
遥感水文数字实验室规范标准

杨胜天 张亦弛 王志伟 赵长森

2017年1月21日

目录

1、遥感水文数字实验规范目标.....	6
2、遥感水文数字实验结构.....	6
3、系统（system）规范标准.....	7
3.1 系统（system）概念.....	7
3.2 系统（system）标准.....	8
3.3 系统（system）要求.....	9
4、模型（model）规范标准.....	9
4.1 模型（model）概念.....	9
4.2 模型（model）标准.....	10
4.2.1 界面类（EHdcModelNitrogen__Define.pro）.....	10
4.2.2 多线程类（EHamTileNitrogen__Define.pro）.....	13
4.2.3 单线程运行模式.....	18
4.3 模型（model）要求.....	19
5、函数和过程（function、procedure）规范标准.....	21
5.1 函数和过程（function、procedure）概念.....	21
5.2 函数和过程（function、procedure）标准.....	22
5.2.1 函数和过程（function、procedure）格式标准.....	22
5.2.2 函数和过程（function、procedure）命名标准.....	22
5.2.3 函数和过程（function、procedure）注释标准.....	22
5.3 函数和过程（function、procedure）要求.....	24
6、可移植性规范标准.....	25
7、LCM.....	25
7.1 LCM 模型概况.....	25
7.2 LCM 入渗产流函数.....	27
7.3 坡面汇流函数.....	28
7.4 马斯京根河道汇流函数.....	29
8、RSDTVGM.....	30
8.1 RSDTVGM 概况.....	30

8.2 植被截留蒸发函数.....	32
8.3 地表有效降雨量函数.....	32
8.4 地表实际蒸散发函数.....	33
8.5 土壤水模拟函数.....	34
8.6 产流计算函数.....	36
9、土壤水分运移模型（SVAT）.....	37
9.1 土壤水分运移模型概况.....	37
9.2 太阳净辐射函数.....	38
9.3 地表净辐射函数.....	39
9.4 根系深度函数.....	39
9.5 植被盖度函数.....	40
9.6 植被截留函数.....	41
9.7 潜在蒸散发函数.....	42
9.8 土壤蒸发函数.....	42
9.9 土壤水初始化函数.....	43
9.10 土壤水分运移计算函数.....	44
10、MUSLE.....	47
10.1 MUSLE 概况.....	47
10.2 覆盖-管理因子函数.....	49
10.3 土壤可蚀性函数.....	49
10.4 地表径流函数.....	50
10.5 地形因子函数.....	51
10.6 水土保持措施因子函数.....	52
10.7 坡面栅格汇流时间函数.....	52
10.8 坡面侵蚀产沙函数.....	53
11、N 迁移模型.....	54
11.1 氮元素模型概述.....	54
11.2 农田施氮肥函数.....	61
11.3 植物对氮元素的吸收函数.....	62

11.4 氮的矿化&分解、反硝化函数.....	64
11.5 氮的硝化&氨化函数.....	66
11.6 氮的大气沉降.....	67
11.7 溶解态氮迁移函数.....	68
11.8 吸附态氮迁移函数.....	70
12、P 迁移模型.....	71
12.1 磷元素模型概况.....	71
12.2 磷素施肥函数.....	75
12.3 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.....	76
12.4 矿化分解函数.....	78
12.5 溶解态与稳定态磷素在磷池内的转换函数.....	79
12.6 吸附态磷迁移计算函数.....	80
12.7 溶解态磷迁移函数.....	81
13、水压力模型（Waterstress）.....	82
13.1 水压力模型概况.....	82
13.2 集水区函数.....	83
13.3 取水便利性函数.....	84
13.4 下游栅格函数.....	85
13.5 下游栅格数组函数.....	85
13.6 交集函数.....	85
13.7 补集函数.....	86
13.8 出水口函数.....	86
13.9 合理取水范围函数.....	86
13.10 水压力模型主函数.....	87
14、城市雨洪（EcoHurban）.....	88
14.1 城市雨洪模型概况.....	88
14.2 流向修正函数.....	89
14.3 道路节点控制面积及距离属性获取函数.....	91
14.4 洼地点贡献区域获取函数.....	92

14.5 等流时计算函数.....	93
14.6 道路汇流函数.....	93
15. 子函数 Procedure 列表.....	94

1、遥感水文数字实验规范目标

经过多年研究，遥感水文小组已经研发了众多算法和程序，但因规范不够，技术文档残缺，示例数据混乱，造成小组研究成果大量浪费，研究延续性差，进入小组的同学学习困难等问题，为此严格要求小组成员做好遥感水文数字实验规范工作。

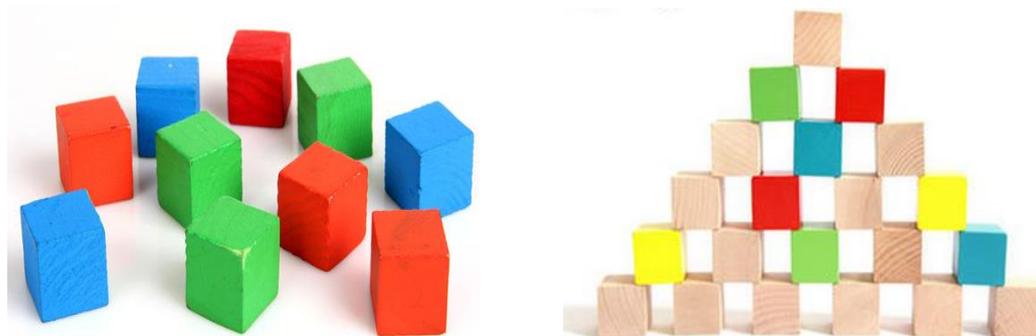


图 1-1 遥感水文数字实验室规范目标就是“搭积木”

具体目标是按数字实验室要求，规范全组研究成果，杜绝研究成果浪费，搭建遥感水文数字实验室。

2、遥感水文数字实验结构

遥感水文数字实验室如同物理化学实验室一样，必须有标准的结构，理化实验室由三层构成，即功能实验室、分析工作台和实验用品构成。参照理化实验室结构，遥感水文数字实验室也有三层组成，即相当与功能实验室的系统(system)、相当于分析工作台的模型(model)和相当于实验用品的函数与过程(function、procedure)。



图 2-1 遥感水文数字实验室同理化实验室，有三层结构

遥感水文数字实验室由三层结构组成，分别是：

系统(system):数字实验的最高层结构，具备独立运行的软件系统，由若干模型(model)组成，可直接提供给用户应用，具有独立软件著作权。

模型(model):数字实验的中层结构，具备独立的生态、水文、环境和社会等地学过程的计算能力，由地学过程的若干函数和过程(function、procedure)组成，可直接提供计算。

函数和过程(function、procedure): 数字实验的基础结构，是生态、水文、环境和社会等的具体环节。

3、系统（system）规范标准

3.1 系统（system）概念

系统（system）是遥感水文数字实验的最高层结构，由若干模型（model）组成。系统以小组研发的 EcoHAT 软件标准为规范标准，由 EcoHAT 将模型构建在一起，可根据系统功能重新命名软件名称，如 EcoHUrban。

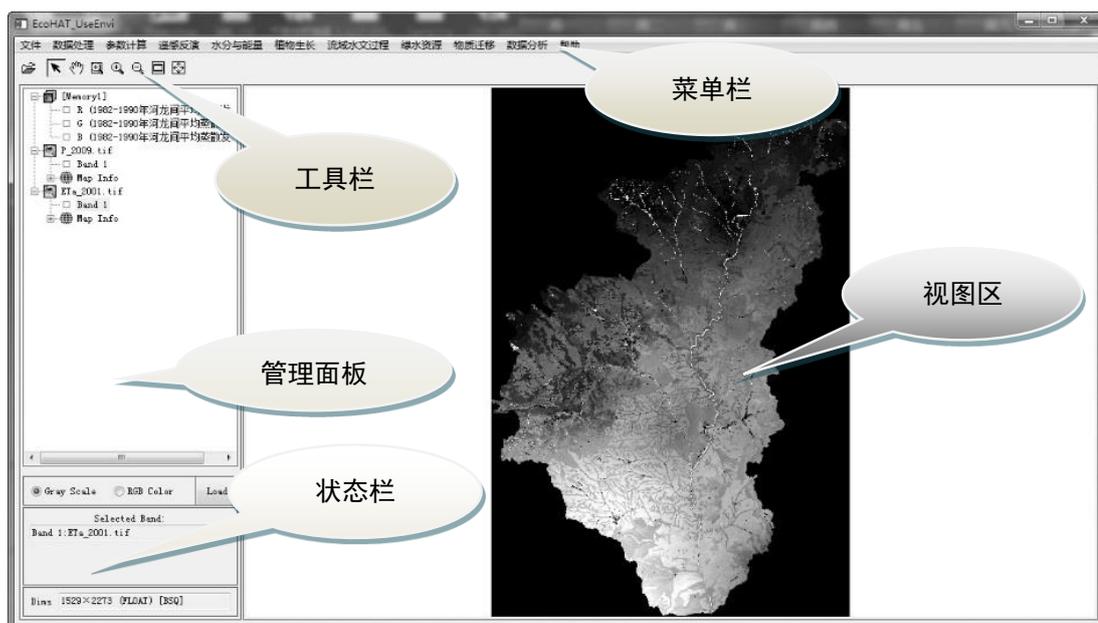


图 3-1 系统界面

系统包含众多模型，它们之间既相互联系又保持相对独立，可以根据研究或实际工作需要组合，从而构建个性化的软件模块。由于遥感水文涉及到的参数众多，数据类型包括文本数据，以及点、线、多边形等矢量数据和栅格数据，因此系统采用文件管理方式，把模型运算的所有输入参数放到同一个文件夹。

3.2 系统（system）标准

文件名的规范是整个 EcoHAT 系统规范的重要部分。文件名和文件格式按模型的要求命名和组织，在模型运算时自动读取对应参数，实现模型参数统一管理。每一个模型的输入输出数据文件和计算流程都保持了统一的命名方式与管理组织规则。总体来说，EcoHAT 的数据命名规范为：采用年+月（如 200903 表示 2009 年 3 月），年+天数（如 2009091 代表 2009 年第 91 天，即 2009 年 4 月 1 日）和年+天数+小时（如 200909113 代表 2009 年第 91 天 13 点的数据，即 2009 年 4 月 1 日 13 点的数据）分别表示月尺度，日尺度和小时尺度数据。

下面将从遥感影像命名规则，文本文件命名规则分别介绍。

(1) 遥感影像命名规则

在 EcoHAT 现有的模拟过程中，需要两种类型的遥感数据，只输入一次的数据和需要多次输入的数据。

只输入一次的数据：在整个模拟中只输入一次，如土壤类型、区域边界等。特点是数据

所表达的区域特性不会或几乎不会随着时间变化，比较稳定或固定。所以在模拟过程中只用输入一次。命名方式为：参数名_0，如只需输入一次的边界数据我们命名为：Boundary_0。这样做的目的是大家在看到_0后就能确定是只输入一次的数据，也是程序编写的方便。

需要多次输入的数据：在整个模拟中需要根据模拟时间步长多次输入，如降雨，蒸散发等。特点是数据所表达的区域特性随着时间的变化，不能只输入一次，需要不断提供不同时序的模拟数据。命名方式为：参数名_日期。如日尺度的降雨数据命名为：Precipitation_2009091。

(2) 文本文件命名规则

同遥感数据一样，文本数据同样分为只输入一次和需要多次输入。命名规则基本相同，但有一些变化。为了区分遥感数据和文本数据，文本数据的命名规则为：名称_txt_0 或名称_txt_日期。如 NPP 的计算中，输入数据包括 NPP 的一个文本参数数据，只输入一次。经过模拟后会输出 NPP 遥感影像。如果不加以区分，将造成系统无法区分这两个 NPP 属于影像还是文本，且给使用带来不便。所以与遥感数据命名规则一致，只输入一次的 NPP 文本参数数据命名为：NPP_txt_0；同理，多次输入的文本参数则命名为：名称_txt_日期，如 Precipitation_txt_2009091。

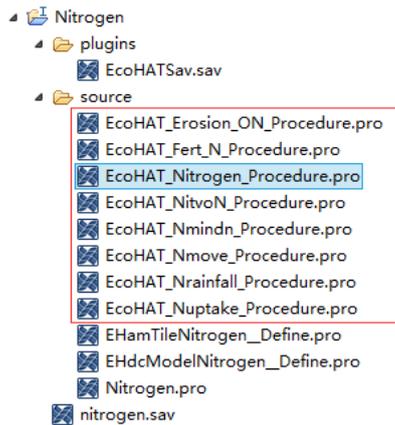
3.3 系统（system）要求

系统（system）要求有完整的模型示例数据，配套的软件使用说明，达到软件测评和软件著作权申请标准。

4、模型（model）规范标准

4.1 模型（model）概念

模型（model）是遥感水文数字实验的中层结构，具备独立的生态、水文、环境和社会等地理学过程的计算能力，由若干个函数和过程（function、procedure）组成。由小组研发的界面类（EHdcModelNitrogen__Define.pro）和多线程类（EHamTileNitrogen__Define.pro）或单线程类将函数和过程（function、procedure）组成模型。



Nitrogen.pro 为项目入口代码。
 EcoHAT_Nitrogen_Procedure.pro
 这是氮元素模型的主函数调用其他子过程。
 EHdcModelNitrogen__Define.pro
 数据检查的界面子类。
 EHamTileNitrogen__Define.pro
 多线程子类。

图 4-1 由界面类和多线程类将过程（procedure）整合构成模型（model）

4.2 模型（model）标准

4.2.1 界面类（EHdcModelNitrogen__Define.pro）

界面类功能是通过界面获取模型所需的输入数据和输出模型运算结果，界面类输入数据包括文本数据、影像数据和辅助数据，具体标准如下：

以氮元素计算模型为例，介绍界面类（EHdcModelNitrogen__Define.pro）的使用方法：

(1) 默认数据路径设置：

具体设置位置为项目入口代码（eg. Nitrogen.pro），数据路径根据实际路径填写。也可以不填，然后在界面中配置。

```
IF N_Elements(dataPath) EQ 0 THEN dataPath = 'F:\workspace\N数据\'
```

(2) 界面类的调用

氮元素吸收

开始时间: 2000 61 结束时间: 2000 70

输入参数

输入路径: C:\Users\admin\Desktop\数据\ 浏览

文本参数

叶片凋落系数: Alloc_txt.txt
C:\Users\admin\Desktop\数据\Alloc_txt.txt 选择

氮磷养分浓度: Demand_txt.txt
C:\Users\admin\Desktop\数据\Demand_txt.txt 选择

矿化速率常数: Nfmindn_para_txt.txt
C:\Users\admin\Desktop\数据\Nfmindn_para_txt.txt 选择

降雨中氮的浓度: Nrain_txt.txt
C:\Users\admin\Desktop\数据\Nrain_txt.txt 选择

硝酸盐渗漏系数: NO3move_txt.txt
C:\Users\admin\Desktop\数据\NO3move_txt.txt 选择

影像参数

土地利用: Landuse
C:\Users\admin\Desktop\数据\Landuse 选择

上层土壤田间持水量: FC_U
C:\Users\admin\Desktop\数据\FC_U 选择

下层土壤田间持水量: FC_L
C:\Users\admin\Desktop\数据\FC_L 选择

上层土壤凋萎含水量: WP_U
C:\Users\admin\Desktop\数据\WP_U 选择

下层土壤凋萎含水量: WP_L
C:\Users\admin\Desktop\数据\WP_L 选择

上层土壤饱和含水量: SAT_U
C:\Users\admin\Desktop\数据\SAT_U 选择

下层土壤饱和含水量: SAT_L
C:\Users\admin\Desktop\数据\SAT_L 选择

上层有机碳含量: OC_U
C:\Users\admin\Desktop\数据\OC_U 选择

下层有机碳含量: OC_L
C:\Users\admin\Desktop\数据\OC_L 选择

土壤容重: Bulkd
C:\Users\admin\Desktop\数据\Bulkd 选择

输出结果

1. 前一天凋落物含量: Lit	2. 前一天叶片: FB
3. 初始上层硝酸盐含量: NO3_U	4. 初始下层硝酸盐含量: NO3_L
5. 前一天上层活跃有机氮含量: ONA_U	6. 前一天下层活跃有机氮含量: ONA_L
7. 前一天上层稳定有机氮含量: ONS_U	8. 前一天下层稳定有机氮含量: ONS_L
9. 前一天上层新鲜有机氮含量: ONF_U	10. 上层氮含量: NH4_U
11. 下层氮含量: NH4_L	12. 氮吸收量: Nup
13. 随地表径流流失的硝酸盐含量: NO3surf	14. 随壤中流流失的硝酸盐含量: NO3lat
15. 随渗流流失的硝酸盐含量: NO3perc	16. 随地下径流流失的硝酸盐: NO3gw
17. 地表径流中有机氮流失量: Onsurf	

输出路径: C:\Users\admin\Desktop\数据\ 浏览

确定 退出

具体设置位置为项目入口代码(eg. Nitrogen.pro),主程序与模型界面上输入项一一对应,根据自己的模型做增减。辅助影像信息 (**AuxImageInfo = auxImageInfo**) 只有需要前一日的数据参与运算的时候才加。

EHdcModelNitrogen__Define.pro 这个界面类只针对氮、磷这种需要前一天的数据的参与运算的模型。

```

41 title = '氮元素吸收'
42
43 ;参数信息
44 textInfo = StrArr(2,5)
45 textInfo[0,*] = ['Alloc txt','Demand txt','NPMindn para txt','Nrain txt','NOSmove txt']
46 textInfo[1,*] = ['叶片凋落系数','氮磷养分浓度','矿化速率常数','降雨中氮的浓度','硝酸盐渗漏系数']
47
48 ;影像信息
49 imageInfo = StrArr(2,10)
50 imageInfo[0,*] = ['Landuse','FC U','FC L','WP U','WP L','SAT U','SAT L','OC U','OC L','Bulkd']
51 imageInfo[1,*] = ['土地利用','上层土壤田间持水量','下层土壤田间持水量','上层土壤凋萎含水量','下层土壤凋萎含水量','上层土壤饱和含水量','下层土
52
53 ;依赖时间的影像信息
54 timeImageInfo = StrArr(2,13)
55 timeImageInfo[0,*] = ['LAI_[doy]','NPP_[doy]','Ts_U_[doy]','Ts_L_[doy]','Precipitation_[doy]','Rs_[doy]','Perc_U_[doy]','Perc_L_[doy]
56 'Rss_[doy]','Rg_[doy]','Sed_[doy]','Fert_NH4_U_[doy]','Fert_NOS_U_[doy]']
57 timeImageInfo[1,*] = ['LAI','NPP','Ts_U','Ts_L','Rain','Rs','Perc_U','Perc_L','Rss','Rg','Sed','Fert_NH4_U','Fert_NOS_U']
58
59 ;辅助影像信息
60 auxImageInfo = StrArr(2,15)
61 auxImageInfo[0,*] = ['LAI','NPP','Lit','FB','NOS_U','NOS_L','ONA_U','ONA_L','ONS_U','ONS_L','SW_U','SW_L','ONF_U','NH4_U','NH4_L']
62 auxImageInfo[1,*] = ['LAI','NPP','Lit','FB','NOS_U','NOS_L','ONA_U','ONA_L','ONS_U','ONS_L','SW_U','SW_L','ONF_U','NH4_U','NH4_L']
63
64 ;结果信息
65 resultInfo = StrArr(2,17)
66 resultInfo[0,*] = ['Lit','FB','NOS_U','NOS_L','ONA_U','ONA_L','ONS_U','ONS_L','ONF_U','NH4_U','NH4_L','Nup','NOSsurf','NOS1at','NOSper
67 '前一天凋落物含量','前一天叶片','初始上层硝酸盐含量','初始下层硝酸盐含量','前一天上层活跃有机氮含量','前一天下层活跃有机氮
68 '前一天上层稳定有机氮含量','前一天下层稳定有机氮含量','前一天上层新鲜有机氮含量','上层氮含量','下层氮含量','氮吸收量
69 '随土壤中溶失的硝酸盐含量','随渗透溶失的硝酸盐含量','随地下径流溶失的硝酸盐','地表径流中有机氮流失量']

```

;tile 计算调用的类名

tileClass = 'EHamTileNitrogen'

oModel = Obj_New('EHdcModelNitrogen', Title = title, TextInfo = textInfo, ImageInfo = imageInfo, TimeImageInfo = timeImageInfo, AuxImageInfo = auxImageInfo, ResultInfo = resultInfo, InputDir = dataPath, LibStr = libStr, Message = runType EQ 0, TileClass = tileClass, TileSize = tileSize, NumThread = numThread, OutProgress = runType NE 0, /SubFolder, StartIndex = 1, Suffix = ", _Extra = extra)

如果参与运算的都是当天的数据，就直接调用父类'EHdcModel'

;tile 计算调用的类名

tileClass = 'EHamTileNitrogen'

oModel = Obj_New('EHdcModel', Title = title, TextInfo = textInfo, ImageInfo = imageInfo, TimeImageInfo = timeImageInfo, ResultInfo = resultInfo, InputDir = dataPath, LibStr = libStr, Message = runType EQ 0, TileClass = tileClass, TileSize = tileSize, NumThread = numThread, OutProgress = runType NE 0, /SubFolder, StartIndex = 1, Suffix = ", _Extra = extra)

调用主函数进行计算

```

869 result = FITarr(ns, tile_n1, 17)
870
871 ;对分块的每一个元素进行计算
872 for l=0,tile_n1-1 do begin
873     for s=0,ns-1 do begin
874         ;-----
875         ;kingyi修改
876         Nitrogen_function.textInfoArr0,$
877         EcoHAT_Nitrogen_Procedure,textInfoArr0,$
878         textInfoArr1,$
879         textInfoArr2,$
880         textInfoArr3,$
881         textInfoArr4,$
882         allImageData[*,$,s,1],$影像数据
883         Result = result1
884     endfor
885     ;-----
886     ;kingyi添加
887     result[s,1,*] = result1
888 endfor
889 END

```

(4) 输入影像顺序的调整

具体设置位置为多线程类函数（EHamTileNitrogen_Define.pro）。

因为界面上的影响输入顺序与原来的计算顺序不一致，因此需要调整影像的输入顺序。

具体的调整规则如下：

```

dims = [-1,0,ns-1,tileRange[0], tileRange[1]]
;读取数据
FOR l=0,numImage-1 DO allImageData[l,*,*] = ENVI_Get_Data(Fid = imageFid[l], Dims = dims, Pos = 0)
ENDIF
;根据计算函数,调整allImageData数据顺序
tempData = allImageData
allImageData[11,*,*] = tempData[23,*,*];LAI0 =AllImageData[23]
allImageData[12,*,*] = tempData[11,*,*];NPP =AllImageData[11]
allImageData[13,*,*] = tempData[24,*,*];NFP0 =AllImageData[12]
allImageData[14,*,*] = tempData[12,*,*];Ts_U =AllImageData[12]
allImageData[15,*,*] = tempData[13,*,*];Ts_L =AllImageData[13]
allImageData[16,*,*] = tempData[14,*,*];Rain =AllImageData[14]
allImageData[17,*,*] = tempData[15,*,*];Rs =AllImageData[15]
allImageData[18,*,*] = tempData[16,*,*];Perc_U =AllImageData[16]
allImageData[19,*,*] = tempData[17,*,*];Perc_L =AllImageData[17]
allImageData[20,*,*] = tempData[18,*,*];Rrs =AllImageData[18]
allImageData[21,*,*] = tempData[19,*,*];Rg =AllImageData[19]
allImageData[22,*,*] = tempData[20,*,*];Sed =AllImageData[20]
allImageData[23,*,*] = tempData[25,*,*];Lit =AllImageData[23]
allImageData[24,*,*] = tempData[26,*,*];FB =AllImageData[24]
allImageData[25,*,*] = tempData[27,*,*];NO3_U =AllImageData[27]
allImageData[26,*,*] = tempData[28,*,*];NO3_L =AllImageData[28]
allImageData[27,*,*] = tempData[29,*,*];ONA_U =AllImageData[29]
allImageData[28,*,*] = tempData[30,*,*];ONA_L =AllImageData[30]
allImageData[29,*,*] = tempData[31,*,*];ONS_U =AllImageData[31]
allImageData[30,*,*] = tempData[32,*,*];ONS_L =AllImageData[32]
allImageData[31,*,*] = tempData[33,*,*];SW_U =AllImageData[33]
allImageData[32,*,*] = tempData[34,*,*];SW_L =AllImageData[34]
allImageData[33,*,*] = tempData[35,*,*];ONF_U =AllImageData[33]
allImageData[34,*,*] = tempData[36,*,*];NH4_U =AllImageData[36]
allImageData[35,*,*] = tempData[37,*,*];NH4_L =AllImageData[35]
allImageData[36,*,*] = tempData[21,*,*];Fert_NH4_U =AllImageData[21]
allImageData[37,*,*] = tempData[22,*,*];Fert_NO3_U =AllImageData[22]
Fert_NO3_L = AllImageData[37]
cThread->SetVar, 'allImageData', allImageData

```

①EHamTileNitrogen_Define.pro 中 tempData 的顺序是 Nitrogen 输入的顺序,排列方式为:[imageInfo(10 个),timeImageInfo(13 个),auxImageInfo(15 个)],共 38 个影像的数据,修改其它程序,入口程序相应修改后,按上述排列读取数据;

```

; 关闭错误
errorStatus = -9
Return
ENDIF

title = '氮元素吸收'

; 参数信息
textInfo = StrArr(2,5)
textInfo[0,*] = ['Alloc txt','Demand txt','NPMindn para txt','Nrain txt','NOSmove txt']
textInfo[1,*] = ['叶片凋落系数','氮磷养分浓度','矿化速率常数','降雨中氮的浓度','硝酸盐渗漏系数']

; 影像信息
imageInfo = StrArr(2,10)
imageInfo[0,*] = ['Landuse','FC_U','FC_L','WP_U','WP_L','SAT_U','SAT_L','OC_U','OC_L','Bulkd']
imageInfo[1,*] = ['土地利用','上层土壤田间持水量','下层土壤田间持水量','上层土壤凋萎含水量','下层土壤凋萎含水量','上层土壤饱和含水量','下层土壤饱和含水量','上层有

; 依赖时间的影像信息
timeImageInfo = StrArr(2,13)
timeImageInfo[0,*] = ['LAI_[doy]','NPP_[doy]','Ts_U_[doy]','Ts_L_[doy]','Precipitation_[doy]','Rs_[doy]','Perc_U_[doy]','Perc_L_[doy]','Rg_[doy]','Sed_[doy]','Fert_NH4_U_[doy]','Fert_NH4_L_[doy]','Fert_NO3_U_[doy]']
timeImageInfo[1,*] = ['LAI','NPP','Ts_U','Ts_L','Rain','Rs','Perc_U','Perc_L','Rg','Sed','Fert_NH4_U','Fert_NO3_U']

; 辅助影像信息
auxImageInfo = StrArr(2,15)
auxImageInfo[0,*] = ['LAI','NPP','Lit','FB','NOS_U','NOS_L','ONA_U','ONA_L','ONS_U','ONS_L','SW_U','SW_L','ONF_U','NH4_U','NH4_L']
auxImageInfo[1,*] = ['LAI','NPP','Lit','FB','NOS_U','NOS_L','ONA_U','ONA_L','ONS_U','ONS_L','SW_U','SW_L','ONF_U','NH4_U','NH4_L']

```

②allImageData 的顺序是 Nitrogen_function 函数的输入顺序,为

- Landuse = AllImageData[0]
- FC_U = AllImageData[1]
- FC_L = AllImageData[2]
- WP_U = AllImageData[3]
- WP_L = AllImageData[4]
- SAT_U = AllImageData[5]
- SAT_L = AllImageData[6]
- OC_U = AllImageData[7]
- OC_L = AllImageData[8]
- Bulkd = AllImageData[9]

- LAI = AllImageData[10]
- LAI0 = AllImageData[11]
- NPP = AllImageData[12]
- NPP0 = AllImageData[13]
- Ts_U = AllImageData[14]
- Ts_L = AllImageData[15]
- Precipitation = AllImageData[16]
- Rs = AllImageData[17]
- Perc_U = AllImageData[18]
- Perc_L = AllImageData[19]
- Interflow = AllImageData[20]
- Rg = AllImageData[21]
- Sed = AllImageData[22]
- Lit = AllImageData[23]
- FB = AllImageData[24]
- NO3_U = AllImageData[25]
- NO3_L = AllImageData[26]
- ONA_U = AllImageData[27]
- ONA_L = AllImageData[28]
- ONS_U = AllImageData[29]

```

ONS_L =AllImageData[30]
SW_U = AllImageData[31]
SW_L =AllImageData[32]
ONF_U =AllImageData[33]
NH4_U =AllImageData[34]
NH4_L = AllImageData[35]
Fert_NH4_U = AllImageData[36]
Fert_NO3_U = AllImageData[37]

```

③这两个数据影像顺序不同，所以，为了 Nitrogen_function 的正确输入，需要调整 allImageData 的数据，就是通过你发的代码调整顺序，allImageData[0:10,*,*]因为已符合要求，数据对应上了,所以不用调整。

:根据计算函数,调整allImageData数据顺序

tempData = allImageData ;界面类里面输入的名称以及顺序[23] ;EcoHAT_Nitrogen_Procedure.pro参与计算
的名称以及顺序[11]，注意两者的个别名称不同。如Rain对应着Precipitation

```

allImageData[11,*,*] = tempData[23,*,*];LAI0 =AllImageData[23]      LAI0 =AllImageData[11]
allImageData[12,*,*] = tempData[11,*,*];NPP =AllImageData[11]      NPP =AllImageData[12]
allImageData[13,*,*] = tempData[24,*,*];NPP0 =AllImageData[24]     NPP0 = AllImageData[13]
allImageData[14,*,*] = tempData[12,*,*];Ts_U =AllImageData[12]     Ts_U =AllImageData[14]
allImageData[15,*,*] = tempData[13,*,*];Ts_L =AllImageData[13]     Ts_L =AllImageData[15]
allImageData[16,*,*] = tempData[14,*,*];Rain =AllImageData[14]     Precipitation = AllImageData[16]
allImageData[17,*,*] = tempData[15,*,*];Rs =AllImageData[15]       Rs =AllImageData[17]
allImageData[18,*,*] = tempData[16,*,*];Perc_U =AllImageData[16]   Perc_U = AllImageData[18]
allImageData[19,*,*] = tempData[17,*,*];Perc_L =AllImageData[17]   Perc_L = AllImageData[19]
allImageData[20,*,*] = tempData[18,*,*];Rss =AllImageData[18]     Interflow =AllImageData[20]
allImageData[21,*,*] = tempData[19,*,*];Rg =AllImageData[19]       Rg = AllImageData[21]
allImageData[22,*,*] = tempData[20,*,*];Sed =AllImageData[20]     Sed = AllImageData[22]
allImageData[23,*,*] = tempData[25,*,*];Lit =AllImageData[25]     Lit =AllImageData[23]
allImageData[24,*,*] = tempData[26,*,*];FB =AllImageData[26]      FB = AllImageData[24]
allImageData[25,*,*] = tempData[27,*,*];NO3_U =AllImageData[27]   NO3_U =AllImageData[25]
allImageData[26,*,*] = tempData[28,*,*];NO3_L =AllImageData[28]   NO3_L = AllImageData[26]
allImageData[27,*,*] = tempData[29,*,*];ONA_U =AllImageData[29]   ONA_U = AllImageData[27]
allImageData[28,*,*] = tempData[30,*,*];ONA_L =AllImageData[30]   ONA_L = AllImageData[28]

```

```

allImageData[29,*,*] = tempData[31,*,*];ONS_U =AllImageData[31]      ONS_U =AllImageData[29]
allImageData[30,*,*] = tempData[32,*,*];ONS_L =AllImageData[32]      ONS_L =AllImageData[30]
allImageData[31,*,*] = tempData[33,*,*];SW_U =AllImageData[33]      SW_U = AllImageData[31]
allImageData[32,*,*] = tempData[34,*,*];SW_L =AllImageData[34]      SW_L =AllImageData[32]
allImageData[33,*,*] = tempData[35,*,*];ONF_U =AllImageData[35]      ONF_U =AllImageData[33]
allImageData[34,*,*] = tempData[36,*,*];NH4_U =AllImageData[36]      NH4_U =AllImageData[34]
allImageData[35,*,*] = tempData[37,*,*];NH4_L =AllImageData[37]      NH4_L = AllImageData[35]
allImageData[36,*,*] = tempData[21,*,*];Fert_NH4_U =AllImageData[21]  Fert_NH4_U = AllImageData[36]
allImageData[37,*,*] = tempData[22,*,*];Fert_NO3_U =AllImageData[22]  Fert_NO3_U = AllImageData[37]

```

(5) 多线程的调试

具体设置位置为多线程类函数（EHamTileNitrogen__Define.pro）。

将下面注释部分代码反注释，设置断点，调试判断是否主线程已经读入数据。

```

oThread->SetVar, 'allImageData', allImageData
; EHamTileNitrogen_Compute, ns, nl, *userData.textData[0], *userData.textData[1],
*userData.textData[2], *userData.textData[3], $
; *userData.textData[4], allImageData, Result = result
executeStr = 'EHamTileNitrogen_Compute, ns, tile_nl, textInfoArr0, textInfoArr1, textInfoArr2,
textInfoArr3, textInfoArr4, allImageData, Result = result'

```

(6) 线程清理

具体设置位置为多线程类函数（EHamTileNitrogen__Define.pro）。

子线程处理设置,根据待处理对象对子线程设置处理参数并返回执行语句，具体参见下面的图示。

```

Nitrogen.pro *EHamTileNitrogen_Define.pro EHdcModelNitrogen_Define.pro
清理子线程数据
;
PRO EHamTileNitrogen::CleanupThread, oThread

COMPILE_OPT IDL2

oThread->SetVar, 'textInfoArr0', 0
oThread->SetVar, 'textInfoArr1', 0
oThread->SetVar, 'textInfoArr2', 0
oThread->SetVar, 'textInfoArr3', 0
oThread->SetVar, 'textInfoArr4', 0
oThread->SetVar, 'allImageData', 0
oThread->SetVar, 'result', 0
END

;-----
;
;子线程处理设置,根据待处理对象对子线程设置处理参数并返回执行语句
;
FUNCTION EHamTileNitrogen::ThreadSetting, oThread, UserData = userData, ExecuteStr = executeStr

COMPILE_OPT IDL2

IF N_Params() LT 1 THEN Return, 0

IF ~Obj_Valid(oThread) THEN Return, 0
|
tileRange = self.tileRange

ns = userData.ns
nl = tileRange[1]-tileRange[0]+1
oThread->SetVar, 'ns', ns
oThread->SetVar, 'tile_n1', nl
oThread->SetVar, 'textInfoArr0', *userData.textData[0]
oThread->SetVar, 'textInfoArr1', *userData.textData[1]
oThread->SetVar, 'textInfoArr2', *userData.textData[2]
oThread->SetVar, 'textInfoArr3', *userData.textData[3]
oThread->SetVar, 'textInfoArr4', *userData.textData[4]

```

根据模型实际输入添加

4.2.3 单线程运行模式

单线程运行模式是将多个函数和过程（function、procedure）整合在一起，开展整体运算，此时像元间有关联运算，具体标准如下：

如果是汇流等无法使用多线程的模块，可以考虑修改为单线程运行模式，因为没有单独的单线程类，单线程运行模式的实现是通过在多线程类中将线程数为 1 实现的，单线程中仍可以实现将结果分块写出。

Tilesize 为写出行数。一般默认即可。

Numthread=1。

如果是汇流等无法使用多线程的模块，可以考虑修改线程数为 1。例如：

```
IF N_Elements(tileSize) EQ 0 THEN tileSize = 100
```

```
IF N_Elements(numThread) EQ 0 THEN numThread = 1
```

关于主函数调用、影响顺序的调整、线程清理以及功能函数或过程编译规则与多线程相同，此处不再赘述。

4.3 模型 (model) 要求

模型 (model) 需要提供功能、函数和过程说明 (见表 1), 以及完整的示例数据, 也是检验函数和过程编程是否正确的工具。

表 4-1 土壤磷素迁移转化模型的函数集

序号	函数名	名称	功能	结果输出	算法来源	备注
1	EcoHAT_Fert_P_Procedure	磷素施肥函数	计算施肥后土壤上层可溶性磷的含量。	1) PSO_U 当日上层可溶性磷 栅格 (kg/ha)	《生态水文模型与应用》 P108	
2	EcoHAT_Puptake_Procedure	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。	1) Pup 当日植被生长吸收的磷 栅格 (kg/ha) 2) PSO_U 当日上层可溶性磷 栅格 (kg/ha) 3) PSO_L 当日下层可溶性磷 栅格 (kg/ha) 4) Lit 当日植被凋落物 栅格 (kg/ha) 5) FB 当日叶片分配的 NPP 栅格 (kg/ha)	《生态水文模型与应用》 P70-73 1) 比叶面积、叶片凋落系数和根系凋落系数文本内容参见《遥感水文数字实验》159-161 页 2) 植被不同组织营养元素浓度文本内容参见《遥感水文数字实验》159-161 页	
3	EcoHAT_Pmindn_Procedure	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。	1) PSO_U 当日上层可溶性磷 栅格 (kg/ha) 2) PSO_L 当日上层可溶性磷 栅格 (kg/ha) 3) OP_U 当日上层有机	《生态水文模型与应用》 P55 1) 矿化与分解系数文本内容参见《遥感水文数字实验》160 页	

				磷 栅格 (kg/ha) 4) OP_L 当日下层有机 磷 栅格 (kg/ha) 5) OPF_U 当日上层新鲜 有机磷 栅格 (kg/ha) 6) Lit 当日植被凋落 物 (kg/ha)		
4	EcoHAT_Pminr_Procedure	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。	1) PSO_U 当日上层可溶 性磷 栅格 (kg/ha) 2) PSO_L 当日上层可溶 性磷 栅格 (kg/ha) 3) MPA_U 当日上层活跃 态矿物质磷 栅格 (kg/ha) 4) MPA_L 当日下层活跃 态矿物质磷 栅格 (kg/ha) 5) MPS_U 当日上层稳定 态矿物质磷 栅格 (kg/ha) 6) MPS_L 当日下层稳定 态矿物质磷 栅格 (kg/ha)	《SWAT2005》P209 1) 磷可用性指数文本内容 参见《遥感水文数字实 验》173 页	
5	EcoHAT_Soil_Erosion_P_Procedure	吸附态磷迁移计算 函数	拟计算泥 沙对磷的 吸附量。	1) Psed 当日泥沙吸附 的磷 栅格 (kg/ha) 2) OPF_U 当日上层新鲜	《生态水文模型与应用》 P109-110	

				有机磷 栅格 (kg/ha) 3) MPS_U 当日上层稳定 态矿物质磷 栅格 (kg/ha) 4) MPA_U 当日上层活跃 态矿物质磷 栅格 (kg/ha) 5) OP_U 当日上层有机 磷 栅格 (kg/ha)		
6	EcoHAT_Pmove_Procedure	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。	1) PSO_U 当日上层可溶 性磷 栅格 (kg/ha) 2) PSOfsurf 当日随地表径 流流失的磷 栅格 (kg/ha) 3) PSOperc 当日随渗漏流 失的磷 栅格 (kg/ha) 4) PSOfgw 当日随地下径 流流失的磷 栅格 (kg/ha)	《生态水文模型与应用》 P108 1) 溶解磷流失参数文本 内容参见《遥感水文数字 实验》173 页	

备注：1) 磷素迁移转化六个函数存在计算顺序，程序中的计算顺序如上面所示；2) 输入文本内容参见示例数据文本的内容和形式；3) 结合《生态水文模型与应用》、《遥感水文》、《遥感水文数字实验》和《SWAT 理论 2005 版》。

5、函数和过程 (function、procedure) 规范标准

5.1 函数和过程 (function、procedure) 概念

函数和过程 (function、procedure) 是遥感水文数字实验的基础结构，是生态、水文、环境和社会等的各个具体环节程序表达，函数和过程 (function、procedure) 本身不能单独运行，须有输入输出程序才能完成运行。

名称	修改日期	类型	大小
EcoHAT_Erosion_ON_Procedure.pro	2015/12/9 17:22	PRO 文件	4 KB
EcoHAT_Fert_N_Procedure.pro	2015/12/9 17:22	PRO 文件	2 KB
EcoHAT_Nitrogen_Procedure.pro	2015/12/9 17:23	PRO 文件	5 KB
EcoHAT_NitvoN_Procedure.pro	2015/12/9 17:23	PRO 文件	6 KB
EcoHAT_Nmindn_Procedure.pro	2015/12/9 17:24	PRO 文件	8 KB
EcoHAT_Nmove_Procedure.pro	2015/12/9 17:24	PRO 文件	5 KB
EcoHAT_Nrainfall_Procedure.pro	2015/12/9 17:25	PRO 文件	2 KB
EcoHAT_Nuptake_Procedure.pro	2015/12/9 17:26	PRO 文件	10 KB

图 5-1 函数和过程（function、procedure）是数字实验基础单元

5.2 函数和过程（function、procedure）标准

5.2.1 函数和过程（function、procedure）格式标准

依照 IDL 语言中子函数（function）和子程序（procedure）标准。

5.2.2 函数和过程（function、procedure）命名标准

命名由三部分组成：

软件 功能 类型

EcoHAT-***-function/procedure**

EcoHAT 为软件名称，***** 为过程/函数名称，procedure 为过程类型文件，function 为函数类型文件。

5.2.3 函数和过程（function、procedure）注释标准

函数和过程（function、procedure）注释有基本信息、输入数据、输出输出、其他说明和程序注释，是小组成员学习遥感水文数字实验的关键材料。

（1）注明基本信息

包括：程序名称、编写人、编写时间、程序功能、采用算法、修改人、修改时间、修改内容、审核人 等。

```

1
2 ;*****
3 ; Name: EcoHAT Nuptake_Process.PRO;
4 ; Date: 2015年12月4日
5 ; Author: 董国涛、白娟
6 ; FUNCTION: 计算植物对氮元素的吸收量 (包括: 植被养分吸收模拟、生产力分配模拟、植被凋落物模拟)
7 ; Method: 植被养分吸收模拟参考(Arp et al.,1996;Zhu et al.,2003)、$
8 ; 生产力分配模拟参考ForNEM(Zhu et al.,2003)、$
9 ; 植被凋落物模拟(Zhu et al.,2003)
10 ;-----

```

(2) 输入参数说明

包括: 参数名称、数据格式 (文本格式/栅格格式)、数据类型 (float/int)、参数含义、单位等; 对于文本格式数据要明确文本结构, 符号说明等。

```

11
12 ;*****输入说明*****
13 ;输入参数
14 ;1、Alloc_txt 文本格式,比叶面积(SLA)、叶片凋落系数(affn)、根系凋落系数(Kra)
15 ;2、Demand_txt 文本格式,各植被类型各组织的氮磷养分浓度、叶片养分返回系数(Krettra)、养分吸收分布参数(b)、根系深度
16 ;3、LAI 二维栅格格式,浮点型,当日叶面积指数,单位:m2/m2
17 ;4、LAI0 二维栅格格式,浮点型,前一日叶面积指数,单位:m2/m2
18 ;5、NPP 二维栅格格式,浮点型,当日净第一性生产力,单位:gC/m2
19 ;6、NPP0 二维栅格格式,浮点型,前一日净第一性生产力,单位:gC/m2
20 ;7、Landuse 二维栅格格式,浮点型,土地利用类型,单位:无量纲
21 ;8、NO3_U 二维栅格格式,浮点型,前一日土壤上层硝态氮含量,单位:kg/ha
22 ;9、NO3_L 二维栅格格式,浮点型,前一日土壤下层硝态氮含量,单位:kg/ha
23 ;10、FB0 二维栅格格式,浮点型,前一日叶片分配的NPP,单位:gC/m2
24 ;11、Lit0 二维栅格格式,浮点型,前一日植被凋落物,单位:kg/ha
25 ;-----

35 ;*****其他说明*****
36 ;Alloc_txt: 比叶面积(SLA)参考MOD17的查找表进行取值; 叶片凋落系数(affn)和根系凋落系数(Kra) 参考研究区历史资料或者实验测定结果
37 ;以下为Alloc_txt.txt的示例数据
38 ;类型 SLA affn Kra
39 ;农田 36 0.001 0.3
40 ;湿地 21.5 0.001 0.5
41 ;草地 40 0.001 0.2
42 ;林地 21.5 0.001 0.2
43 ;水域 0 0 0
44 ;-----
45 ;Demand_txt:取值参考研究区历史资料或者实验测定结果
46 ;以下为Demand_txt.txt的示例数据
47 ;类型 叶片N/g/g 树干N/g/g 根系N/g/g 叶片P/g/g 树干P/g/g 根系P/g/g Krettra(N) Krettra(P) b root
48 ;农田 0.014 0 0 0.0009856 0 0 0 0.6 400
49 ;湿地 0.0041 0 0 0.0003142 0 0 0 0.4 400
50 ;草地 0.0152 0 0 0.0009875 0 0 0 0.4 400
51 ;林地 0.0011 0.0026 0.0017 0.0008000 0.002 0.0046 0.35 0.35 0.5 1000
52 ;水域 0 0 0 0 0 0 0 0
53 ;-----
54 ;
55 ;

```

(3) 输出参数说明

包括: 参数名称、数据格式 (文本格式/栅格格式)、数据类型 (float/int)、参数含义、单位等。

```

26
27 ;*****输出说明*****
28 ;输出参数
29 ;1、Nup 二维栅格格式,浮点型,当日植被生长吸收的氮,单位:kg/ha
30 ;2、NO3_1U 二维栅格格式,浮点型,当上层土壤硝态氮含量,单位:kg/ha
31 ;3、NO3_1L 二维栅格格式,浮点型,当日下午土壤硝态氮含量,单位:kg/ha
32 ;4、Lit 二维栅格格式,浮点型,当日植被凋落物,单位:kg/ha
33 ;5、FB 二维栅格格式,浮点型,当日叶片分配的NPP,单位:gC/m2
34 ;-----

```

(4) 程序结构与计算注释

包括: 程序模块注释, 计算注释等。

```

; *****算法设置*****
PRO EcoHAT_Nuptake_Procedure,Alloc_txt,Demand_txt,LAI,LAI0,NPP,NFP0,Landuse,NO3_U,NO3_L,FB0,Lit0,$
  Result1=Result1,Result2=Result2,Result3=Result3,Result4=Result4,Result5=Result5
;////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
;-----不同土地利用类型对氮元素的吸收情况-----
  if Landuse eq 3 or Landuse eq 4 then begin;农田
    if LAI gt LAI0 then begin ;分配到叶片的NPP
      Lit=Alloc_txt[1,0]*(LAI/Alloc_txt[0,0])*1000
      FB = ((LAI-LAI0)/Alloc_txt[0,0])*1000-Lit
    endif else begin
      Lit=Alloc_txt[1,0]*(LAI/Alloc_txt[0,0])*1000
      FB = (NPP/NFP0)*FB0
    endif
    if FB gt NPP then begin
      FB=NPP*0.8
      FB= max([0,FB])
    endif else begin
      FB= max([0,FB])
    endif
    RB = Alloc_txt[2,0]*(NPP-FB) ;分配到根部的NPP
    RB = max([0,RB])
    WB = NPP - FB - RB ;分配到枝干的NPP
    WB = max([0,WB])
    Ndem = ((1 - Demand_txt[6,0]) * FB * Demand_txt[0,0] + WB * Demand_txt[1,0] + RB * Demand_txt[2,0])*10 ;植被对氮元素的需求量
    Ndem_U=Ndem*(1-exp(-Demand_txt[8,0]*200/Demand_txt[9,0]))/(1-exp(-Demand_txt[8,0])) ;上层土壤中植被对氮元素的需求量
    Ndem_L=Ndem*(1-exp(-Demand_txt[8,0]*200/Demand_txt[9,0]))/(1-exp(-Demand_txt[8,0])) ;下层土壤中植被对氮元素的需求量

    Nup_L=min([Ndem_L+Ndem_U1,NO3_L]) ;下层土壤中植被对氮元素的实际吸收量
    Nup = Nup_U+Nup_L

    NO3_1U=max([0,NO3_U-Nup_U])
    NO3_1L=max([0,NO3_L-Nup_L])
  endif

  if Landuse lt 3 or Landuse eq 8 then begin ;裸地, 居工地, 水体
    Nup=0.0
    NO3_1U=0.0
    NO3_1L=0.0
    Lit=0.0
    FB=0.0
  endif

;////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
;*****输出数据设置*****

  Result1=Nup
  Result2=NO3_1U
  Result3=NO3_1L
  Result4=Lit
  Result5=FB

END

```

5.3 函数和过程 (function、procedure) 要求

函数和过程 (function、procedure) 注释完整是极其重要的, 是小组成员学习遥感水文数字实验的关键材料。函数和过程 (function、procedure) 程序一定要运行正确, 小组成员将来更多关注程序注释。

6、可移植性规范标准

为增强代码的可移植性，请遵守以下规则：

1.为了跟小组中的编码一致，建议大家同意使用 GB2312 编码格式。

2.在代码中统一使用"pathSep=Path_Sep()"替代路径分隔符“/”或者“\”，详见附件中的氮元素中的例子。

例如：获取当前系统的路径分隔符

```
IDL> print, path_sep()
```

3.推荐大家使用 IDL8.0 以及以上的版本进行编程，这样大家也更好交流。

4.为了代码更好的共享，请大家不要使用系统变量，因为：

1) DEFSYSV 程序一次只能定义一个系统变量；

2) 所有的系统变量名称只能以! 开头；

3) 用 DEFSYSV 的系统变量 的存在周期和编译器一样，除非关闭编译器或 reset 才能使系统变量无效；

4) 一般在系统变量中保存一些使用频率很高的差数，如：程序系统路径，draw 大小。

5) 不存储数据量很大的数组，无法销毁，生命太长；

6) 一般只在程序开始时定义，随意使用会使程序很混乱，很难维护；

7、LCM

7.1 LCM 模型概况

LCM 模型包括 3 个函数，见下表：

7-1 LCM 暴雨径流函数集（张亦弛）

序号	函数名	名称	功能	结果输出	算法来源	备注
1	EcoHAT_LCM_Infiltration_Procedure	LCM 入渗产流函数	计算径流量、土壤含水量和地下水含量	1) Qi, 总径流量, 栅格 (mm) 2) W, 土壤含水量, 栅格 (mm) 3) GW, 地下水含量, 栅格 (mm)	《遥感水文》	
2	EcoHAT_Slope_Concentration_Procedure	坡面汇流函数	依照等流时线方法计算子流域出口径流量	1) Qsim, 各子流域出口径流量, 文本 (m ³ /s)	《遥感水文》	
3	EcoHAT_Channel_Routing_Procedure	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	2) Q, 流域出口总径流量, 文本 (m ³ /s)	《遥感水文》	
备注: 无						

LCM 元素模型参数输入输出规则:

模型名称: LCM_ws

表 7-2 LCM_ws 输入数据

序号	输入参数	数据格式	内容	单位
1	Subbasin.tif	ENVI 标准格式增加后缀“.tif”	研究区子流域空间分布图	-
2	0001.tif 0002.tif	ENVI 标准格式增加后缀“.tif”	研究区面雨量空间分布图	mm
3	Isochrone.tif	ENVI 标准格式增加后缀“.tif”	汇流时间空间分布图	H
4	iuh_adjusted.tif	ENVI 标准格式增加后缀“.tif”	调整后子流域内部等流时线空间分布图	H
5	r_年代.tif	ENVI 标准格式增加后缀“.tif”	LCM 模型下渗系数空间分布图	-
6	降雨、径流数据整理.txt	文本格式	降雨、径流规整数据表格, 用作径流模拟、实测值精度评价	-
7	SubbasinA.txt	文本格式	子流域汇流属性表	-
8	参数优选.txt	文本格式	模型率定后参数	-

表 7-3 LCM_ws 输出数据

序号	输出参数	数据格式	内容	单位
1	模拟结果.txt	文本格式	LCM 场次径流流量模拟结果	M ³ /s
2	实验校正参数.txt	文本格式	模型率定参数	-

3	surfaceflow_0001.tif surfaceflow_0002.tif	ENVI 标准格式增加后 缀".tif"	LCM 地表径流深度模拟结果空 间分布图	mm
4	interflow_0001.tif interflow_0002.tif	ENVI 标准格式增加后 缀".tif"	LCM 壤中流径流深度模拟结果 空间分布图	mm

7.2 LCM 入渗产流函数

LCM 入渗产流函数规则如下：

```

;*****
; Name:   EcoHAT_LCM_infiltration_Procedure.PRO;
; FUNCTION: 计算暴雨入渗产流过程
; Method: 参考HIMS模型
; Syntax: EcoHAT_LCM_infiltration_Procedure, Rainfall, r_wet, r_dry, Wsm, w_h, w, GW_h, GW, $
                                                    subbasin, P, $
                                                    Result1=Result1,Result2=Result2,Result3=Result3
;-----
;*****输入说明 *****
;输入参数
;1、rain 二维栅格格式,浮点型,此刻小时面雨量,单位:mm
;2、rr1d 二维栅格格式,浮点型,土壤干燥状态下r值空间分布,单位:-
;3、rr1w 二维栅格格式,浮点型,土壤湿润状态下r值空间分布,单位:-
;4、Wsm 二维栅格格式,浮点型,流域饱和土壤含水量,单位:mm
;5、w_h 二维栅格格式,浮点型,前一小时土壤含水量,单位:mm
;6、w 二维栅格格式,浮点型,此刻小时土壤含水量,单位:mm
;7、GW_h 二维栅格格式,浮点型,前一小时地下水储量,单位:mm
;8、GW 二维栅格格式,浮点型,此刻小时地下水储量,单位:mm
;9、subbasin 二维栅格格式,浮点型,子流域范围,单位:-
;-----
;*****输出说明 *****
;输出参数

```

;1、 Qi 二维栅格格式,浮点型,每小时径流总量,单位:mm
;2、 w 二维栅格格式,浮点型,每小时土壤含水量,单位:mm
;3、 GW 二维栅格格式,浮点型,每小时地下水含量,单位:mm

;*****其他说明 *****
;10、 P txt,浮点型,模型参数,单位:-

7.3 坡面汇流函数

坡面汇流函数规则如下:

;*****
; Name: EcoHAT_Slope_Concentration_Procedure.PRO;
; FUNCTION: 利用等流时线方法计算坡面汇流过程
; Method: 参考等流时线法
; Syntax: **EcoHAT_Slope_Concentration_Procedure**, number_lines, subbasin, route_data, dt, m, i, Qi,
ih_adjusted, PIXEL_SIZE, n, P, \$

Result1=Result1

;*****输入说明 *****
;输入参数
;1、 number_lines,子流域数量,整型,单位:-
;2、 subbasin,二维栅格格式,浮点型,子流域范围,单位:-
;3、 route_data,一唯数组,浮点型,汇流顺序,单位:-
;4、 dt,数值,浮点型,时间分辨率,单位:小时
;5、 m,数值,浮点型,子流域最大汇流时长,单位:小时
;6、 i, 数值,浮点型,降雨时刻,单位:小时
;7、 Qi 二维栅格格式,浮点型,总径流量,单位:mm
;8、 ih_adjusted,二维栅格格式,浮点型,调整后等流时线,单位:小时
;9、 PIXEL_SIZE,数值,浮点型,像元大小,单位:m

```

;10、n,数值,降雨历时,单位:小时

;11、P,数组,模型参数,单位:-

;-----

;*****输出说明 *****

;输出参数;

;1、Qsim 二维数组,浮点型,子流域出口径流量,单位:m3/s

;-----

;*****其他说明 *****

```

7.4 马斯京根河道汇流函数

马斯京根河道汇流函数规则如下:

```

;*****

;Name: EcoHAT_Channel_Routing_Procedure.PRO;

;FUNCTION: 利用马斯京根方法计算河道汇流过程

;Method: 参考马斯京根方法

;Syntax: EcoHAT_Channel_Routing_Procedure, i, ln, n, number_lines, route_data, P,$

Result1=Result1

;-----

;*****输入说明 *****

;输入参数

;1、i, 数值,浮点型,降雨时刻,单位:小时

;2、n,数值,降雨历时,单位:小时

;3、number_lines,子流域数量,整型,单位:-

;4、route_data,一唯数组,浮点型,汇流顺序,单位:-

;-----

;*****输出说明 *****

;输出参数;

;1、Q 一维,浮点型,各个时刻流域出口径流量,单位:m3/s

;-----

```

8、RSDTVGM

8.1 RSDTVGM 概况

RSDTVGM 模型包括 5 个函数，见下表：

表 8-1 分布式时变增益模型函数集

序号	函数名	名称	功能	结果输出	算法来源	备注
1	EcoHAT_Ecan_Procedure	植被截留蒸发函数	计算降水发生后，植被的截留蒸发量	1) Ecan 植被截留蒸发量 栅格 (mm)	蔡明勇博士论文 21 页和《遥感水文》131 页	
2	EcoHAT_EffectivePre_Procedure	地表有效降雨量函数	计算降水发生后，能够到达地表进的降雨量	1) Pe 地面有效降雨 栅格 (mm)	蔡明勇博士论文 21 页和遥感水文 131 页	
3	EcoHAT_ETa_Procedure	地表实际蒸散发函数	计算地表实际发生的蒸散发量	1) ETa 实际蒸散发量 栅格 (mm)	蔡明勇博士论文 21&22 和遥感水文 131&132	
4	EcoHAT_SWC_Procedure	土壤水模拟函数	将土壤分为三层，模拟不同层土壤含水量。	1) x 为表层土壤含水量栅格 (mm) 2) y 为下层土壤含水量栅格 (mm) 3) z 为深层土壤含水量栅格 (mm)	蔡明勇论文 23 和遥感水文 133	
5	EcoHAT_Runoff_Procedure	产流计算函数	模拟计算地表和土壤中的产流。	1) Rs 地表径流 栅格 (mm) Rss 表层壤中流 栅格 (mm) 2) Rds	蔡明勇论文 23 和遥感水文 133	

				下层壤中流 栅格 (mm) 3) Rg 深层壤中流 栅格 (mm) 4) R 栅格总产流栅 格 (mm)		
备注:						

RSDTVGM 模型参数输入输出规则: (见遥感水文实验手册)

表 8-2 RS_DTVGM 产流计算输入输出表

模型输入			
代码	参数名称	参数单位	参数说明
Land	土地利用类型		遥感影像
ETp+日期	潜在蒸散发	mm	遥感影像
WCF	表层土壤田间持水量		遥感影像
WCF_S	深层土壤田间持水量		遥感影像
WCW	表层土壤萎蔫含水量		遥感影像
WCW_S	深层土壤萎蔫含水量		遥感影像
WCS	表层土壤饱和含水量		遥感影像
WCS_S	深层土壤饱和含水量		遥感影像
P+日期	降水	mm	遥感影像
Tair+日期	日均气温	K	遥感影像
Snow+日期	雪盖		遥感影像
MeltWater+日期	融雪量	mm	遥感影像
LAI+日期	叶面积指数		遥感影像
VegCover+日期	植被覆盖度		遥感影像
RootDepth+日期	根系深度	m	遥感影像
模型输出			
ETa+日期	实际蒸发量	mm	遥感影像
R+日期	栅格总产流	mm	遥感影像
Rs+日期	地表径流	mm	遥感影像
Rss+日期	壤中流	mm	遥感影像
Rds+日期	下层壤中流	mm	遥感影像
Rg+日期	深层壤中流	mm	遥感影像
End_AWui+日期	日末表层土壤含水量		遥感影像
End_AWdi+日期	日末下层土壤耗水量		遥感影像
End_AWgi+日期	日末深层土壤含水量		遥感影像

8.2 植被截留蒸发函数

植被截留蒸发函数规则如下：

```
*****  
;  
; Name: EcoHAT_Ecan_Procedure.PRO;  
; FUNCTION: 计算植被截留蒸发  
; Method: 蔡明勇博士论文21页和遥感水文131页  
; Syntax: EcoHAT_Ecan_Procedure,TempCri,LAI,VegCover,ETp,P,Tair,$  
  
    Result1=Result1  
;-----  
;*****输入说明 *****  
;输入参数  
;TempCri 参数值,浮点型,降雨/降雪的临界气温,一般取0摄氏度  
;LAI 二维栅格格式,浮点型,叶面积指数,单位: 无  
;VegCover 二维栅格格式,浮点型,植被覆盖度指数,单位: 无  
;ETp 二维栅格格式,浮点型,日潜在蒸散发,单位: mm  
;P 二维栅格格式,浮点型,日均降水量,单位: mm,可利用气象站点插值或公共平台数据 (TRMM,FY数据)  
;Tair 二维栅格格式,浮点型,日均大气温度,单位: K,可用气象站点插值或遥感反演数据  
;-----  
;*****输出说明 *****  
;输出参数  
;Ecan 二维栅格格式,浮点型,植被截留蒸发,单位: mm  
;-----  
;*****其他说明 *****
```

8.3 地表有效降雨量函数

地表有效降雨量函数规则如下：

```
*****  
;
```

```

; Name: EcoHAT_EffectivePre_Procedure.PRO;

; FUNCTION: 计算地表有效降雨量

; Method: 蔡明勇博士论文21页和遥感水文131页

; Syntax: EcoHAT_EffectivePre_Procedure,TempCri,Ecan,P,MeltWater,Tair,$

Result1=Result1

;-----

;*****输入说明 *****

;输入参数

;TempCri 参数值,浮点型,降雨/降雪的临界气温,一般取0摄氏度

;Ecan 二维栅格格式,浮点型,植被截留蒸发,单位: mm

;P 二维栅格格式,浮点型,日均降水量,单位: mm,可利用气象站点插值或公共平台数据 (TRMM,FY数据)

;MeltWater 二维栅格格式,浮点型,日尺度融雪量,单位: mm,利用融雪计算模型估计得到

;Tair 二维栅格格式,浮点型,日均大气温度,单位: K,可用气象站点插值或遥感反演数据

;-----

;*****输出说明 *****

;输出参数

;Pe 二维栅格格式,浮点型,地面有效降雨,单位: mm

;-----

;*****其他说明 *****

```

8.4 地表实际蒸散发函数

地表实际蒸散发函数规则如下:

```

;*****

; Name: EcoHAT_ETa_Procedure.PRO;

; FUNCTION: 计算实际蒸散发

; Method: 蔡明勇博士论文21&22和遥感水文131&132

; Syntax: EcoHAT_ETa_Procedure,ETpara_txt,Thickness_txt,AWu,AWd,AWg,WCW,WCW_S, $

WCF,WCF_S,WCR,LAI,ETp,Ecan,Snow,RootDepth,$

```

Result1=Result1

```
;-----  
;*****输入说明 *****  
;输入参数  
;AWu 二维栅格格式,浮点型,表层土壤含水量,单位: mm  
;AWd 二维栅格格式,浮点型,下层土壤含水量,单位: mm  
;AWg 二维栅格格式,浮点型,深层土壤含水量,单位: mm  
;WCW 二维栅格格式,浮点型,表层土壤萎蔫含水量,单位: %  
;WCW_S 二维栅格格式,浮点型,下层和深层土壤萎蔫含水量,单位: %  
;WCF 二维栅格格式,浮点型,表层土壤田间持水量,单位: %  
;WCF_S 二维栅格格式,浮点型,下层和深层土壤田间持水量,单位: %  
;WCR 二维栅格格式,浮点型,表层土壤最小含水量,单位: %,一般设置为萎蔫含水量的20%  
;LAI 二维栅格格式,浮点型,叶面积指数,单位: 无  
;ETp 二维栅格格式,浮点型,日潜在蒸散发,单位: mm  
;Ecan 二维栅格格式,浮点型,植被截留蒸发,单位: mm  
;Snow 二维栅格格式,浮点型,日尺度积雪覆盖度,单位: 无,采用MODIS SnowCover (MOD10A2) 数据  
产品线性插值得到  
;RootDepth 二维栅格格式,浮点型,根系深度,单位: m  
;-----  
;*****输出说明 *****  
;输出参数  
;ETa 二维栅格格式,浮点型,实际蒸散发量,单位: mm  
;-----  
;*****其他说明 *****
```

8.5 土壤水模拟函数

土壤水模拟函数规则如下:

```
;*****  
;Name: EcoHAT_SWC_Procedure.PRO;
```

```

;FUNCTION: 计算土壤含水量

;Method: 蔡明勇论文23和遥感水文133

;Syntax: EcoHAT_SWC_Procedure,SoilCoe_txt,ETpara_txt,Thickness_txt,AWui,AWdi,AWgi,WCS, $
        WCW,WCW_S,WCF,WCF_S,WCR,Pe,Snow,ETp,Ecan,LAI,RootDepth,$
        Result1=Result1,Result2=Result2,Result3=Result3

;-----
;*****输入说明 *****
;输入参数
;AWui 二维栅格格式,浮点型,为日初表层土壤含水量,单位: %
;AWdi 二维栅格格式,浮点型,为日初下层土壤含水量,单位: %
;AWgi 二维栅格格式,浮点型,为日初深层土壤含水量,单位: %
;WCS 二维栅格格式,浮点型,表层土壤饱和含水量,单位: %
;WCW 二维栅格格式,浮点型,表层土壤萎蔫含水量,单位: %
;WCW_S 二维栅格格式,浮点型,下层和深层土壤萎蔫含水量,单位: %
;WCF 二维栅格格式,浮点型,表层土壤田间持水量,单位: %
;WCF_S 二维栅格格式,浮点型,下层和深层土壤田间持水量,单位: %
;WCR 二维栅格格式,浮点型,表层土壤最小含水量,单位: %,一般设置为萎蔫含水量的20%
;Pe 二维栅格格式,浮点型,地面有效降雨,单位: mm
;Snow 二维栅格格式,浮点型,日尺度积雪覆盖度,单位: 无,采用MODIS SnowCover (MOD10A2) 数据
产品线性插值得到
;ETp 二维栅格格式,浮点型,日潜在蒸散发,单位: mm
;Ecan 二维栅格格式,浮点型,植被截留蒸发,单位: mm
;LAI 二维栅格格式,浮点型,叶面积指数,单位: 无
;RootDepth 二维栅格格式,浮点型,根系深度,单位: m
;-----
;*****输出说明 *****
;输出参数
;x 二维栅格格式,浮点型,为表层土壤含水量,单位: %
;y 二维栅格格式,浮点型,为下层土壤含水量,单位: %

```

;z 二维栅格格式,浮点型,为深层土壤含水量,单位: %

;

*****其他说明*****

8.6 产流计算函数

产流计算函数规则如下:

; Name: EcoHAT_Runoff_Procedure.PRO;

; FUNCTION: 计算径流

; Method: 蔡明勇论文23和遥感水文133

; Syntax: **EcoHAT_Runoff_Procedure**,SoilCoe_txt,Thickness_txt,AWui,AWdi,AWgi,AWu,AWd,AWg, \$

WCS,WCS_S,WCW,WCW_S,WCF,Pe,\$

Result1=Result1,Result2=Result2,Result3=Result3,Result4=Result4,Result5=Result5

;

*****输入说明*****

;输入参数

;AWui 二维栅格格式,浮点型,为日初表层土壤含水量,单位: %

;AWdi 二维栅格格式,浮点型,为日初下层土壤含水量,单位: %

;AWgi 二维栅格格式,浮点型,为日初深层土壤含水量,单位: %

;AWu 二维栅格格式,浮点型,为表层土壤含水量,单位: %

;AWd 二维栅格格式,浮点型,为下层土壤含水量,单位: %

;AWg 二维栅格格式,浮点型,为深层土壤含水量,单位: %

;WCS 二维栅格格式,浮点型,表层土壤饱和含水量,单位: %

;WCS_S 二维栅格格式,浮点型,下层和深层土壤饱和含水量,单位: %

;WCW 二维栅格格式,浮点型,表层土壤萎蔫含水量,单位: %

;WCW_S 二维栅格格式,浮点型,下层和深层土壤萎蔫含水量,单位: %

;WCF 二维栅格格式,浮点型,表层土壤田间持水量,单位: %

;Pe 二维栅格格式,浮点型,地面有效降雨,单位: mm

*****输出说明*****

输出参数

Rs 二维栅格格式,浮点型,地表径流,单位: mm

Rss 二维栅格格式,浮点型,表层壤中流,单位: mm

Rds 二维栅格格式,浮点型,下层壤中流,单位: mm

Rg 二维栅格格式,浮点型,深层壤中流,单位: mm

R 二维栅格格式,浮点型,栅格总产流,单位: mm

*****其他说明*****

9、土壤水分运移模型 (SVAT)

9.1 土壤水分运移模型概况

土壤水分运移模型包括 9 函数，见下表：

表 9-1 土壤水分运移计算函数集

序号	函数名	名称	功能	结果输出	算法来源	备注
1	EcoHAT_Rs_Process	太阳净辐射函数	计算太阳辐射	逐日太阳辐射， Rs_instant_日期	《遥感水文》P155-156	
2	EcoHAT_Rn_Process	地表净辐射函数	计算地表净辐射	逐日地表净辐射， Rn_instant_日期	《遥感水文》P156-158	
3	EcoHAT_RootDepth_Process	根系深度函数	计算根系深度	逐日根系深度， RootDepth_日期	《遥感水文》，P164	
4	EcoHAT_VF_Process	植被盖度函数	计算植被盖度	逐日植被盖度， Vegcover_日期	《遥感水文》，P155	
5	EcoHAT_Interception_Process	植被截留函数	计算植被截留	逐日植被截留量， Interception_日期	《遥感水文》，P155	
6	EcoHAT_ETp_Process	潜在蒸散发函数	计算潜在蒸散发	逐日潜在蒸散发， ETp_instant_日期	《遥感水文》，P158-160	
7	EcoHAT_Eps_Process	土壤蒸发函数	计算土壤蒸发	逐日土壤蒸发， Eps_instant_日期	《遥感水文》，P158-160	
8	EcoHAT_Soil_moisture_init_Process	土壤水初始化函数	计算初始土壤含水量	逐日逐层土壤初始含水量	《遥感水文》，P160-161	

				Soil_moisture_layer1_日期		
9	EcoHAT_Richards_Water_Movement_Process	土壤水分运移计算函数	计算逐日逐层的土壤含水量，以及实际蒸发与蒸腾量	逐日的潜在蒸散发、实际土壤蒸发和植被蒸腾， Etp_daily_日期， Eps_daily_日期， Etree_daily_日期；逐日逐层的土壤含水量， Soil_moisture_layer1_日期	《遥感水文》， P160-161	
备注：						

9.2 太阳净辐射函数

太阳净辐射函数规则如下：

```

;*****
;
;name: EcoHAT_Rs_Process.pro
;Funtion: 太阳辐射
;Method:SEBS;Su et al. 2002
;Syntax: EcoHAT_Rs_Process, ns, tile_n1, txtdata, allImageData, Date_number, Result = result
;-----
;*****输入说明 *****
;1、Rs_para.txt: 包含时区中心经度
;2、经度图
;3、纬度图
;4、DEM
;-----
;*****输出说明 *****
;输出参数:
;1、Rs_instant 瞬时太阳辐射,单位:w m-2
;-----
;*****其他说明 *****

```

9.3 地表净辐射函数

地表净辐射函数规则如下：

```
*****  
;  
;name: EcoHAT_Rn_Process.pro  
;Funtion: 地表净辐射模拟  
;Method:SEBS;Su et al. 2002  
;Syntax: EcoHAT_Rn_Process, ns, tile_nl, allImageData, Result = result  
;-----  
;*****输入说明 *****  
;输入参数:  
;1、 Q_instant 瞬时太阳辐射空间分布图,w m-2  
;2、 Emis31 MODIS数据第31波段发射率  
;3、 Emis32 MODIS数据第32波段发射率  
;4、 Tair_instant 瞬时气温空间分布图,K  
;5、 LST 地表温度空间分布图,K  
;6、 T_rise 日出时间  
;7、 T_set 日落时间  
;8、 albedo 反照率  
;-----  
;*****输出说明 *****  
;输出参数:  
;1、 Rn_instant 瞬时净辐射Rn,单位:w m-2  
;-----  
;*****其他说明 *****
```

9.4 根系深度函数

根系深度函数规则如下：

```
*****  
;
```

```

:name: EcoHAT_RootDepth_Process.pro

:Funtion: 根系深度

:Method:Andersen et al. 2002

:Syntax:

;-----
;*****输入说明*****
;
;输入参数:
;1、 LAI: 叶面积指数
;2、 Landcover:土地覆被类型
;-----
;*****输出说明 *****
;
;输出参数:
;1、 根系深度 植被盖度,单位:m
;-----
;*****其他说明 *****

```

9.5 植被盖度函数

植被盖度函数规则如下:

```

;*****
;
:name: EcoHAT_VF_Process.pro

:Funtion: 植被盖度

:Method:Aston, 1979

:Syntax: EcoHAT_VF_Process, ns, tile_nl, txtdata, allImageData, Date_number, Result = result
;-----
;*****输入说明 *****
;
;输入参数:
;1、 Rs_para.txt: 包含时区中心经度
;2、 经度图
;3、 纬度图

```

;4、LAI

;5、聚集指数Q，通过MODIS土地覆被类型得到

;-----

*****输出说明*****

;输出参数:

;1、VegCover 植被盖度,单位:无

;-----

*****其他说明*****

9.6 植被截留函数

植被截留函数规则如下:

;name: EcoHAT_Interception_Process.pro

;Funtion: 植被截留

;Method:Aston,1979

;Syntax: EcoHAT_VF_Process, ns, tile_nl, txtdata, allImageData, Date_number, Result = result

;-----

*****输入说明*****

;输入参数:

;1 VegCover 植被覆盖度

;2 LAI 叶面积指数

;3 Precipitation 降水

;4 boundary 边界

;-----

*****输出说明*****

;输出参数:

;1、Interception 栅格格式, 植被截留量,单位:mm

;-----

*****其他说明*****

9.7 潜在蒸散发函数

潜在蒸散发函数规则如下：

```
*****  
;  
;name: EcoHAT_ETp_Process.pro  
;Funtion: 瞬时潜在蒸散发  
;Method: Priestly-Taylor, SEBS; Su et al. 2002  
;Syntax: EcoHAT_ETp_Process, ns, tile_nl, allImageData, Result = result  
;-----  
;*****输入说明 *****  
;输入参数：  
;1 Tair_instant 瞬时气温  
;2 Rn_instant 瞬时净辐射  
;3 DEM 高程  
;4 Boundary 边界  
;5 植被盖度  
;-----  
;*****输出说明 *****  
;输出参数：  
;1、ETp_instant 栅格格式，瞬时潜在蒸散发,单位:10(-6)mm  
;-----  
;*****其他说明 *****
```

9.8 土壤蒸发函数

土壤蒸发函数规则如下：

```
*****  
;  
;name: EcoHAT_Eps_Process.pro  
;Funtion: 瞬时潜在土表蒸发  
;Method: Ritchie, 1972
```

```

;Syntax: EcoHAT_Eps_Process, ns, tile_nl, allImageData, Result = result
;-----
;*****输入说明 *****
;输入参数:
;1 Etp_instant 瞬时潜在蒸散发
;3 LAI 叶面积指数
;4 boundary 边界
;-----
;*****输出说明 *****
;输出参数:
;1、Eps_instant 栅格格式, 瞬时潜在土表蒸发,单位:10(-6)mm
;-----
;*****其他说明 *****

```

9.9 土壤水初始化函数

土壤水初始化函数规则如下:

```

;*****
;name: EcoHAT_Soil_moisture_init_Process.pro
;Funtion: 土壤初始含水量
;Method:区域化经验赋值
;Syntax: EcoHAT_Soil_moisture_init_Process, ns, tile_nl, txtdata, allImageData, Result = result
;-----
;*****输入说明 *****
;输入参数:
;1. Soil_Moisture_txt, 文本, 包括 (序号, 土壤类型代码, 田间含水量, 凋萎含水量, 饱和含水量 )
;2. Soil_type_0: 土壤类型
;-----
;*****输出说明 *****
;输出参数

```

```

;Soil_moisture_layer1: 土壤水分
;Soil_moisture_layer2: 土壤水分
;Soil_moisture_layer3: 土壤水分
;Soil_moisture_layer4: 土壤水分
;Soil_moisture_layer5: 土壤水分
;Soil_moisture_layer6: 土壤水分
;Soil_moisture_layer7: 土壤水分
;Soil_moisture_layer8: 土壤水分
;Soil_moisture_layer9: 土壤水分
;Soil_moisture_layer10: 土壤水分
;Soil_moisture_layer11: 土壤水分
;Soil_moisture_layer12: 土壤水分
;Soil_moisture_layer13: 土壤水分
;Soil_moisture_layer14: 土壤水分
;Soil_moisture_layer15: 土壤水分
;Soil_moisture_layer16: 土壤水分
;Soil_moisture_layer17: 土壤水分
;Soil_moisture_layer18: 土壤水分
;Soil_moisture_layer19: 土壤水分
;Soil_moisture_layer20: 土壤水分

```

```

;-----

```

```

;*****其他说明*****

```

9.10 土壤水分运移计算函数

土壤水分运移计算函数规则如下：

```

;*****
;name: EcoHAT_Richards_Water_Movement_Process.pro
;Funtion: 土壤水份运移一维垂向Richards方程模拟
;Method:李保国，2000

```

```

;Syntax: EcoHAT_Richards_Water_Movement_Process,current_soil_property,Model_init, $
number_depth, Precipitation,soil_type,LAI,Etp,Rootdepth,soil_water,Interception,T_rise,T_set, $
ViewTime, $
soil_water_new = soil_water_new,Etp_daily_new=Etp_daily_new,Eps_daily_new=Eps_daily_new, $
Etree_daily_new=Etree_daily_new
;-----
;*****输入说明 *****
;输入参数:
;1 Eps_instant_日期 ENVI标准格式 地表瞬时潜在土壤水蒸发
;2 Etp_instant_日期 ENVI标准格式 地表瞬时潜在蒸散发
;3 Interception_日期 ENVI标准格式 降雨截留量
;4 LAI_日期 ENVI标准格式 MODIS叶面积指数
;5 precipitation_日期 ENVI标准格式 雨量站或气象站日均降水量
;6 RootDepth_根系深度 ENVI标准格式 根系深度
;7 T_rise_日期 ENVI标准格式 日出时间
;8 T_set_日期 ENVI标准格式 日落时间
;9 Soi_日期 ENVI标准格式 微波同步观测土壤水分数据
;10 Soil_Type_0 ENVI标准格式 土壤类型
;11 Soil_moisture_layer1_日期 ENVI标准格式 模拟开始日期第1层土壤初始含水量
;12 Soil_moisture_layer2_日期 ENVI标准格式 模拟开始日期第2层土壤初始含水量
;13 Soil_moisture_layer3_日期 ENVI标准格式 模拟开始日期第3层土壤初始含水量
;14 Soil_moisture_layer4_日期 ENVI标准格式 模拟开始日期第4层土壤初始含水量
;15 Soil_moisture_layer5_日期 ENVI标准格式 模拟开始日期第5层土壤初始含水量
;16 Soil_moisture_layer6_日期 ENVI标准格式 模拟开始日期第6层土壤初始含水量
;17 Soil_moisture_layer7_日期 ENVI标准格式 模拟开始日期第7层土壤初始含水量
;18 Soil_moisture_layer8_日期 ENVI标准格式 模拟开始日期第8层土壤初始含水量
;19 Soil_moisture_layer9_日期 ENVI标准格式 模拟开始日期第9层土壤初始含水量
;20 Soil_moisture_layer10_日期 ENVI标准格式 模拟开始日期第10层土壤初始含水量
;21 Soil_moisture_layer11_日期 ENVI标准格式 模拟开始日期第11层土壤初始含水量

```

```

;22 Soil_moisture_layer12_日期 ENVI标准格式 模拟开始日期第12层土壤初始含水量
;23 Soil_moisture_layer13_日期 ENVI标准格式 模拟开始日期第13层土壤初始含水量
;24 Soil_moisture_layer14_日期 ENVI标准格式 模拟开始日期第14层土壤初始含水量
;25 Soil_moisture_layer15_日期 ENVI标准格式 模拟开始日期第15层土壤初始含水量
;26 Soil_moisture_layer16_日期 ENVI标准格式 模拟开始日期第16层土壤初始含水量
;27 Soil_moisture_layer17_日期 ENVI标准格式 模拟开始日期第17层土壤初始含水量
;28 Soil_moisture_layer18_日期 ENVI标准格式 模拟开始日期第18层土壤初始含水量
;29 Soil_moisture_layer19_日期 ENVI标准格式 模拟开始日期第19层土壤初始含水量
;30 Soil_moisture_layer20_日期 ENVI标准格式 模拟开始日期第20层土壤初始含水量
;31 Boundary_0 ENVI标准格式 研究区边界
;32 Model_init_txt_0 文本格式 模拟土层深度、时间间隔和降雨历时等参数
;33 Soil_property_txt_0 文本格式 土壤水分特征参数及其运移概化参数等
;-----
;*****输出说明*****
;输出参数:
;1 Eps_daily_日期 ENVI标准格式 日潜在土壤水蒸发
;2 Etp_daily_日期 ENVI标准格式 日潜在蒸散发
;3 Etree_daily_日期 ENVI标准格式 日植被蒸腾量
;4 Soil_moisture_layer1_日期 ENVI标准格式 逐日模拟出第1层土壤含水量
;5 Soil_moisture_layer2_日期 ENVI标准格式 逐日模拟出第2层土壤含水量
;6 Soil_moisture_layer3_日期 ENVI标准格式 逐日模拟出第3层土壤含水量
;7 Soil_moisture_layer4_日期 ENVI标准格式 逐日模拟出第4层土壤含水量
;8 Soil_moisture_layer5_日期 ENVI标准格式 逐日模拟出第5层土壤含水量
;9 Soil_moisture_layer6_日期 ENVI标准格式 逐日模拟出第6层土壤含水量
;10 Soil_moisture_layer7_日期 ENVI标准格式 逐日模拟出第7层土壤含水量
;11 Soil_moisture_layer8_日期 ENVI标准格式 逐日模拟出第8层土壤含水量
;12 Soil_moisture_layer9_日期 ENVI标准格式 逐日模拟出第9层土壤含水量
;13 Soil_moisture_layer10_日期 ENVI标准格式 逐日模拟出第10层土壤含水量
;14 Soil_moisture_layer11_日期 ENVI标准格式 逐日模拟出第11层土壤含水量

```

```

;15 Soil_moisture_layer12_日期 ENVI标准格式 逐日模拟出第12层土壤含水量
;16 Soil_moisture_layer13_日期 ENVI标准格式 逐日模拟出第13层土壤含水量
;17 Soil_moisture_layer14_日期 ENVI标准格式 逐日模拟出第14层土壤含水量
;18 Soil_moisture_layer15_日期 ENVI标准格式 逐日模拟出第15层土壤含水量
;19 Soil_moisture_layer16_日期 ENVI标准格式 逐日模拟出第16层土壤含水量
;20 Soil_moisture_layer17_日期 ENVI标准格式 逐日模拟出第17层土壤含水量
;21 Soil_moisture_layer18_日期 ENVI标准格式 逐日模拟出第18层土壤含水量
;22 Soil_moisture_layer19_日期 ENVI标准格式 逐日模拟出第19层土壤含水量
;23 Soil_moisture_layer20_日期 ENVI标准格式 逐日模拟出第20层土壤含水量
;-----
;*****其他说明*****

```

10、MUSLE

10.1 MUSLE 概况

MUSLE 模型包括 7 个函数，见下表：

表 10-1 MUSLE 土壤侵蚀计算函数集

序号	函数名	名称	功能	结果输出	算法来源	备注
1	EcoHAT_C_Factor_Procedure	覆盖-管理因子函数	计算覆盖-管理因子 C。	C_0 覆盖-管理因子因子，栅格，浮点型，取值 0-1,无量纲。	蔡崇法,丁树文,史志华,等.应用 USLE 模型与地理信息系统 IDRISI 预测小流域土壤侵蚀量的研究[J]. 水土保持学报, 2000,14(2):19-24.	
2	EcoHAT_K_Factor_Procedure	土壤可蚀性函数	计算土壤可蚀性因子 K。	K_0 土壤可蚀性，栅格,浮点型, (0.013 t*m ² *h/(m ³ *t*cm))。	Williams J.R. Chapter 25: The EPIC model. p. 909-1000. In V. P. Singh(ed.) Computer models of watershed hydrology[C]. Water Resources Publications,1995.	
3	EcoHAT_LCM_Rs_Procedure	地表径流函数	计算地表径流 Rs。	Rs 地表径流量，栅格，浮点型(mm)。	刘昌明,洪宝鑫,曾明焯等.黄土高原暴雨径流预报关系初步实验研究[J].科学通报,1965, 2(2):158-161.	
4	EcoHAT_LS_Factor_Procedure	地形因子函数	计算坡度 S	LS_0 地形因子(坡长因子)	坡度因子: Liu B Y, Nearing M	

		数	和坡长 L 因子的乘积。	子 L 和坡度因子 S 的乘积), 栅格, 浮点型, 无量纲。	A, Risse L M. Slope gradient effects on soil loss for steep slopes[J]. American Society of Agricultural Engineers ,1994,37(6): 1835–1840. McCool D K, Brown L C, Foster G R, et al.. Revised slope steepness factor for the Universal Soil Loss Equation[J]. T ASAE, 1987a,30(5):1387–1396. 坡长因子: Liu B Y, Nearing M A, Shi P J,et al.. Slope length effects on soil loss for steep slopes[J]. Soil Sci Soc Am J , 2000,64:1759–1763.	
5	EcoHAT_P_Factor_Procedure	水土保持措施因子函数	计算水土保持措施因子 P。	P_0 水土保持措施因子, 栅格, 浮点型, 取值 0-1, 无量纲。	参考: 王万忠,焦菊英.中国的土壤侵蚀因子定量评价研究[J].水土保持通报, 1996, 16(5):1-20.	
6	EcoHAT_Time_Overland_Procedure	坡面栅格汇流时间函数	计算坡面栅格汇流时间。	Tov_0 坡面栅格汇流时间, 栅格, 浮点型 (h)	SWAT 2009	
7	EcoHAT_Sed_Overland_Procedure	坡面侵蚀产沙函数	计算坡面侵蚀产沙。	Sed 坡面侵蚀产沙, 栅格, 浮点型(t)	SWAT 2009	

MUSLE 模型参数输入输出规则: (见遥感水文实验手册)

表 10-2 MUSLE_gui.exe 程序输入数据

序号	图名	数据格式	内容	单位	用途
1	R_1, R_2, 以此类推	ENVI 标准格式	地表径流深	mm	估算 R_s 、 q_{peak} 因子
2	Tov_0	ENVI 标准格式	栅格汇流时间	h	估算 q_{peak} 因子
3	Clay_U_0	ENVI 标准格式	土壤属性—黏粒含量	%	估算 K 因子
4	Silt_U_0	ENVI 标准格式	土壤属性—粉粒含量	%	估算 K 因子
5	Sand_U_0	ENVI 标准格式	土壤属性—砂粒含量	%	估算 K 因子
6	OC_U_0	ENVI 标准格式	土壤属性—有机碳含量	%	估算 K 因子
7	Rock_U_0	ENVI 标准格式	土壤属性—砾石含量	%	估算 $CFRG$ 因子
8	VegCover_0	ENVI 标准格式	植被盖度	%	估算 C 因子
9	Landuse_0	ENVI 标准格式	土地利用类型	无量纲	估算 P 因子
10	LS_0	ENVI 标准格式	地形(坡度坡长)因子	无量纲	估算 LS 因子

备注: 上表中, 序号为 2~10 的数据需存放于同一文件夹中。

表 10-3 MUSLE_gui.exe 程序输出数据

序号	图名	数据格式	内容	单位
1	Sed_0001.tif Sed_0002.tif 以此类推	ENVI 标准格式增加后缀".tif"	小时栅格土壤侵蚀量	t

10.2 覆盖-管理因子函数

覆盖-管理因子函数规则如下：

```

;*****
;Name:EcoHAT_C_Factor_Procedure.pro
;Function:计算MUSLE模型中所需的覆盖-管理因子C
;Method:(蔡崇法等,2000)
;Syntax: EcoHAT_C_Factor_Procedure,VegCover_0,$
          Result1=Result1
;-----
;*****输入说明 *****
;输入参数
;1、 VegCover_0: 二维栅格格式,整型,植被盖度(1年1幅影像数据),取值0-100,无量纲
;-----
;*****输出说明 *****
;1、 C_0:二维栅格格式,浮点型,水土保持措施因子,取值0-1,无量纲;值越大,表明覆盖管理因子对土壤侵蚀的控制作用越小。
;-----
;*****其他说明 *****

```

10.3 土壤可蚀性函数

土壤可蚀性函数规则如下：

```

;*****
;Name:EcoHAT_K_Factor_Procedure.pro
;Function:计算MUSLE模型中所需的土壤可蚀性因子K

```

;Method:(Williams,1995)

;Syntax: **EcoHAT_K_Factor_Procedure**,Clay_U_0,OC_U_0,Sand_U_0,Silt_U_0,\$

Result1=Result1

;

*****输入说明 *****

;输入参数

;1、Clay_U_0: 二维栅格格式,整形,土壤粘粒含量,取值0-100(计算中需除以100.0,以转换为取值0-1的浮点型数据),无量纲

;2、OC_U_0: 二维栅格格式,浮点型,土壤有机碳含量,无量纲

;3、Sand_U_0: 二维栅格格式,整形,土壤砂粒含量,取值0-100(计算中需除以100.0,以转换为取值0-1的浮点型数据),无量纲

;4、Silt_U_0: 二维栅格格式,整形,土壤粉粒含量,取值0-100(计算中需除以100.0,以转换为取值0-1的浮点型数据),无量纲

;

*****输出说明 *****

;1、K_0:二维栅格格式,浮点型,土壤可蚀性,单位: $0.013 t \cdot m^2 \cdot h / (m^3 \cdot t \cdot cm)$

;

*****其他说明 *****

10.4 地表径流函数

地表径流函数规则如下:

;Name:EcoHAT_LCM_Rs_Procedure.pro

;Function:计算每日地表径流量

;Method:(LCM模型,刘昌明(1965))

;Syntax: **EcoHAT_LCM_Rs_Procedure**,NDVI_0,VegCover_0,KP,RR1_0,\$

Result1=Result1

;

*****输入说明 *****

```

;输入参数

;1、 NDVI_0: 二维栅格格式,浮点型,归一化植被指数(1年1幅影像数据,运用年内生长期遥感数据获取),取值0-1,无量纲

;2、 VegCover_0:二维栅格格式,整型,植被盖度(1年1幅影像数据),取值0-100(计算中需除以100.0,以转换为取值0-1的浮点型数据),无量纲

;3、 KP: 二维栅格格式,浮点型,每日降雨量,单位:mm

;4、 RR1_0: 二维栅格格式,浮点型,LCM模型中的经验系数r,根据土地利用和土壤质地取值,取值0.6-0.9,无量纲

```

```

;-----
;*****输出说明 *****
;1、 Rs:二维栅格格式,浮点型,每日地表径流量,单位:mm
;-----
;*****其他说明 *****

```

10.5 地形因子函数

地形因子函数规则如下:

```

;*****
;Name:EcoHAT_LS_Factor_Procedure.pro
;Function:计算MUSLE模型中所需的地形(坡长和坡度)因子
;Method:(坡长为非累积坡长,坡长因子和坡度因子的算法见下面标注)
;Syntax: EcoHAT_LS_Factor_Procedure,Slope_0,Flowdir_0,Resolution_txt,$
          Result1=Result1
;-----
;*****输入说明 *****
;输入参数
;1、 Slope_0: 二维栅格格式,浮点形,坡度图,角度,DEM生成,单位: 度
;2、 Flowdir_0: 二维栅格格式,整型, 流向图,DEM生成,无量纲
;3、 Resolution_txt:文本格式,坡度图的分辨率,单位: m
;-----

```

*****输出说明 *****

;1、LS_0:二维栅格格式,浮点型,地形因子(坡长因子L和坡度因子S的乘积),无量纲

*****其他说明 *****

10.6 水土保持措施因子函数

水土保持措施因子函数规则如下:

;Name:EcoHAT_P_Factor_Procedure.pro

;Function:计算MUSLE模型中所需的水土保持措施因子P

;Method:(参考王万忠,焦菊英(1996)修改。王万忠,焦菊英.中国的土壤侵蚀因子定量评价研究[J].水土保持通报,1996,16(5):1-20.)

;Syntax: **EcoHAT_P_Factor_Procedure**,Landuse_0,\$

Result1=Result1

*****输入说明 *****

;输入参数

;1、Landuse_0: 二维栅格格式,整形,土地利用影像数据,无量纲

*****输出说明 *****

;1、P_0:二维栅格格式,浮点型,水土保持措施因子,取值0-1,无量纲;值越大,表明水土保持措施对土壤侵蚀的控制作用越小。

*****其他说明 *****

10.7 坡面栅格汇流时间函数

坡面栅格汇流时间函数规则如下:

```

;Name:EcoHAT_Time_Overland_Procedure.pro

;Function:计算MUSLE模型中所需的坡面栅格汇流时间

;Method:(SWAT2009,公式2.1.3.6)

;Syntax: EcoHAT_Time_Overland_Procedure,Slope_0,Flowdir_0,Resolution_txt,Landuse_0,$

        Result1=Result1

;-----

;*****输入说明 *****

;输入参数

;1、 Slope_0: 二维栅格格式,浮点形,坡度图,角度, DEM生成,单位: 度

;2、 Flowdir_0: 二维栅格格式,整型, 流向图,DEM生成,无量纲

;3、 Resolution_txt:文本格式,坡度图的分辨率,单位: m

;4、 Landuse_0: 二维栅格格式,整型, 土地利用图,无量纲

;-----

;*****输出说明 *****

;1、 Tov_0:二维栅格格式,浮点型,坡面栅格汇流时间,单位: h

;-----

;*****其他说明 *****

```

10.8 坡面侵蚀产沙函数

坡面侵蚀产沙函数规则如下:

```

;*****

;Name:EcoHAT_Sed_Overland_Procedure.pro

;Function:计算每日的坡面侵蚀产沙量

;Method:(SWAT,2009,公式2.1.3.6)

;Syntax: EcoHAT_Sed_Overland_Procedure,Rs,Tov_0,K_0,Rock_U_0,P_0,C_0,LS_0,Resolution_txt,$

        Result1=Result1

;-----

;*****输入说明 *****

;输入参数

```

;1、Rs: 二维栅格格式,浮点型,每日地表径流量,单位:mm

;2、Tov: 二维栅格格式,浮点型,坡面汇流时间,单位: h

;3、K: 二维栅格格式,浮点型,土壤可蚀性,单位: 0.013 t*m²*h/(m³*t*cm)

;4、Rock_U_0: 二维栅格格式,浮点型,土壤砾石含量,用以计算粗糙度因子,无量纲

;5、P:二维栅格格式,浮点型,水土保持措施因子,取值0-1,无量纲;值越大,表明水土保持措施对土壤侵蚀的控制作用越小

;6、C:二维栅格格式,浮点型,水土保持措施因子,取值0-1,无量纲;值越大,表明覆盖管理因子对土壤侵蚀的控制作用越小

;7、LS:二维栅格格式,浮点型,地形因子(坡长因子L和坡度因子S的乘积),无量纲

;8、Resolution_txt:文本格式,坡度图的分辨率,单位: m

;

*****输出说明 *****

;1、Sed:二维栅格格式,浮点型,每日坡面侵蚀产沙量,单位: t

;

*****其他说明 *****

11、N 迁移模型

11.1 氮元素模型概述

氮元素模型包括 7 个函数，见下表：

表 11-1 土壤氮素迁移转化函数集

序号	函数名	名称	功能	结果输出	算法来源	备注
1	EcoHAT_Fert_N_Procedure	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。	1) NO3_U 当日土壤上层硝态氮含量, 栅格 (kg/ha) 2) NH4_U 当日土壤上层氨氮含量, 栅格 (kg/ha)	《生态水文模型与应用》P106	

2	EcoHAT_Nuptake_Procedure	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。	1) Nup 当日植被生长吸收的氮, 栅格 (kg/ha) 2) NO3_U 当日上午土壤硝态氮含量, 栅格 (kg/ha) 3) NO3_L 当日上午土壤硝态氮含量, 栅格 (kg/ha) 4) Lit 当日植被凋落物, 栅格 (kg/ha) 5) FB 当日叶片分配的 NPP, 栅格 (gC/m2)	《生态水文模型与应用》 P70-73 1) 比叶面积、叶片凋落系数和根系凋落系数文本内容参见《遥感水文数字实验》159-161 页 2) 植被不同组织营养元素浓度文本内容参见《遥感水文数字实验》160-161 页	
3	EcoHAT_Nmindn_Procedure	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。	1) NO3_U 当日上午土壤硝态氮含量, 栅格 (kg/ha) 2) NO3_L 当日下午土壤硝态氮含量, 栅格 (kg/ha) 3) ONA_U 当日上午土壤上层活跃态有机氮含量, 栅格 (kg/ha) 4) ONA_L 当日下午土壤下层活跃态有机氮含量, 栅格 (kg/ha) 5) ONS_U 当日上午土壤上层稳定态有机氮含量, 栅格 (kg/ha)	《生态水文模型与应用》 P51-56 1) 矿化&分解、反硝化系数文本内容参见《遥感水文数字实验》160-161 页	

				<p>6) ONS_L 当日土壤 下层稳定态有机氮 含量, 栅格 (kg/ha)</p> <p>7) ONF_U 当日土壤 上层新鲜有机氮含 量, 栅格 (kg/ha)</p> <p>8) Lit 当日植被凋落 物, 栅格 (kg/ha)</p> <p>9) NH4_U 当日土壤 上层氨氮含量, 栅 格 (kg/ha)</p> <p>10) NH4_L 当日土壤 下层氨氮含量, 栅 格 (kg/ha)</p>		
4	EcoHAT_NitvoN_Procedure	氮的硝化&氨化 函数	计算氮的硝化&氨 化过程。	<p>1) NO3_U 当日上层 土壤硝态氮含量, 栅格 (kg/ha)</p> <p>2) NO3_L 当日下层 土壤硝态氮含量, 栅格 (kg/ha)</p> <p>3) NH4_U 当日上层 土壤氨氮含量, 栅 格 (kg/ha)</p> <p>4) NH4_L 当日上层 土壤氨氮含量, 栅 格 (kg/ha)</p>	《生态水文模型与应 用》 P54-55	
5	EcoHAT_Nrainfall_Procedure	氮的大气沉降	计算氮的大气沉降 过程	1) NO3_U 当日土壤 上层硝态氮含量 栅格 (kg/ha)	《生态水文模型与应 用》P50-51 1)氮的大气沉降	

					参数文本内容参见 《遥感水文数字实 验》160-161 页	
6	EcoHAT_Nmove_Procedure	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。	<ol style="list-style-type: none"> 1) NO3_U 当日土壤 上层硝态氮含量, 栅格 (kg/ha) 2) NO3_L 当日土壤 下层硝态氮含量, 栅格 (kg/ha) 3) NO3surf 当日随地 表径流流失的硝 态氮, 栅格(kg/ha) 4) NO3lat 当日随壤 中流流失的硝态 氮, 栅格 (kg/ha) 5) NO3perc 当日随 渗漏流失的硝态 氮, 栅格 (kg/ha) 6) NO3gw 当日随地 下径流流失的硝 态氮, 栅格(kg/ha) 	《生态水文模型与应 用》P106-107 1)溶解态氮流失 参数文本内容参见 《遥感水文数字实 验》160-161 页	
7	EcoHAT_Erosion_ON_Procedure	吸附态氮迁移 函数	计算泥沙对氮的吸 附量。	<ol style="list-style-type: none"> 1) ONsurf 当日随地表 径流流失的有机 氮, 栅格 (kg/ha) 2) ONF_U 当日上层 土壤新鲜有机氮含 量, 栅格 (kg/ha) 3) ONS_U 当日上层 土壤稳定态有机氮 	《生态水文模型与应 用》P107-108	

				含量, 栅格 (kg/ha)		
				4) ONA_U 当日上层 土壤活跃态有机氮 含量, 栅格 (kg/ha)		
<p>备注: 1) 氮素迁移转化七个函数存在计算顺序, 程序中的计算顺序如上面所示; 2) 输入文本内容参见示例数据文本的内容和形式; 3) 结合《生态水文模型与应用》、《遥感水文》、《遥感水文数字实验》和《SWAT 理论 2005 版》。</p>						

氮元素模型参数输入输出规则: (见遥感水文实验手册)

表 11-2 氮循环迁移模型计算输入参数列表

序号	输入参数	数据格式	内容	单位
1	Alloc_txt	文本格式	比叶面积(SLA)、叶片凋落系数 (affh)、根系凋落系数(Kra)	
2	Demand_txt	文本格式	各类型各组织的氮磷养分浓 度、叶片养分返回系数 (Kretra)、养分吸收分布参数 (b)、根系深度	
3	NPmindn_para_txt	文本格式	矿化速率常数(Bmin)、新鲜有 机养分的矿化系数(Brsd)、反硝 化系数(Bdenit)、反硝化发生的 阈值水分影响因子(Rswthr)、活 跃有机氮比例。	
4	Nrain_txt	文本格式	降雨中氮的浓度(RNO3)	mg/L
5	NO3move_txt	文本格式	硝 酸 盐 渗 漏 系 数 (BNO3)ANION_EXCL、地下径 流中硝酸盐含量(GW_NO3)	
6	Landuse	栅格格式	土地利用类型	无量纲
7	FC_U	栅格格式	上层土壤田间含水量	%
8	FC_L	栅格格式	下层土壤田间含水量	%
9	WP_U	栅格格式	上层土壤凋萎含水量	%
10	WP_L	栅格格式	下层土壤凋萎含水量	%

11	SAT_U	栅格格式	上层土壤饱和含水量	%
12	SAT_L	栅格格式	下层土壤饱和含水量	%
13	OC_U	栅格格式	上层有机碳含量	kg/ hm ²
14	OC_L	栅格格式	下层有机碳含量	kg/ hm ²
15	Bulkd	栅格格式	土壤容重	Mg/m ³
16	LAI+日期	栅格格式	当日叶面积指数	m ² /m ²
17	LAI0+日期	栅格格式	前一日叶面积指数	m ² /m ²
18	NPP+日期	栅格格式	当日净第一性生产力	gC/m ²
19	NPP0+日期	栅格格式	前一日净第一性生产力	gC/m ²
20	Ts_U+日期	栅格格式	当日上层土壤温度	°C
21	Ts_L+日期	栅格格式	当日下午土壤温度	°C
22	Precipitation+日期	栅格格式	当日降水量	mm
23	Rs+日期	栅格格式	当日地表径流	mm
24	Perc_U+日期	栅格格式	当日上层渗漏水量	mm
25	Perc_L+日期	栅格格式	当日下午渗漏水量	mm
26	Interflow+日期	栅格格式	当日壤中流	mm
27	Rg+日期	栅格格式	当日地下径流	mm
28	Sed+日期	栅格格式	当日土壤侵蚀量	t/m ²
29	Lit+日期	栅格格式	前一日植被凋落物	kg/ hm ²
30	FB+日期	栅格格式	前一日叶片分配的 NPP	gC/m ²
31	NO3_U+日期	栅格格式	前一日上层硝态氮含量	kg/ hm ²
32	NO3_L+日期	栅格格式	前一日下层硝态氮含量	kg/ hm ²
33	ONA_U+日期	栅格格式	前一日上层活跃态有机氮含量	kg/ hm ²
34	ONA_L+日期	栅格格式	前一日下层活跃态有机氮含量	kg/ hm ²
35	ONS_U+日期	栅格格式	前一日上层稳定态有机氮含量	kg/ hm ²
36	ONS_L+日期	栅格格式	前一日下层稳定态有机氮含量	kg/ hm ²
37	ONF_U+日期	栅格格式	前一日上层新鲜有机氮含量	kg/ hm ²
38	SW_U+日期	栅格格式	前一日上层土壤实际含水量	%
39	SW_L+日期	栅格格式	前一日下层土壤实际含水量	%

40	NH4_U+日期	栅格格式	前一日上层氨氮含量	kg/ha
41	NH4_L+日期	栅格格式	前一日下层氨氮含量	kg/ha
42	Fert_NH4_U+日期	栅格格式	当日施铵氮折纯量	kg/ha
43	Fert_NO3_U+日期	栅格格式	当日施硝酸盐折纯量	kg/ha

表 11-3 氮循环迁移模型计算输出参数列表

序号	输出参数	数据格式	内容	单位
1	Lit+日期	栅格格式	当日植被凋落物	kg/ha
2	FB+日期	栅格格式	当日叶片分配的NPP	gC/m ²
3	NO3_U+日期	栅格格式	当日上层硝态氮含量	kg/ha
4	NO3_L+日期	栅格格式	当日下午层硝态氮含量	kg/ha
5	ONA_U+日期	栅格格式	当日上层活跃态有机氮含量	kg/ha
6	ONA_L+日期	栅格格式	当日下午层活跃态有机氮含量	kg/ha
7	ONS_U+日期	栅格格式	当日上层稳定态有机氮含量	kg/ha
8	ONS_L+日期	栅格格式	当日下午层稳定态有机氮含量	kg/ha
9	ONF_U+日期	栅格格式	当日上层新鲜有机氮含量	kg/ha
10	NH4_U+日期	栅格格式	当日上层氨氮含量	kg/ha
11	NH4_L+日期	栅格格式	当日下午层氨氮含量	kg/ha
12	Nup+日期	栅格格式	当日植被生长吸收的氮	kg/ha
13	NO3surf+日期	栅格格式	当日随地表径流流失的硝态氮	kg/ha

14	NO3lat+日期	栅格格式	当日随壤中流流失 的硝态氮	kg/ha
15	NO3perc+日期	栅格格式	当日随渗漏流失的 硝态氮	kg/ha
16	NO3gw+日期	栅格格式	当日随地下径流流 失的硝态氮	kg/ha
17	Onsurf+日期	栅格格式	当日地表径流流失 的有机氮	kg/ha

11.2 农田施氮肥函数

农田施氮肥规则如下：

```

;*****
;Name: EcoHAT_Fert_N_Procedure.PRO;
;FUNCTION: 计算农田施氮肥
;Method: 参考SWAT模型
;Syntax:
EcoHAT_Fert_N_Procedure, NO3_U, NH4_U, Fert_NH4_U, Fert_NO3_U, $
Result1=Result1, Result2=Result2
;-----
;*****输入说明 *****
;输入参数
;1、 NO3_U 二维栅格格式,浮点型,前一日土壤上层硝态氮含量,单位:kg/ha
;2、 NH4_U 二维栅格格式,浮点型,前一日土壤上层氨氮含量,单位:kg/ha
;3、 Fert_NH4_U 二维栅格格式,浮点型,当日施铵氮折纯量,单位:kg/ha
;4、 Fert_NO3_U 二维栅格格式,浮点型,当日施硝酸盐折纯量,单位:kg/ha
;-----
;*****输出说明 *****
;输出参数

```

;1、NO3_0U 二维栅格格式,浮点型,当日土壤上层硝态氮含量,单位:kg/ha;

;2、NH4_0U 二维栅格格式,浮点型,当日土壤上层氨氮含量,单位:kg/ha;

;

*****其他说明 *****

;Fert_NH4_U 取值参考研究区农业资料

;Fert_NO3_U 取值参考研究区农业资料

;

11.3 植物对氮元素的吸收函数

植物对氮元素的吸收规则如下:

; Name: EcoHAT_Nuptake_Procedure.PRO;

; FUNCTION: 计算植物对氮元素的吸收量 (包括: 植被养分吸收模拟、生产力分配模拟、植被凋落物模拟)

; Method: 植被养分吸收模拟参考(Arp et al.,1996;Zhu et al.,2003)、\$

; 生产力分配模拟参考ForNBM(Zhu et al.,2003)、\$

; 植被凋落物模拟(Zhu et al.,2003)

; Syntax: **EcoHAT_Nuptake_Procedure**,Alloc_txt,Demand_txt,LAI,LAI0,NPP,NPP0,Landuse,NO3_U, \$

NO3_L,FB0,Lit0,\$

Result1=Result1, Result2=Result2,Result3=Result3,Result4=Result4,Result5=Result5

;

*****输入说明 *****

;输入参数

;1、Alloc_txt 文本格式,比叶面积(SLA)、叶片凋落系数(affh)、根系凋落系数(Kra)

;2、Demand_txt 文本格式,各植被类型各组织的氮磷养分浓度、叶片养分返回系数(Kretra)、养分吸收分布参数(b)、根系深度

;3、LAI 二维栅格格式,浮点型,当日叶面积指数,单位:m2/m2

;4、LAI0 二维栅格格式,浮点型,前一日叶面积指数 ,单位:m2/m2

;5、NPP 二维栅格格式,浮点型,当日净第一性生产力,单位:gC/m2
;6、NPP0 二维栅格格式,浮点型,前一日净第一性生产力 ,单位:gC/m2
;7、Landuse 二维栅格格式,浮点型,土地利用类型 ,单位:无量纲
;8、NO3_U 二维栅格格式,浮点型,前一日土壤上层硝态氮含量,单位:kg/ha
;9、NO3_L 二维栅格格式,浮点型,前一日土壤下层硝态氮含量,单位:kg/ha
;10、FB0 二维栅格格式,浮点型,前一日叶片分配的NPP,单位:gC/m2
;11、Lit0 二维栅格格式,浮点型,前一日植被凋落物,单位:kg/ha

;*****输出说明 *****

;输出参数
;1、Nup 二维栅格格式,浮点型,当日植被生长吸收的氮,单位:kg/ha
;2、NO3_1U 二维栅格格式,浮点型,当日上层土壤硝态氮含量,单位:kg/ha
;3、NO3_1L 二维栅格格式,浮点型,当日下午土壤硝态氮含量,单位:kg/ha
;4、Lit 二维栅格格式,浮点型,当日植被凋落物,单位:kg/ha
;5、FB 二维栅格格式,浮点型,当日叶片分配的NPP,单位:gC/m2

;*****其他说明 *****

;Alloc_txt: 比叶面积(SLA)参考MOD17的查找表进行取值; 叶片凋落系数(affh)和根系凋落系数(Kra)

参考研究区历史资料或者实验测定结果

;以下为Alloc_txt.txt的示例数据

;类型 SLA affh Kra
;农田 36 0.001 0.3
;湿地 21.5 0.001 0.5
;草地 40 0.001 0.2
;林地 21.5 0.001 0.2
;水域 0 0 0

;Demand_txt:取值参考研究区历史资料或者实验测定结果

;以下为Demand_txt.txt的示例数据

```

;类型 叶片N/g/g 树干N/g/g 根系N/g/g 叶片P/g/g 树干P/g/g 根系P/g/g Kretra(N) Kretra(P) b root
;农田 0.014 0 0 0.0009856 0 0 0 0.6 400
;湿地 0.0041 0 0 0.0003142 0 0 0 0.4 400
;草地 0.0152 0 0 0.0009875 0 0 0 0.4 400
;林地 0.0011 0.0026 0.0017 0.0008000 0.002 0.0046 0.35 0.35 0.5 1000
;水域 0 0 0 0 0 0 0 0
;-----

```

11.4 氮的矿化&分解、反硝化函数

氮的矿化&分解、反硝化的规则如下：

```

;*****
;Name: EcoHAT_Nmindn_Procedure.PRO;
;FUNCTION: 计算氮的矿化&分解、反硝化过程
;Method: 参考SWAT模型
;Syntax: EcoHAT_Nmindn_Procedure,NPmindn_para_txt,NO3_U,NO3_L,NH4_U,NH4_L,$
ONA_U,ONA_L,ONS_U,ONS_L,Lit,SW_U,SW_L,FC_U,FC_L,Ts_U,Ts_L,ONF_U,OC_U,OC_L,$
Result1=Result1,Result2=Result2,Result3=Result3,Result4=Result4,Result5=Result5,Result6=Result6,$
Result7=Result7,Result8=Result8,Result9=Result9,Result0=Result0
;-----
;*****输入说明 *****
;输入参数
;1、NPmindn_para_txt 文本格式,矿化速率常数(Bmin)、新鲜有机养分的矿化系数(Brsd)、反硝化系数
(Bdenit)、反硝化发生的阈值水分影响因子(Rswthr)、活跃有机氮比例(fractN)。
;2、NO3_U 二维栅格格式,浮点型,前一日上层土壤硝态氮含量,单位:kg/ha
;3、NO3_L 二维栅格格式,浮点型,前一日下层土壤硝态氮含量,单位:kg/ha
;4、NH4_U 二维栅格格式,浮点型,前一日上层土壤氨氮含量,单位:kg/ha
;5、NH4_L 二维栅格格式,浮点型,前一日下层土壤氨氮含量,单位:kg/ha
;6、ONA_U 二维栅格格式,浮点型,前一日上层土壤活跃态有机氮含量,单位:kg/ha
;7、ONA_L 二维栅格格式,浮点型,前一日下层土壤活跃态有机氮含量,单位:kg/ha

```

;8、ONS_U 二维栅格格式,浮点型,前一日上层土壤稳定态有机氮含量,单位:kg/ha
;9、ONS_L 二维栅格格式,浮点型,前一日下层土壤稳定态有机氮含量,单位:kg/ha
;10、Lit 二维栅格格式,浮点型,前一日植被凋落物,单位:kg/ha
;11、SW_U 二维栅格格式,浮点型,前一日上层土壤实际含水量,单位:%
;12、SW_L 二维栅格格式,浮点型,前一日下层土壤实际含水量,单位:%
;13、FC_U 二维栅格格式,浮点型,上层土壤田间含水量,单位:%
;14、FC_L 二维栅格格式,浮点型,下层土壤田间含水量,单位:%
;15、Ts_U 二维栅格格式,浮点型,当日上层土壤温度,单位:°C
;16、Ts_L 二维栅格格式,浮点型,当日下层土壤温度,单位:°C
;17、ONF_U 二维栅格格式,浮点型,前一日上层新鲜有机氮含量,单位:kg/ha
;18、OC_U单位为kg/ha 二维栅格格式,浮点型 ,上层有机碳含量,单位:kg/ha
;19、OC_L单位为kg/ha 二维栅格格式,浮点型 ,下层有机碳含量,单位:kg/ha

;-----

*****输出说明 *****

;输出参数;

;1、NO3_2U 二维栅格格式,浮点型,当日土壤上层硝态氮含量,单位:kg/ha
;2、NO3_2L 二维栅格格式,浮点型,当日土壤下层硝态氮含量,单位:kg/ha
;3、ONA_2U 二维栅格格式,浮点型,当日土壤上层活跃态有机氮含量,单位:kg/ha
;4、ONA_2L 二维栅格格式,浮点型,当日土壤下层活跃态有机氮含量,单位:kg/ha
;5、ONS_2U 二维栅格格式,浮点型,当日土壤上层稳定态有机氮含量,单位:kg/ha
;6、ONS_2L 二维栅格格式,浮点型,当日土壤下层稳定态有机氮含量,单位:kg/ha
;7、ONF_2U 二维栅格格式,浮点型,当日土壤上层新鲜有机氮含量,单位:kg/ha
;8、Lit2 二维栅格格式,浮点型,当日植被凋落物,单位:kg/ha
;9、NH4_2U 二维栅格格式,浮点型,当日土壤上层氨氮含量,单位:kg/ha
;10、NH4_2L 二维栅格格式,浮点型,当日土壤下层氨氮含量,单位:kg/ha

;-----

*****其他说明 *****

;NPmindn_para_txt: 数据来自研究区历史资料或者实验测定结果。\$

;没有数据情况下,可采用SWAT模型默认值:\$

```

;矿化速率常数(Bmin)默认值为0.0003;$
;新鲜有机养分的矿化系数(Brsd) 默认值为0.05;$
;反硝化系数(Bdenit) 取值范围为0.0-3.0，默认值为1.4;$
;反硝化发生的阈值水分影响因子(Rswthr) 默认值为1.1; $
;活跃有机氮比例(fractN)默认值为0.02。
;以下为NPmindn_para_txt.txt的示例数据
;class Bmin Brsd Bdenit Rswthr fractN
;1 0.0003 0.05 2 1.1 0.02
;2 0 0 0 0 0
;-----

```

11.5 氮的硝化&氨化函数

氮的硝化&氨化的规则如下：

```

;*****
; Name: EcoHAT_NitvoN_Procedure.PRO;
; FUNCTION: 计算氮的硝化&氨化过程
; Method: 参考SWAT模型
; Syntax: EcoHAT_NitvoN_Procedure,NO3_U,NO3_L,NH4_U,NH4_L,WP_U,WP_L,SW_U,SW_L, $
          FC_U, FC_L,Ts_U, Ts_L, $
          Result1=Result1,Result2=Result2,Result3=Result3,Result4=Result4
;-----
;*****输入说明 *****
;输入参数
;1、 NO3_U 二维栅格格式,浮点型,前一日上层土壤硝态氮含量,单位:kg/ha
;2、 NO3_L 二维栅格格式,浮点型,前一日下层土壤硝态氮含量,单位:kg/ha
;3、 NH4_U 二维栅格格式,浮点型,前一日上层土壤氨氮含量,单位:kg/ha
;4、 NH4_L 二维栅格格式,浮点型,前一日下层土壤氨氮含量,单位:kg/ha
;5、 WP_U 二维栅格格式,浮点型,上层土壤凋萎含水量,单位:%
;6、 WP_L 二维栅格格式,浮点型,下层土壤凋萎含水量,单位:%

```

```

;7、SW_U 二维栅格格式,浮点型,上层土壤实际含水量,单位:%
;8、SW_L 二维栅格格式,浮点型,下层土壤实际含水量,单位:%
;9、FC_U 二维栅格格式,浮点型,上层土壤田间含水量,单位:%
;10、FC_L 二维栅格格式,浮点型,下层土壤田间含水量,单位:%
;11、Ts_U 二维栅格格式,浮点型,当日上层土壤温度,单位:°C
;12、Ts_L 二维栅格格式,浮点型,当日下层土壤温度,单位:°C
;-----
;*****输出说明 *****
;
;输出参数
;1、NO3_3U 二维栅格格式,浮点型,当日上层土壤硝态氮含量,单位:kg/ha
;2、NO3_3L 二维栅格格式,浮点型,当日下层土壤硝态氮含量,单位:kg/ha
;3、NH4_3U 二维栅格格式,浮点型,当日上层土壤氨氮含量,单位:kg/ha
;4、NH4_3L 二维栅格格式,浮点型,当日上层土壤氨氮含量,单位:kg/ha
;-----
;*****其他说明 *****

```

11.6 氮的大气沉降

氮的大气沉降的规则如下:

```

;*****
;Name: EcoHAT_Nrainfall_Procedure.PRO;
;FUNCTION: 计算氮的大气沉降过程
;Method:参考SWAT模型
;Syntax: EcoHAT_Nrainfall_Procedure,Nrain_txt,Precipitation,NO3_U,$
          Result1=Result1
;-----
;*****输入说明 *****
;
;输入参数
;1、Nrain_txt 文本格式,降雨中氮的浓度(RNO3)
;2、Precipitation 二维栅格格式,浮点型,当日降水量,单位:mm

```

;3、NO3_U 二维栅格格式,浮点型,前一日土壤上层硝态氮含量,单位:kg/ha

;-----

*****输出说明 *****

;输出参数

;1、NO3_4U 二维栅格格式,浮点型,当日土壤上层硝态氮含量,单位:kg/ha

;-----

*****其他说明 *****

;Nrain_txt 降雨中氮的浓度(RNO3)参考研究区历史资料或者实验测定结果。没有数据情况下,可采用SWAT模型默认值为1.0 mg N/L。

;以下为Nrain_txt.txt的示例数据

;Nrain concentration(mg/L)

;1 1.0

;2 0

;-----

11.7 溶解态氮迁移函数

溶解态氮迁移的规则如下:

; Name: EcoHAT_Nmove_Procedure.PRO;

; FUNCTION: 计算溶解态氮迁移过程

; Method: 参考SWAT模型

; Syntax: **EcoHAT_Nmove_Procedure**,NO3move_txt,Rs,NO3_U,NO3_L,perc_U,perc_L,Interflow,Rg, \$

SAT_U,SAT_L,Bulkd,\$

Result1=Result1,Result2=Result2,Result3=Result3,Result4=Result4,Result5=Result5,Result6=Result6

;-----

*****输入说明 *****

;输入参数

;1、NO3move_txt 文本格式,硝酸盐渗漏系数(BNO3)、ANION_EXCL、地下径流中硝酸盐含量

(GW_NO3)

```

;2、Rs 二维栅格格式,浮点型,当日地表径流 ,单位:mm
;3、NO3_U 二维栅格格式,浮点型,前一日上层土壤硝态氮含量,单位:kg/ha
;4、NO3_L 二维栅格格式,浮点型,前一日下层土壤硝态氮含量,单位:kg/ha
;5、perc_U 二维栅格格式,浮点型,当日上层渗漏水量,单位:mm
;6、perc_L 二维栅格格式,浮点型,当日下层渗漏水量,单位:mm
;7、Interflow 二维栅格格式,浮点型,当日壤中流,单位:mm
;8、Rg 二维栅格格式,浮点型,栅格格式,当日地下径流,单位:mm
;9、SAT_U 二维栅格格式,浮点型,上层土壤饱和含水量,单位:%
;10、SAT_L 二维栅格格式,浮点型,下层土壤饱和含水量,单位:%
;11、Bulkd 二维栅格格式,浮点型,土壤容重,单位:Mg/m3
;-----
;*****输出说明 *****
;输出参数
;1、NO3_5U 二维栅格格式,浮点型,当日土壤上层硝态氮含量,单位:kg/ha
;2、NO3_5L 二维栅格格式,浮点型,当日土壤下层硝态氮含量,单位:kg/ha
;3、NO3surf 二维栅格格式,浮点型,当日随地表径流流失的硝态氮,单位:kg/ha
;4、NO3lat 二维栅格格式,浮点型,当日随壤中流流失的硝态氮,单位:kg/ha
;5、NO3perc 二维栅格格式,浮点型,当日随渗漏流失的硝态氮,单位:kg/ha
;6、NO3gw 二维栅格格式,浮点型,当日随地下径流流失的硝态氮,单位:kg/ha
;-----
;*****其他说明 *****
;NO3move_txt:硝酸盐渗漏系数(BNO3)、ANION_EXCL、地下径流中硝酸盐含量(GW_NO3) 参考研
究区历史资料或者实验测定结果。$
;没有数据情况下,可采用SWAT模型默认值:硝酸盐渗漏系数(BNO3) 取值范围为0.01-1.0,默认值
为0.2;孔隙度分数(ANION_EXCL)默认值为0.5。
;以下为NO3move_txt.txt的示例数据
;class BNO3 ANION_EXCL GW_NO3
;1 0.2 0.3 0.001
;2 0 0 0

```

11.8 吸附态氮迁移函数

吸附态氮迁移的规则如下:

```
*****  
; Name: EcoHAT_Erosion_ON_Procedure.PRO;  
; FUNCTION: 计算吸附态氮迁移过程  
; Method: 参考SWAT模型  
; Syntax: EcoHAT_Erosion_ON_Procedure,ONF_U,ONS_U,ONA_U,Bulkd,Sed,Rs,$  
Result1=Result1,Result2=Result2,Result3=Result3,Result4=Result4  
;-----  
*****输入说明 *****  
;输入参数  
;1、 ONF_U 二维栅格格式,浮点型,前一日上层土壤新鲜有机氮含量,单位:kg/ha  
;2、 ONS_U 二维栅格格式,浮点型,前一日上层土壤稳定态有机氮含量,单位:kg/ha  
;3、 ONA_U 二维栅格格式,浮点型,前一日上层土壤活跃态有机氮含量,单位:kg/ha  
;4、 Bulkd 二维栅格格式,浮点型,土壤容重,单位:Mg/m3  
;5、 Sed 二维栅格格式,浮点型,当日土壤侵蚀量,单位:t/m2  
;6、 Rs 二维栅格格式,浮点型,当日地表径流 ,单位:mm  
;-----  
*****输出说明 *****  
;输出参数  
;1、 ONsurf 二维栅格格式,浮点型,当日随地表径流流失的有机氮,单位:kg/ha  
;2、 ONF_6U 二维栅格格式,浮点型,当日上层土壤新鲜有机氮含量,单位:kg/ha  
;3、 ONS_6U 二维栅格格式,浮点型,当日上层土壤稳定态有机氮含量,单位:kg/ha  
;4、 ONA_6U 二维栅格格式,浮点型,当日上层土壤活跃态有机氮含量,单位:kg/ha  
;-----  
*****其他说明 *****  
;
```

12、P 迁移模型

12.1 磷元素模型概况

磷元素模型包括 6 个函数，见下表：

表 12-1 土壤磷素迁移转化函数集

序号	函数名	名称	功能	结果输出	算法来源	备注
1	EcoHAT_Fert_P_Procedure	磷素施肥函数	计算施肥后土壤上层可溶性磷的含量。	1) PSO_U 当日上层可溶性磷 栅格 (kg/ha)	《生态水文模型与应用》P108	
2	EcoHAT_Puptake_Procedure	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。	1) Pup 当日植被生长吸收的磷 栅格 (kg/ha) 2) PSO_U 当日上层可溶性磷 栅格 (kg/ha) 3) PSO_L 当日下层可溶性磷 栅格 (kg/ha) 4) Lit 当日植被凋落物 栅格 (kg/ha) 5) FB 当日叶片分配的 NPP 栅格 (kg/ha)	《生态水文模型与应用》 P70-73 1) 比叶面积、叶片凋落系数和根系凋落系数文本内容参见《遥感水文数字实验》159-161 页 2) 植被不同组织营养元素浓度文本内容参见《遥感水文数字实验》159-161 页	
3	EcoHAT_Pmindn_Procedure	矿化分解函数	模拟计算土壤中有机质矿化和分解为不同形态磷。	1) PSO_U 当日上层可溶性磷 栅格 (kg/ha) 2) PSO_L 当日上层可溶性磷 栅格 (kg/ha) 3) OP_U 当日上层有机磷 栅格 (kg/ha) 4) OP_L	《生态水文模型与应用》 P55 1) 矿化与分解系数文本内容参见《遥感水文数字实验》160 页	

				当日下午有机磷 栅格 (kg/ha) 5) OPF_U 当日上午新鲜有机 磷 栅格 (kg/ha) 6) Lit 当日植被凋落物 (kg/ha)		
4	EcoHAT_Pminr_Procedure	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。	1) PSO_U 当日上午可溶性磷 栅格 (kg/ha) 2) PSO_L 当日上午可溶性磷 栅格 (kg/ha) 3) MPA_U 当日上午活跃态矿 物质磷 栅格 (kg/ha) 4) MPA_L 当日下午活跃态矿 物质磷 栅格 (kg/ha) 5) MPS_U 当日上午稳定态矿 物质磷 栅格 (kg/ha) 6) MPS_L 当日下午稳定态矿 物质磷 栅格 (kg/ha)	《SWAT2005》 P209 1) 磷可用性指数文 本内容参见《遥感水 文数字实验》173 页	
5	EcoHAT_Soil_Erosion_P_Procedure	吸附态磷迁移计算函数	拟计算泥沙对磷的吸附量。	1) Psed 当日泥沙吸附的磷 栅格 (kg/ha) 2) OPF_U 当日上午新鲜有机 磷 栅格 (kg/ha) 3) MPS_U 当日上午稳定态矿 物质磷 栅格 (kg/ha) 4) MPA_U 当日上午活跃态矿	《生态水文模型与 应用》P109-110	

				物质磷 栅格 (kg/ha) 5) OP_U 当日上层有机磷 栅格 (kg/ha)	
6	EcoHAT_Pmove_Procedure	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。	1) PSO_U 当日上层可溶性磷 栅格 (kg/ha) 2) PSOfsurf 当日随地表径流流失的磷 栅格 (kg/ha) 3) PSOperc 当日随渗漏流失的磷 栅格 (kg/ha) 4) PSOfgw 当日随地下径流流失的磷 栅格 (kg/ha)	《生态水文模型与应用》P108 1) 溶解磷流失参数 文本 内容参见《遥感水文数字实验》173 页
备注：1) 磷素迁移转化六个函数存在计算顺序，程序中的计算顺序如上面所示；2) 输入文本内容参见示例数据文本的内容和形式；3) 结合《生态水文模型与应用》、《遥感水文》、《遥感水文数字实验》和《SWAT 理论 2005 版》。					

磷元素模型参数输入输出规则：（见遥感水文实验手册）

表 12-2 磷循环迁移模型输入参数列表

序号	输入参数	数据格式	内容	单位
1	Alloc_txt	文本格式	比叶面积(SLA)、叶片凋落系数(affh)、根系凋落系数(Kra)。	
2	Demand_txt	文本格式	各类型各组织的氮磷养分浓度、叶片养分返回系数(Kretra)、养分吸收分布参数(b)、根系深度。	
3	NPmindn_para_txt	文本格式	矿化速率常数(Bmin)、新鲜有机养分的矿化系数(Brsd)。	
4	Pminrl_para_txt	文本格式	磷可利用指数(pai)	
5	PSOfmove_txt	文本格式	磷渗漏系数(kperc)、地下径流中硝酸盐含量(GW_PSO)	
6	Landuse	栅格格式	土地利用类型	无量纲
7	FC_U	栅格格式	上层土壤田间含水量	%
8	FC_L	栅格格式	下层土壤田间含水量	%

9	OC_U	栅格格式	上层有机碳含量	kg/ha
10	OC_L	栅格格式	下层有机碳含量	kg/ha
11	Bulkd	栅格格式	土壤容重	Mg/m ³
12	LAI+日期	栅格格式	当日叶面积指数	m ² /m ²
13	LAI0+日期	栅格格式	前一日叶面积指数	m ² /m ²
14	NPP+日期	栅格格式	当日净第一性生产力	gC/m ²
15	NPP0+日期	栅格格式	前一日净第一性生产 力	gC/m ²
16	Ts_U+日期	栅格格式	当日上层土壤温度	°C
17	Ts_L+日期	栅格格式	当日下午土壤温度	°C
18	Rs+日期	栅格格式	当日地表径流	mm
19	Perc_U+日期	栅格格式	当日上层渗漏水量	mm
20	Rg+日期	栅格格式	当日地下径流	mm
21	Sed+日期	栅格格式	当日土壤侵蚀量	t/m ²
22	Lit+日期	栅格格式	前一日植被凋落物	kg/ha
23	FB+日期	栅格格式	前一日叶片分配的 NPP	gC/m ²
24	PSO_U+日期	栅格格式	前一日上层可溶性磷 含量	kg/ha
25	PSO_L+日期	栅格格式	前一日下层可溶性磷 含量	kg/ha
26	MPA_U+日期	栅格格式	前一日上层活跃态矿 物质磷含量	kg/ha
27	MPA_L+日期	栅格格式	前一日下层活跃态矿 物质磷含量	kg/ha
28	MPS_U+日期	栅格格式	前一日上层稳定态矿 物质磷含量	kg/ha
29	MPS_L+日期	栅格格式	前一日下层稳定态矿 物质磷含量	kg/ha
30	SW_U+日期	栅格格式	当日上层土壤实际含 水量	%
31	SW_L+日期	栅格格式	当日下午土壤实际含 水量	%
32	OPF_U+日期	栅格格式	前一日上层新鲜有机 磷含量	kg/ha
33	OP_U+日期	栅格格式	前一日上层有机磷含 量	kg/ha
34	OP_L+日期	栅格格式	前一日下层有机磷含 量	kg/ha
35	Fert_PSO_U+日期	栅格格式	施磷酸盐折纯量	kg/ha

表 12-3 磷循环迁移模型输出参数列表

序号	输出参数	数据格式	内容	单位
----	------	------	----	----

1	Lit+日期	栅格格式	植被凋落物	kg/ha
2	FB+日期	栅格格式	当日叶片分配的NPP	gC/m ²
3	PSO_U+日期	栅格格式	当日上层磷酸盐含量	kg/ha
4	PSO_L+日期	栅格格式	当日下午层磷酸盐含量	kg/ha
5	MPA_U+日期	栅格格式	当日上层活跃态矿物 质磷含量	kg/ha
6	MPA_L+日期	栅格格式	当日下午层活跃态矿物 质磷量	kg/ha
7	MPS_U+日期	栅格格式	当日上层稳定态矿物 质磷含量	kg/ha
8	MPS_L+日期	栅格格式	当日下午层稳定态矿物 质磷含量	kg/ha
9	OPF_U+日期	栅格格式	当日上层新鲜有机磷 含量	kg/ha
10	OP_U+日期	栅格格式	当日上层有机磷含量	kg/ha
11	OP_L+日期	栅格格式	当日下午层有机磷含量	kg/ha
12	Pup+日期	栅格格式	当日植被生长吸收的 磷	kg/ha
13	PSOsurf+日期	栅格格式	当日随地表径流流失 的磷	kg/ha
14	PSOperc+日期	栅格格式	当日随渗漏流失的磷	kg/ha
15	PSOgw+日期	栅格格式	当日随地下径流流失 的磷	kg/ha
16	Psed+日期	栅格格式	当日泥沙吸附的磷	kg/ha

12.2 磷素施肥函数

磷素施肥函数规则如下：

```

;*****
; Name: EcoHAT_Fert_P_Procedure.PRO
; FUNCTION: 计算农田施磷肥
; Method: 参考《生态水文模型与应用》P108
; Syntax: EcoHAT_Fert_P_Procedure,PSO_U,Fert_PSO_U,$
Result1=Result1
;-----
;*****输入说明*****
;1、PSO_U二维栅格格式,浮点型,前日上层可溶性磷含量,单位:kg/ha
;2、Fert_PSO_U二维栅格格式,浮点型,当日施磷酸盐折纯含量,单位:kg/ha

```

```

;-----
;*****输出说明*****
;1、PSO_0U二维栅格格式,浮点型,当日上午土壤硝态氮含量,单位:kg/ha
;-----
;*****其他说明*****

```

12.3 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

生产分配、植物凋落物计算和计算植物对磷元素的吸收函数规则如下：

```

;*****
; Name:   EcoHAT_Puptake_Procedure.PRO
; FUNCTION: 生产力分配、植物凋落物计算和计算植物对磷元素的吸收量三部分，请查阅《生态水文模型与应用》P70-73
; Syntax: EcoHAT_Puptake_Procedure,Alloc_txt,Demand_txt,LAI,LAI0,NPP,NPP0,Landuse,$
          PSO_U,PSO_L,FB0,Lit0,$
          Result1=Result1,Result2=Result2,Result3=Result3,Result4=Result4,Result5=Result5
;-----
;*****输入说明*****
;1、Alloc_txt文本文件，内容包括不同植被类型比叶面积（数组第一列）、叶片凋落系数（数组第二列）和根系凋落系数（数组第三列），用tab键分开，具体内容：
;
;   类型      SLA      affh      Kra
;   农田       36      0.001     0.3
;   湿地      21.5     0.001     0.5
;   草地       40      0.001     0.2
;   林地      21.5     0.001     0.2
;   水域        0        0         0
;

```

;2、Demand_txt文本文件，内容包括不同植被类型叶片氮素浓度（第一列）、不同植被类型枝干氮素浓度（第二列）、不同植被类型根系氮素浓度（第三列）、

;内容包括不同植被类型叶片磷素浓度（第四列）、不同植被类型枝干磷素浓度（第五列）、不同植被类型根系磷素浓度（第六列）、不同植被类型叶片氮素返回系数（第七列）、

;不同植被类型叶片磷素返回系数（第八列）、不同植被类型养分吸收分布参数（第九列）、根系深度（第十列），数值用Tba分开，具体内容：

;

;类型	叶片N/g/g	树干N/g/g	根系N/g/g	叶片P/g/g	树干P/g/g	根系P/g/g	Kretra(N)	Kretra(P)	b	root
;农田	0.014	0	0	0.0009856	0	0	0	0	0.6	400
;湿地	0.0041	0	0	0.0003142	0	0	0	0	0.4	400
;草地	0.0152	0	0	0.0009875	0	0	0	0	0.4	400
;林地	0.0011	0.0026	0.0017	0.0008000	0.002	0.0046	0.35	0.35	0.5	1000
;水域	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

;

;3、LAI二维栅格格式,浮点型,当日叶面积指数,单位:m2/m2

;4、LAI0二维栅格格式,浮点型,前日叶面积指数,单位:m2/m2

;5、NPP二维栅格格式,浮点型,当日净第一生产力,单位:gC/m2

;6、NPP0二维栅格格式,浮点型,当日净第一生产力,单位:gC/m2

;7、Landuse二维栅格格式,浮点型,土地利用图,单位:无量纲

;8、PSO_U二维栅格格式,浮点型,前日上层可溶性磷含量,单位:kg/ha

;9、PSO_L二维栅格格式,浮点型,前日下层可溶性磷含量,单位:kg/ha

;10、FB0二维栅格格式,浮点型,前日叶片分配的NPP,单位:gC/m2

;11、Lit0二维栅格格式,浮点型,前日植被凋落物,单位:kg/ha

;-----

*****输出说明*****

;1、Pup二维栅格格式,浮点型,当日植被生长吸收的磷,单位:kg/ha

;2、PSO_U二维栅格格式,浮点型,当日上层可溶性磷,单位:kg/ha

;3、PSO_L二维栅格格式,浮点型,当日下层可溶性磷,单位:kg/ha

;4、Lit二维栅格格式,浮点型,当日植被凋落物,单位:kg/ha

;5、FB二维栅格格式,浮点型,当日叶片分配的NPP,单位:gC/m2

;

*****其他说明*****

12.4 矿化分解函数

矿化分解函数规则如下:

; Name: EcoHAT_Pmindn_Procedure.PRO

; FUNCTION: 矿化与分解算法, 算法查阅《生态水文模型与应用》P55

; Syntax: **EcoHAT_Pmindn_Procedure**,NPmindn_para_txt,PSO_U,PSO_L,Lit,SW_U,SW_L,FC_U, \$

FC_L,Ts_U,Ts_L,OPF_U,OP_U,OP_L,OC_U,OC_L,\$

Result1=Result1,Result2=Result2,Result3=Result3,Result4=Result4,Result5=Result5,Result6=Result6

;

*****输入说明*****

;1、NPmindn_para_txt 文本格式,矿化速率常数(Bmin)、新鲜有机养分的矿化系数(Brsd)、反硝化系数(Bdenit)、

;反硝化发生的阈值水分影响因子(Rswthr)、活跃有机氮比例(fractN),用Tab键分开,具体内容包括:

;

;class Bmin Brsd Bdenit Rswthr fractN

;1 0.0003 0.05 2 1.1 0.02

;2 0 0 0 0 0

;

;2、PSO_U二维栅格格式,浮点型,前日上层可溶性磷含量,单位:kg/ha

;3、PSO_L二维栅格格式,浮点型,前日下层可溶性磷含量,单位:kg/ha

;4、Lit二维栅格格式,浮点型,前日植被凋落物,单位:kg/ha

;5、SW_U二维栅格格式,浮点型,当日上午土壤含水量,单位:%

;6、SW_L二维栅格格式,浮点型,当日下午土壤含水量,单位:%

;7、FC_U二维栅格格式,浮点型,上层田间含水量,单位:%

;8、FC_L二维栅格格式,浮点型,下层田间含水量,单位:%

```

;9、Ts_U二维栅格格式,浮点型,当日上午土壤温度,单位:%
;10、Ts_L二维栅格格式,浮点型,当日下午土壤温度,单位:%
;11、OPF_U二维栅格格式,浮点型,前日上午新鲜有机磷,单位:kg/ha
;12、OP_U二维栅格格式,浮点型,前日上午有机磷,单位:kg/ha
;13、OP_L二维栅格格式,浮点型,前日下午有机磷,单位:kg/ha
;14、OC_U二维栅格格式,浮点型,上层有机碳含量,单位:kg/ha
;15、OC_L二维栅格格式,浮点型,下层有机碳含量,单位:kg/ha
;-----
;*****输出说明*****
;1、PSO_U二维栅格格式,浮点型,当日上午可溶性磷,单位:kg/ha
;2、PSO_L二维栅格格式,浮点型,当日下午可溶性磷,单位:kg/ha
;3、OP_U二维栅格格式,浮点型,当日上午有机磷,单位:kg/ha
;4、OP_L二维栅格格式,浮点型,当日下午有机磷,单位:kg/ha
;5、OPF_U二维栅格格式,浮点型,当日上午新鲜有机磷,单位:kg/ha
;6、Lit二维栅格格式,浮点型,当日植被凋落物,单位:kg/ha
;-----

```

12.5 溶解态与稳定态磷素在磷池内的转换函数

溶解态和稳定态磷素在磷池内的转换函数规则如下:

```

;*****
;Name: EcoHAT_Pminr_Procedure.PRO
;FUNCTION: 溶解态与稳定态磷素在磷池内的转换, 算法查阅《SWAT理论, Version2005》P209
;Syntax: EcoHAT_Pminr_Procedure,Pminr1_para_txt,PSO_U,PSO_L,MPA_U,MPA_L,MPS_U,MPS_L,$
          Result1=Result1,Result2=Result2,Result3=Result3,Result4=Result4,Result5=Result5,Result6=Result6
;-----
;*****输入说明*****
;1、Pminr1_para_txt 文本格式,磷可利用指数 (pai), 用Tab键分开, 具体内同包括:
;
; plant      pai

```

```

;      1      0.4
;      2      0
;
;2、 PSO_U二维栅格格式,浮点型,前日上层可溶性磷含量,单位:kg/ha
;3、 PSO_L二维栅格格式,浮点型,前日下层可溶性磷含量,单位:kg/ha
;4、 MPA_U二维栅格格式,浮点型,前日上层活跃态矿物质磷,单位:kg/ha
;5、 MPA_L二维栅格格式,浮点型,前日下层活跃态矿物质磷,单位:kg/ha
;6、 MPS_U二维栅格格式,浮点型,前日上层稳定态矿物质磷,单位:kg/ha
;7、 MPS_L二维栅格格式,浮点型,前日下层稳定态矿物质磷,单位:kg/ha
;-----
;*****输出说明 *****
;1、 PSO_U二维栅格格式,浮点型,当日上层可溶性磷,单位:kg/ha
;2、 PSO_L二维栅格格式,浮点型,当日下层可溶性磷,单位:kg/ha
;3、 MPA_U二维栅格格式,浮点型,当日上层活跃态矿物质磷,单位:kg/ha
;4、 MPA_L二维栅格格式,浮点型,当日下层活跃态矿物质磷,单位:kg/ha
;5、 MPS_U二维栅格格式,浮点型,当日上层稳定态矿物质磷,单位:kg/ha
;6、 MPS_L二维栅格格式,浮点型,当日下层稳定态矿物质磷,单位:kg/ha
;-----
;*****其他说明 *****

```

12.6 吸附态磷迁移计算函数

吸附态磷迁移计算函数规则如下:

```

;*****
; Name:   EcoHAT_Soil_Erosion_P_Procedure.PRO
; FUNCTION: 吸附态磷迁移计算, 算法查阅《生态水文模型与应用》P109-110
; Syntax: EcoHAT_Soil_Erosion_P_Procedure,OPF_U,MPS_U,MPA_U,Bulkd,Sed,Rs,OP_U,$
;
;          Result1=Result1,Result2=Result2,Result3=Result3,Result4=Result4,Result5=Result5
;-----
;*****输入说明 *****

```

```

;1、OPF_U二维栅格格式,浮点型,前日上层新鲜有机磷,单位:kg/ha
;2、MPS_U二维栅格格式,浮点型,前日上层稳定态矿物质磷,单位:kg/ha
;3、MPA_U二维栅格格式,浮点型,前日上层活跃态矿物质磷,单位:kg/ha
;4、Bulkd二维栅格格式,浮点型,土壤容重,单位:Mg/m3
;5、Sed二维栅格格式,浮点型,当日土壤侵蚀量,单位:t/m2
;6、Rs二维栅格格式,浮点型,当日地表径流,单位:mm
;7、OP_U二维栅格格式,浮点型,前日上层有机磷,单位:kg/ha
;-----
;*****输出说明 *****
;1、Psed二维栅格格式,浮点型,当日泥沙吸附的磷,单位:kg/ha
;2、OPF_U二维栅格格式,浮点型,当日上层新鲜有机磷,单位:kg/ha
;3、MPS_U二维栅格格式,浮点型,当日上层稳定态矿物质磷,单位:kg/ha
;4、MPA_U二维栅格格式,浮点型,当日上层活跃态矿物质磷,单位:kg/ha
;5、OP_U二维栅格格式,浮点型,当日上层有机磷,单位:kg/ha
;-----
;*****其他说明 *****

```

12.7 溶解态磷迁移函数

溶解态磷迁移函数规则如下：

```

;*****
;Name: EcoHAT_Pmove_Procedure.PRO
;FUNCTION: 溶解态磷迁移计算，算法查阅《生态水文模型与应用》P108
;Syntax: EcoHAT_Pmove_Procedure,PSOmove_txt,Rs,PSO_U,perc_U,Rg,Bulkd,$
                                     Result1=Result1,Result2=Result2,Result3=Result3,Result4=Result4
;-----
;*****输入说明 *****
;1、PSOmove_txt文本文件，内容为磷渗漏系数（kperc）、土壤磷分配系数（ksurf）和地下径流中溶解态磷的浓度（GW_PSO），用Tab键分开，具体内容：
;

```

```

; a      kperc      ksurf      GW_PSO
; 1      10        175        0.001
; 2      0         0         0
;
;2、Rs二维栅格格式,浮点型,当日地表径流,单位:mm
;3、PSO_U二维栅格格式,浮点型,前日上层可溶性磷含量,单位:kg/ha
;4、perc_U二维栅格格式,浮点型,前日上层可溶性磷含量,单位:kg/ha
;5、Rg二维栅格格式,浮点型,当日地下径流,单位:mm
;6、Bulkd二维栅格格式,浮点型,土壤容重,单位:Mg/m3
;-----
;*****输出说明 *****
;1、PSO_U二维栅格格式,浮点型,当日上层可溶性磷,单位:kg/ha
;2、PSOsurf二维栅格格式,浮点型,当日随地表径流流失的磷,单位:kg/ha
;3、PSOperc二维栅格格式,浮点型,当日随渗漏流失的磷,单位:kg/ha
;4、PSOgw二维栅格格式,浮点型,当日随地下径流流失的磷,单位:kg/ha
;-----
;*****其他说明 *****

```

13、水压力模型（Waterstress）

13.1 水压力模型概况

水压力模型包括 7 个函数，见下表：

表 13-1 水压力模型函数集

序号	函数名	名称	功能	结果输出	算法来源	备注
1	EcoHAT_Catchment_Function	集水区函数	获取指定栅格上游集水区范围的函数	1) 指定栅格上游集水区范围的一维下标数组	D8 算法	
2	EcoHAT_Convenience_Function	取水便利性函数	计算指定两个栅格之间的取水便利性。	1) 两点之间的取水便利性指数，结果为归一化值。	周秋文. 国际河流空间非叠合水压力模型构建及	

					其在雅江流域的应用.[D]北京师范大学博士学位论文, 2014: 25.	
3	EcoHAT_Dcell_Function	下游栅格函数	计算指定栅格的下游栅格下标	指定栅格下游栅格的一维下标	D8 算法	
4	EcoHAT_Downcells_Function	下游栅格数组函数	计算指定栅格下游的栅格序列。	指定栅格下游所有栅格的一维下标数组	D8 算法	
5	EcoHAT_Intersect_Function	交集函数	求两个数组的交集	两个数组的交集, 无交集则返回-1		
6	EcoHAT_Supp_Function	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	两个数组的补集,		
7	EcoHAT_Outcell_Function	出水口函数	计算任意集水区的出水口	出水口一维下标的集合	D8 算法	
8	EcoHAT_Rregion_Function	合理取水范围函数	计算指定用水单元的合理取水范围	合理取水范围一维下标的集合	周秋文. 国际河流空间非叠合水压力模型构建及其在雅江流域的应用.[D]北京师范大学博士学位论文, 2014: 20-23.	
9	EcoHAT_Waterstress_Procedure	水压力模型主函数	计算栅格单元的水压力	1) 栅格水压力 2) 流域出口径流量	周秋文. 国际河流空间非叠合水压力模型构建及其在雅江流域的应用.[D]北京师范大学博士学位论文, 2014.	

备注: 无

水压力模型参数输入输出规则: (见遥感水文实验手册)

13.2 集水区函数

集水区函数规则如下:

*****提取集水区的函数*****

;作用: 指定栅格行列号, 提取该点以上集水区范围的程序

;输入: arcgis生成的流向文件; 指定点的行列号

;输出：与流向文件空间信息一致的二值图，像元值为1的区域是集水区范围,集水区范围包括当前指定栅格

;技术路线：

a、首先获取起始中心点（指定点）周边8个像元中流入中心点的像元（上游像元）下标，并将流向文件中对应的栅格值替换成预定的值

b、通过while循环，将上一步骤中获取的像元作为中心像元，分别得到上游像元的下标，并流向文件中对应栅格值替换

c、while循环不断重复b过程，直到找不到任何上游像元为止

d、周边8个像元的判断，通过if语句列举不同方位的像元应是什么像元值才会流入中心像元，共8种情形

e、流向计算采用D8算法，由arcgis软件生成

;注意事项：

;输入行列号时请注意，如果是从ENVI显示窗口获得行列号，请将获得的行列号各减去1，

;因为ENVI窗口的行列号是从1开始，而IDL数组行列号时从0开始

;Written by: 北京师范大学 地遥学院 生态水文小组 周秋文 2013.10.14

;modified time: 2013.11.18

;2014年1月8日，修改了提取集水区函数，原函数中提取完整的集水区，这样效率太低，

;现改为只提取圆形以内的集水区部分

function EcoHAT_Catchment_Function,flow_dir,circle,xpos,ypos

13.3 取水便利性函数

取水便利性函数规则如下：

;*****计算取水便捷性函数*****

;order为当前计算单元的一维下标，ge_reg为潜在取水像元集合的下标，C_ind为取水便捷性指数

;slope为坡度,dem为高程DEM,sizeimage为与研究区范围行列数一致的图像，用于读取行列数

;修改记录

;1、20140504：做了重大修改，原来计算高程极差和平均坡度时，统计范围是两点连线，但是获取两点连线的栅格数组下标比较费时，

; 现改为两点形成的矩形为Sa和Hd统计范围，避免循环，提高效率

function EcoHAT_Convenience_Function,order,ge_reg,slope,dem

13.4 下游栅格函数

下游栅格函数规则如下：

```
*****  
;  
;=====判断下游像元的函数=====  
  
FUNCTION EcoHAT_Dcell_Function,flow_dir,x,y  
  
;flow_dir为D8算法产生的流向矩阵，X为当前计算栅格的列号，Y为行号  
;d_cell为与当前计算栅格相邻的下游栅格的一维下标  
;流向文件的行列数必须与计算图像的行列数一致  
;流向文件的像元值必须为8个方向代码，研究区外像元值为0  
;Written by: 北京师范大学 地遥学院 生态水文小组 周秋文 2013.11.4
```

13.5 下游栅格数组函数

下游栅格数组函数规则如下：

```
*****  
;  
;=====获取全部下游栅格的下标=====  
  
FUNCTION EcoHAT_Downcells_Function,P,flow_dir,x_size,y_size  
  
;函数返回结果包括起点栅格  
;P为起点栅格一维下标（返回结果包括该栅格）  
;flow_dir为D8算法产生的流向矩阵，X为当前计算栅格的列号，Y为行号  
;d_cell为与当前计算栅格相邻的下游栅格的一维下标  
;流向文件的行列数必须与计算图像的行列数一致  
;流向文件的像元值必须为8个方向代码，研究区外像元值为0  
;Written by: 北京师范大学 地遥学院 生态水文小组 周秋文 2014.5.4
```

13.6 交集函数

交集函数规则如下：

;| 数组求交集

;;有交集则返回交集数组，无交集则返回-1

;+-----

function EcoHAT_Intersect_Function, a, b

13.7 补集函数

补集函数规则如下：

=====求补集的函数=====

FUNCTION EcoHAT_Supp_Function,A,B

;设有集合（数组）A和B，求属于A但是不属于B的元素

;Written by: 北京师范大学 地遥学院 生态水文小组 周秋文 2014.5.4

13.8 出水口函数

出水口函数规则如下：

;Sun-WSI模型估计合理取水范围的出流栅格下标函数

;该函数返回出流栅格的一维下标，出流栅格为区域径流流出该区域的栅格

function EcoHAT_Outcell_Function, regin_get,x_size,flow_dir

;regin_get为可能取水范围的下标

;x_size为列数

;flow_dir 为流向

13.9 合理取水范围函数

合理取水范围函数规则如下：

;Sun-WSI模型估计合理取水范围的函数

;该函数返回当前计算单元的合理取水范围的一维下标

function EcoHAT_Rregion_Function,order,ns,nl,flow_dir,pix_rad

;order为当前计算单元的一维下标

;ns和nl分别为列数和行数

;flow_dir为流向

;pix_rad 为取水半径

13.10 水压力模型主函数

水压力模型主函数规则如下：

;Written by: 北京师范大学 地遥学院 生态水文小组 周秋文 2014.1.8

;程序作用，计算逐栅格的水压力

;

;modified time: 2013.11.19

;修改内容，删除了逐栅格汇流部分，把该部分提出成独立程序

;2014年1月8日，修改了提取集水区函数，原函数中提取完整的集水区，这样效率太低，

;现改为只提取圆形以内的集水区部分

;2014年3月4日，本次改动较大

;修改了水压力计算，原来的计算方法是用需水量/可利用水资源量

;现改为实际取水量/可利用水资源量

;设定了最小环境流量，剩余的水量不能低于最小环境流量

;2014年3月6日，增加了水资源开发情景模块（径流调节）

;20140307最合适的程序

;20140422，规范了程序框架，写成工程模式，把各模块都写成了外部调用函数

pro EcoHAT_Waterstress_Procedure, Para_txt, Order_txt,AllImageData,Result=Result

14、城市雨洪（EcoHurban）

14.1 城市雨洪模型概况

城市雨洪模型包括 9 函数，见下表：

表 14-1 城市雨洪模型函数集

序号	函数名	名称	功能	结果输出	算法来源	备注
1	ecohurban_DirectSink_procedure	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(第一步计算)。	1) sink2 二维栅格格式,浮点型,洼地点空间分布图像文件,单位:无量纲 2) fdirfill 二维栅格格式,整型,修正后的流向图像文件,单位:无量纲 3) sink0 文本格式,洼地点信息文本文件,单位:无量纲 4) roadpoint_topo 文本格式,道路-交点拓扑文本文件,单位:无量纲 5) pointroad_topo 文本格式,交点-道路拓扑文本文件,单位:无量纲	D8 方向算法(地理信息系统空间分析教程,汤国安)P429	
2	ecohurban_NodeControlArea_procedure	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(第二步计算)。	1) node_flag 二维栅格格式,浮点型,每个栅格所属控制结点分类图像文件,单位:无量纲 2) node_dis 二维栅格格式,长整型,每个栅格到其控制结点的距离图像文件,单位:米 3) junct_area 文本格式,浮点型,控制结点控制面积文本文件,面积单位:(平	地理信息系统空间分析实验教程(汤国安)第十一章水文分析 P429	

				方米) 4) length 文本格式,浮点型,每个控制节点控制面积内汇流最远距离文本文件,单位:米	
3	ecohurban_SinkContribution_procedure	洼地点贡献区域获取函数	搜索各个洼地贡献区内的所有节点,并计算所有贡献节点到其洼地点的距离。	1) sink_basin 二维栅格格式,浮点型,集水区图像文件,单位:无量纲 2) contribution2 文本格式,浮点型,贡献区域文本文件(多个文本)	地理信息系统空间分析实验教程(汤国安)第十一章水文分析 P429
4	ecohurban_IsoChroned_procedure	等流时计算函数	计算各道路集水区等流时线流量过程(第四步计算)。	1) QT 道路集水区等流时线时段流量过程结果,文本文件,浮点型,单位:m ³ /s	遥感水文数字实验使用手册 P73
5	ecohurban_RoadRoutingModel_procedure	道路汇流函数	道路汇流(第五步计算)。	1) Q_Sink 所有洼地点时段流量过程结果,文本文件,浮点型,单位: m ³ /s	“贵阳蓝水绿水综合调控分析”项目城市雨洪模型 2015 年
备注: 1) 城市雨洪模型五个函数存在计算顺序, 程序中的计算顺序如上面所示; 2) 输入文本内容参见示例数据文本的内容和形式; 3) 结合《地理信息系统空间分析实验教程》、《遥感水文数字实验使用手册》。					

14.2 流向修正函数

```

;*****
;
;Name:   ecohurban_DirectSink_procedure.pro;
;FUNCTION: 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(第一步计算)
;Method: D8方向算法(地理信息系统空间分析教程,汤国安)P429
;Syntax: ecohurban_DirectSink_procedure, ns, nl, fdirfill0, road0, junctions0, eco_result0=eco_result0, $
        eco_result1=eco_result1, eco_result2=eco_result2, eco_result4=eco_result4, eco_result5=eco_result5
;-----
;*****输入说明*****
;输入参数
;1、fdirfill0 二维栅格格式,整型,初始流向栅格文件,单位:无量纲

```

```

;2、 road0 二维栅格格式,整型,道路网30m栅格数据 ,单位:无量纲

;3、 junctions0 二维栅格格式,浮点型,道路交点高程栅格数据,单位:无量纲

;-----

;*****输出说明 *****

;输出参数

;1、 sink2 二维栅格格式,浮点型,洼地点空间分布图像文件,单位:无量纲

;2、 fdirfill 二维栅格格式,整型,修正后的流向图像文件,单位:无量纲

;3、 sink0 文本格式,洼地点信息文本文件,[洼地点junctID,交点列,交点行],单位:无量纲

;4、 roadpoint_topo 文本格式,道路-交点拓扑文本文件,[道路编码,结点编号junctID1,结点编号junctID2],
单位:无量纲

;5、 pointroad_topo 文本格式,交点-道路拓扑文本文件,[结点编号junctID,道路编码1,道路编码2,道路编
码3,道路编码4,道路编码5],单位:无量纲

;-----

;*****其他说明 *****

;1、 改写procedure过程,从界面传入数据.

;2、 程序中print语句是为了方便设置断点查看变量信息, 若想提高运行效率可自行注释掉

;

;-----注意问题-----

;3、 road(道路编码要从1开始:1,2,3...)

;4、 要保证fdirfill、 road、 filldem三个文件的行列号和投影均一致;filldem精确边缘以外的区域最好设
置为Nan值

;5、 输入数据格式为envi标准格式或tif文件格式

;6、 ‘道路编码值’和‘道路交点高程值’不能有交集和重复相同的值,且均要大于0

;7、 注意根据实际数据道路段数量修改Line64数组code的列数(示例数据共 496条道路段)

;8、 由于分辨率问题示例数据code=518的道路查找交点出现问题,若不需要可注释掉Line262-265

;9、 在Line1304-1305人为指定一下或重新修改特殊的伪结点流向,若数据流向处理没问题可注释掉这
句

;-----

```

14.3 道路节点控制面积及距离属性获取函数

```
*****  
; Name:   ecohurban_NodeControlArea_procedure.pro;  
; FUNCTION: 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（第二步计算）  
; Method: 地理信息系统空间分析实验教程(汤国安)第十一章水文分析P429  
; Syntax: ecohurban_NodeControlArea_procedure, ns, nl, fdirfill0, junctions0, eco_result0=eco_result0, $  
eco_result1=eco_result1, eco_result2=eco_result2, eco_result3=eco_result3  
;-----  
;*****输入说明 *****  
;输入参数  
;1、 fdirfill0 二维栅格格式,整型,修正后的流向图像,单位:无量纲  
;2、 junctions0 二维栅格格式,浮点型,道路交点高程栅格数据 ,单位:无量纲  
;-----  
;*****输出说明 *****  
;输出参数  
;1、 node_flag 二维栅格格式,浮点型,每个栅格所属控制结点分类图像文件,单位:无量纲  
;2、 node_dis 二维栅格格式,长整型,每个栅格到其控制结点的距离图像文件,单位:米  
;3、 junct_area 文本格式,浮点型,控制结点控制面积文本文件,[交点:junctionID,pixels,area],面积单位:(平方  
米)  
;4、 length 文本格式,浮点型,每个控制结点控制面积内汇流最远距离文本文件,[交点  
junctionID,max_length],单位:米  
;-----  
;*****其他说明 *****  
;  
;-----
```

14.4 洼地点贡献区域获取函数

```
*****  
;  
; Name:   ecohurban_SinkContribution_procedure.pro;  
; FUNCTION: 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（第三步计算）  
;  
; Method: 地理信息系统空间分析实验教程(汤国安)第十一章水文分析P429  
;  
; Syntax: ecohurban_SinkContribution_procedure, ns, nl, sink_txt, fdirfill0, road0, junctions0, nodeflag0,  
outputDir, eco_result0=eco_result0  
;  
;-----  
; *****输入说明 *****  
;  
; 输入参数  
;  
; 1、 sink_txt 文本格式,浮点型,洼地点信息文本文件,单位:无量纲  
;  
; 2、 fdirfill0 二维栅格格式,整型,修正后的流向图像,单位:无量纲  
;  
; 3、 road0 二维栅格格式,整型,道路网30m栅格数据 ,单位:无量纲  
;  
; 4、 junctions0 二维栅格格式,浮点型,道路交点高程栅格数据,单位:无量纲  
;  
; 5、 nodeflag0 二维栅格格式,浮点型,每个栅格所属控制结点分类图像文件,单位:无量纲  
;  
; 6、 outputDir 输出路径,字符串型,单位:无量纲  
;  
;-----  
; *****输出说明 *****  
;  
; 输出参数  
;  
; 1、 sink_basin 二维栅格格式,浮点型,集水区图像文件,单位:无量纲  
;  
; 2、 contribution2 文本格式,浮点型,贡献区域文本文件（多个文本）,[交点junctID,列,行,贡献区域内当前交点至洼地点距离(m)]  
;  
;  
;-----  
; *****其他说明 *****  
;  
;  
;-----
```

14.5 等流时计算函数

```
*****  
;  
; Name:   ecohurban_IsoChrono_procedure.pro;  
; FUNCTION: 计算道路集水区等流时线流量过程（第四步计算）  
; Method: 遥感水文数字实验使用手册P73  
; Syntax: EcoHurban_IsoChrono_procedure,ns, nl, rain_txt, control_area, junct_maxlenfile, distancefile,  
flagfile, junctions_goo, v, dt, eco_result=eco_result  
;-----  
;*****输入说明*****  
;1、 rain_txt 时段降雨数据,文本格式,浮点型,单位: mm  
;2、 control_area 结点控制面积文件,文本格式,浮点型,面积单位:(平方米)  
;3、 junct_maxlenfile 最远汇流距离文件,文本格式,浮点型,单位:米  
;4、 distancefile 各栅格点至其控制结点的距离图层,二维栅格格式,浮点型,单位:米  
;5、 flagfile 各栅格点所属控制结点分类标识图像文件,二维栅格格式,浮点型,单位:无量纲  
;6、 junctions_goo 道路交点图像文件,二维栅格格式 ,浮点型,单位:无量纲  
;7、 v 流速,手动输入600,V单位: m/h  
;8、 dt 时间间隔分辨率,手动输入0.1,单位: h  
;-----  
;  
;*****输出说明*****  
;1、 QT 道路集水区等流时线时段流量过程结果,文本文件,浮点型,单位: m3/s  
;-----  
;*****其他说明 *****  
;1、 根据需要在Line 189修改最大时段数MaxTimeNumber变量值,避免数组溢出  
;-----
```

14.6 道路汇流函数

```
*****  
;
```

```

; Name:   ecohurban_RoadRoutingModel_procedure.pro;

; FUNCTION: 道路网络汇流（第五步计算）

; Method:

; Syntax: ecohurban_RoadRoutingModel_procedure, ContriSinkDir, QtDir, v2, dt, eco_result=eco_result

;-----
;*****输入说明 *****
;输入项:

;1、 ContriSinkDir 输入洼地贡献区文本文件的存放路径,字符串类型,单位: 无量纲

;2、 QtDir 输入等流时流量过程文本文件的存放路径,字符串类型,单位: 无量纲

;1、 v2 代表汇流过程的流速（默认值600）,V单位: m/h

;2、 dt 代表汇流过程的时间步长（默认值0.1）,单位: h

;-----
;*****输出说明 *****
;输出项:

;1、 Q_Sink 所有洼地点时段流量过程结果,文本文件,浮点型,单位: m3/s

;-----
;*****其他说明 *****
;1、 根据实际需要修改Line35的最大时段数MaxTimeNum值

;-----

```

15. 子函数 Procedure 列表

参见 EcoHAT 函数库.xlsx。