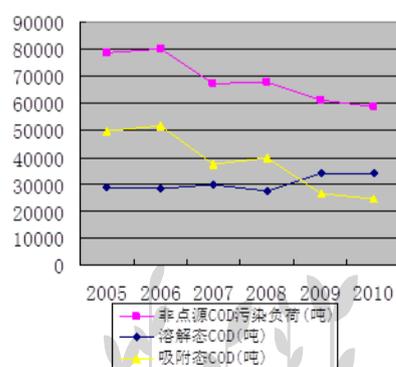
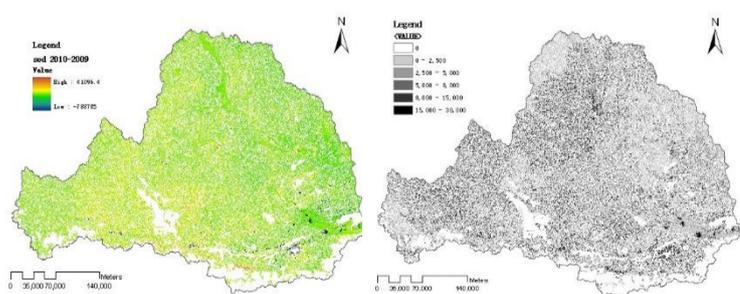
岸边带生态水文过程模拟



海南省松涛水库流域非点源污染模拟模型研究



渭河流域污染物减排对水环境质量改善分析

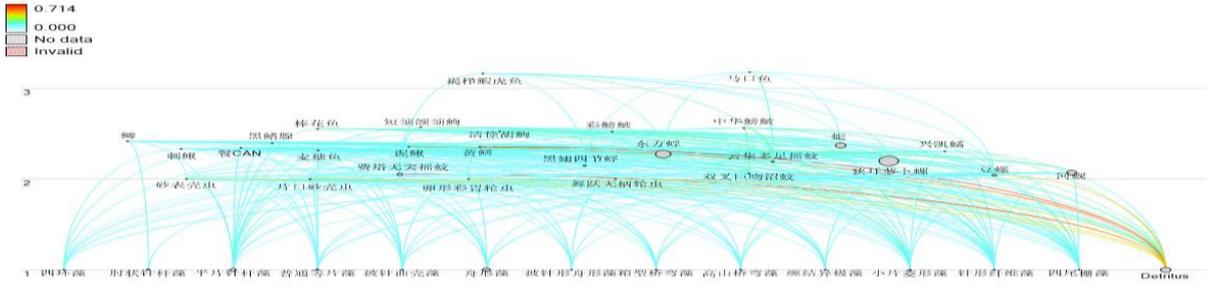


EcoHAT研究方向与应用领域

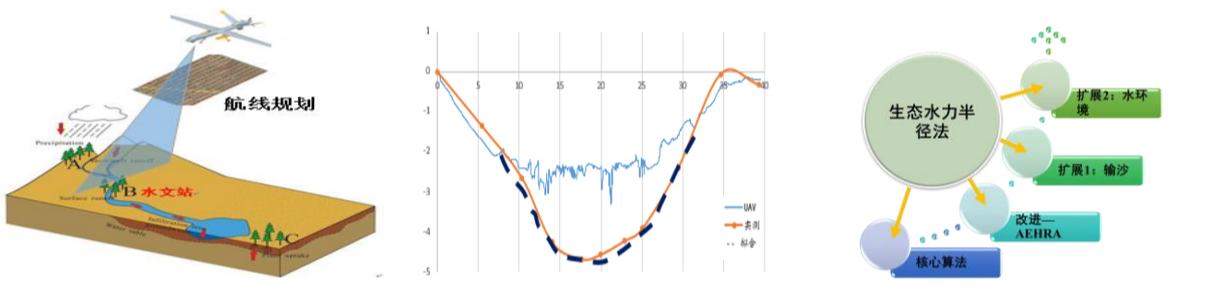


河流生态健康

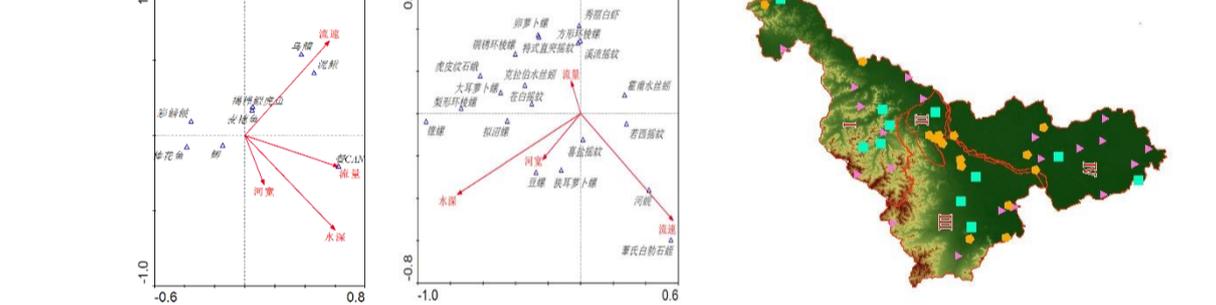
食物网分析



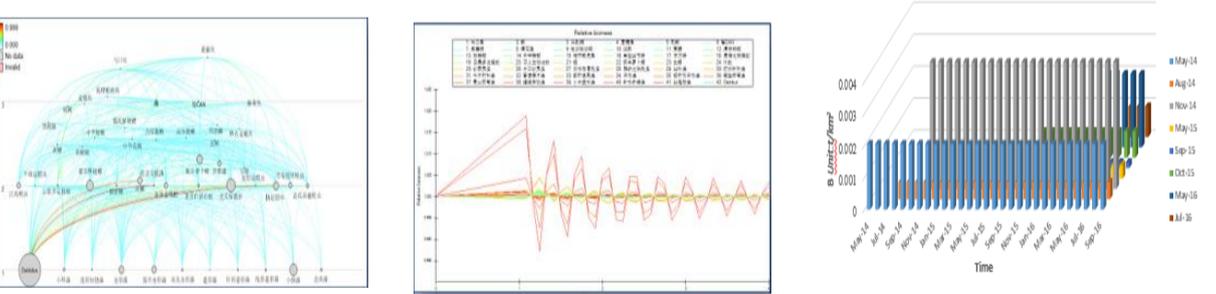
生态需水计算



生态诊断



水生态系统动力学模拟



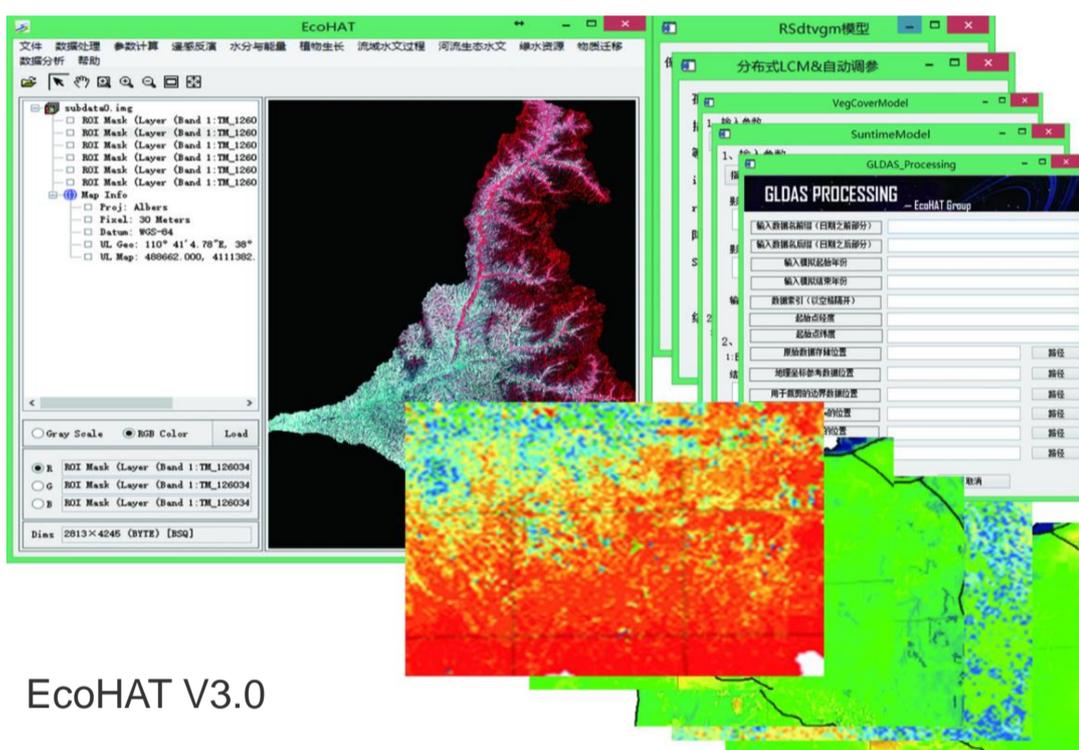
河流健康评价



EcoHAT成果展示



遥感、生态与水文学交叉，团队研发了EcoHAT软件（专利登记号：2008SR06938，免费开源），在大时空尺度水文循环过程动态模拟、缺资料地区水资源评价、流域生态系统演化、城市生态水文过程、土壤侵蚀与水沙变化、非点源与河流水质、河流生态需水、河流生态健康、河流生态诊断等热点领域中得到了广泛应用。已发表论文200余篇，SCI 70余篇，出版专著4部，申请软件著作权5项、专利3项，获省部级以上奖励8项。



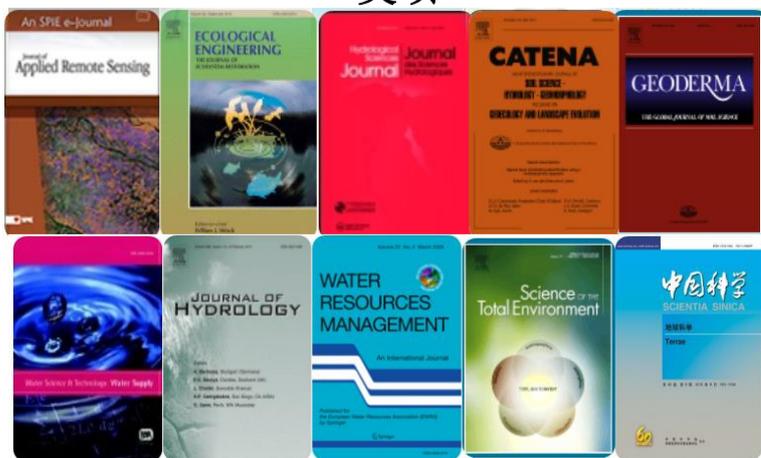
EcoHAT V3.0



奖项



软件著作权与专利



文章杂志



专著

EcoHAT近期代表作及专著



近期代表作

1. Lou, H., Yang, S., Zhao, C. *, Wang, Z., Shi, L., Wu, L., & Hao, F. Using a nitrogen-phosphorus ratio to identify phosphorus risk factors and their spatial heterogeneity in an intensive agricultural area. *Catena*, 2017, 149, 426-436.
2. Zhou Q, Yang S*, Zhao C, et al. Development and implementation of a spatial unit non-overlapping water stress index for water scarcity evaluation with a moderate spatial resolution[J]. *Ecological Indicators*, 2016, 69: 422-433.
3. Wang, Z.; Yang, S. *; Zhao, C.; Bai, J.; Lou, H.; Chen, K.; Wu, L.; Dong, G.; Zhou, Q. Assessment of non-point source total phosphorus pollution from different land use and soil types in a mid-high latitude region of china. *Water-Sui* 2016, 8, 505.
4. Lou H, Yang S*, Zhao C, et al. Detecting and analyzing soil phosphorus loss associated with critical source areas using a remote sensing approach[J]. *Science of The Total Environment*, 2016, 573: 397-408.
5. Chen, K.; Yang, S.*; Zhao, C.; Li, Z.; Luo, Y.; Wang, Z.; Liu, X.; Guan, Y.; Bai, J.; Zhou, Q., et al.. Conversion of blue water into green water for improving utilization ratio of water resources in karst rocky desertification regions. *Water-Sui* 2016, 8, 569.
6. Ya Luo, Shengtian Yang*, Xiaoyan Liu, Changming Liu, Yichi Zhang, Qiuwen Zhou, Xu Zhou, Guotao Dong. Suitability of revision to MUSLE for estimating sediment yield in the Loess Plateau of China[J]. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 2016, 30(1): 379-394.
7. Lou, H., Yang, S*., Zhao, C., Wang, Z., Liu, X., Shi, L., & Wu, L. Combining multi-source data to explore a mechanism for the effects of micrometeorological elements on nutrient variations in paddy land water. *Paddy and Water Environment*, 2016, DOI: 10.1007/s10333-016-0568-5.
8. Wu Linna, Yang Shengtian*, Zhao Changsen, Hao Fanghua, Dong Guotao, Yang Yongan, Wang Zhiwei, Lou Hezhen. The impact of land-use change on monthly variation of soil nitrogen in an agricultural region at mid-high latitude. *Fresenius Environmental Bulletin*, 2016, 25(1)
9. Zhao, C.S., Yang, S.T*., Liu, C.M., Dou, T.W., Yang, Z.L., Yang, Z.Y., Liu, X.L., Xiang, H., Nie, S.Y., Zhang, J.L., Mitrovic, S.M., Yu, Q., Lim, R.P. Linking hydrologic, physical and chemical habitat environments for the potential assessment of fish community rehabilitation in a developing city. *Journal of Hydrology*, 2015, 523: 384-397.
10. Lou, Hezhen, Yang Shengtian*, Zhao, Changsen, Zhou, Qiuwen, Bai, Juan; Hao, Fanghua; Wu, Linna. Phosphorus risk in an intensive agricultural area in a mid-high latitude region of China. *CATENA*, 2015(127):46-55.

近期代表专著

1. 杨胜天. 生态水文模型与应用[M]. 科学出版社, 2012.
2. 杨胜天, 赵长森. 遥感水文[M]. 科学出版社, 2015.
3. 杨胜天, 王志伟, 赵长森, 蔡明勇. 遥感水文数字实验 : EcoHAT使用手册[M]. 科学出版社, 2015.



EcoHAT团队成员



• 学术顾问

刘昌明院士

李小文院士

夏 军院士

郝芳华教授

• 团队负责人

杨胜天教授、赵长森副教授、程红光教授、欧阳威教授、林春野教授

• 团队成员（按姓氏排列）

白 娟	蔡明勇	陈 珂	董国涛	高云飞	管亚兵
侯立鹏	朗 杨	李 茜	刘晓林	刘艳妮	娄和震
罗 娅	吕俊荣	吕 洋	彭睿文	蒲 晓	邵南方
盛浩然	宋文龙	田 雷	王 冰	王鸣程	王树东
王雪蕾	王玉娟	王志伟	温志群	吴 康	吴琳娜
伍博炜	于心怡	曾红娟	张纯斌	张桂铭	张晶香
张亦弛	张 宇	张 远	赵海根	郑东海	周秋文
周 旭					

• 联系方式

团队网址: ecohat.bnu.edu.cn

Email: ecohat@bnu.edu.cn





北京師範大學
BEIJING NORMAL UNIVERSITY

水科學研究院
College of Water Sciences

Thanks for your attention!

北京市海淀区新街口外大街19号

邮编：100875

Email：EcoHAT@bnu.edu.cn

网站：<http://ecohat.bnu.edu.cn/>