

# 斑块生成土地利用变化模拟模型介绍 (Patch-generating Land Use Simulation Model, PLUS)



开发团队: HPSCIL@CUG实验室

软件使用问题请联系: 梁迅 博士 (<u>liangxun@cug.edu.cn</u>)

团队负责人: 关庆锋 教授 (guanqf@cug.edu.cn)

中国地质大学(武汉)

地理与信息工程学院 & 国家GIS工程技术研究中心

高性能空间计算智能实验室 (HPSCIL)



# **CONTENT**

# 01 PLUS模型的基本原理 02 PLUS软件的使用教程



01

# PLUS模型的基本原理



地理元胞自动机(Cellular Automata, CA)的建模目的是为了辅助土地政策的制定(Sohl & Claggett, 2013)。然而大多数已有的CA模型过于关注模拟技术的提升和转化规则的校正, 顾及如何采用模拟技术加深对土地利用潜在驱动力的理解的研究相对较少(Cao, Tang, Shen, & Wang, 2015;Engelen, White, Maarten, & Bernhard, 2002)。

因此,对于决策者来说已有的CA模型往往: (1) 在探索土地利用变化的起因方面起到的作用比较有限 (Sohl & Claggett, 2013); (2) 难以时空动态地模拟多种土地利用类型的斑块级变化,特别是对于林地、草地等自然用地类型(Meentemeyer et al., 2013; Yang, Gong, Tang, & Liu, 2020)。

已有CA模型在转化规则挖掘策略和景观动态变化模拟策略两个方面都存在一定的不足,因而导致 这两方面在近几年的研究中没有获得足够的进展。

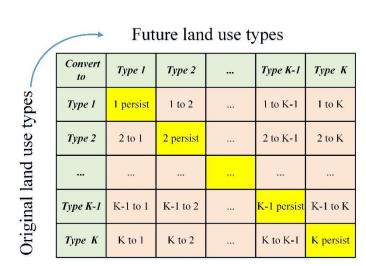


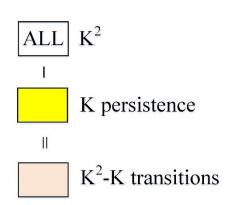
### 现有主要转化规则挖掘策略

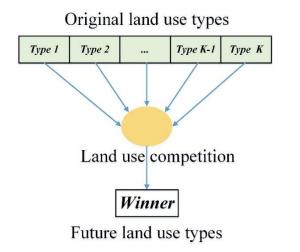


转化分析策略(TAS):需要提取两期土地利用数据之间各类用地相互转化的样本进行训练,基于转化概率进行模拟。包括logistic-CA(Wu & Webster, 1998),ANN-CA(Omrani el al., 2019)等。但在多类模拟中,转化类型随着类别的增加而呈指数增长( $K \rightarrow (K^2-K)$ )。从而导致模型复杂性增加,灵活度降低,并对挖掘算法提出了更高的要求。

格局分析策略(PAS): 仅需提取一期土地利用数据各类用地的样本进行训练,基于浮现概率和土地竞争进行模拟,包括CLUE-s (Verburg et al., 2002), Fore-SCE (Sohl & Sayler, 2008) 和FLUS (Liu et al., 2017) 等。该方法非常适用于多类土地利用模拟,但该策略不是基于一段时间内土地利用变化的建模,缺乏时段概念和对土地利用变化驱动机理的挖掘能力。







## 制约斑块级景观模拟的因素



模拟斑块生成的景观演化模拟有利于管理者提前对景观系统进行评价、规划、设计和管理 (Keane, Parsons, & Hessburg, 2002)。尽管研究者提出了一系列基于栅格或矢量数据模拟斑块变化的模型 (Yang, Gong, Tang, & Liu, 2020; Yao et al., 2017)。然而,这些模型普遍关注城市用地,很少关注 自然用地类型的斑块变化。

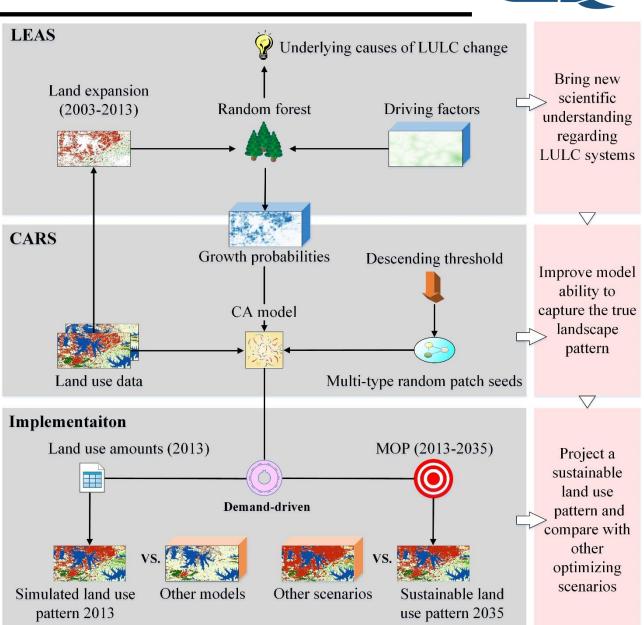
Sohl, el al., (2007) 提出了FORE-SCE可用于自然用地的斑块变化模拟。但该模型无法模拟有大量斑块扩张情况下的土地利用变化,所以该模型还是以简单的概率切割方法来模拟城市的发展。总的来说,已有研究缺乏一个灵活的处理多类土地利用斑块变化的机制,用于模拟精细尺度的土地利用变化。制约了CA在实际规划和土地政策制定方面的应用。

### 研究目的和意义



因此,本研究基于栅格数据,提出一种斑块 生成土地利用变化模拟模型(patch-generating land use simulation, PLUS), 该模型:

- 1)应用一种新的分析策略,可以更好地<mark>挖掘</mark> 各类土地利用变化的诱因。
- 2)包含一种新的多类种子生长机制,可以更好地模拟多类土地利用斑块级的变化。
- 3)与多目标优化算法耦合,模拟结果可以更好地支持规划政策以实现可持续发展。

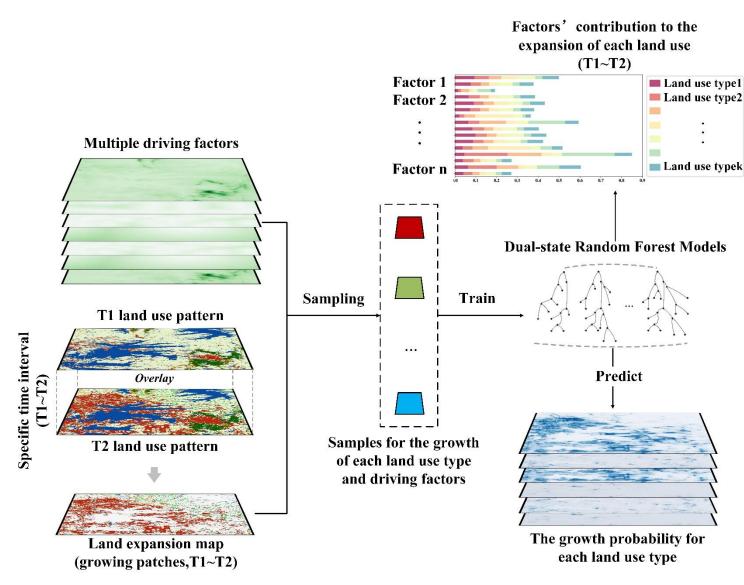


## 用地扩张分析策略 (LEAS)



该策略提取两期土地利用变化间各类用地扩张的部分。并从增加部分中采样,采用随机森林算法逐一对各类土地利用扩张和驱动力的因素进行挖掘。获取各类用地的发展概率,及驱动因素对该时段各类用地扩张的贡献。

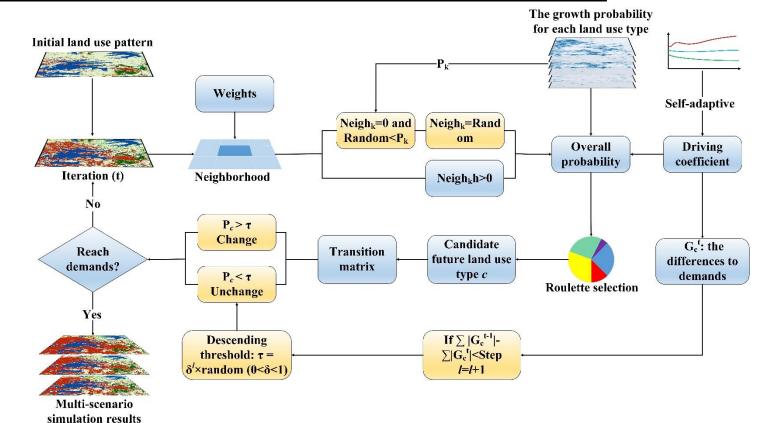
该策略融合已有TAS和PAS的优势,避免了对随着类别数量指数增长的转化类型进行分析;而且保留了模型在一定时间段分析土地利用变化机理的能力,具有更好的解释性。



## 基于多类随机斑块种子的CA模型 (CARS)



结合随机种子生成和阈值递减 机制,PLUS模型得以在发展概率的 约束下,时空动态地模拟斑块的自 动生成。



#### 多类随机种子生成

$$OP_{i,k}^{1,t} = \begin{cases} P_{i,k}^1 \times (r \times \mu_k) \times D_k^t & \text{if } \Omega_{i,k}^t = 0 \text{ and } r < P_{i,k}^1 \\ P_{i,k}^1 \times \Omega_{i,k}^t \times D_k^t & \text{all others} \end{cases}$$

$$\Omega_{i,k}^{t} = \frac{con(c_i^{t-1} = k)}{n \times n - 1} \times w_k$$

$$OP_{i,k}^{1,t} = \begin{cases} P_{i,k}^{1} \times (r \times \mu_{k}) \times D_{k}^{t} & \text{if } \Omega_{i,k}^{t} = 0 \text{ and } r < P_{i,k}^{1} \\ P_{i,k}^{1} \times \Omega_{i,k}^{t} \times D_{k}^{t} & \text{all others} \end{cases}$$

$$\Omega_{i,k}^{t} = \frac{con(c_{i}^{t-1} = k)}{n \times n - 1} \times w_{k}$$

$$D_{k}^{t} = \begin{cases} D_{k}^{t-1} & \text{if } |G_{k}^{t-1}| \leq |G_{k}^{t-2}| \\ D_{k}^{t-1} \times \frac{G_{k}^{t-2}}{G_{k}^{t-1}} & \text{if } 0 > G_{k}^{t-2} > G_{k}^{t-1} \\ D_{k}^{t-1} \times \frac{G_{k}^{t-1}}{G_{k}^{t-1}} & \text{if } G_{k}^{t-1} > G_{k}^{t-2} > 0 \end{cases}$$

#### 阈值递减

If 
$$\sum_{k=1}^{N} |G_c^{t-1}| - \sum_{k=1}^{N} |G_c^t| < Step$$
 Then,  $d = d + 1$ 

$$\begin{cases} Change & P_{i,c}^{1} > \tau \text{ and } TM_{k,c} = 1\\ Unchange & P_{i,c}^{1} \leq \tau \text{ or } TM_{k,c} = 0 \end{cases} \qquad \tau = \delta^{d} \times r$$



02

# PLUS软件的使用教程



### 软件下载



PLUS模型基于C++语言开发,采用开源库:

Alglib 3.9.2 (<a href="http://www.alglib.net/">http://www.alglib.net/</a>)

Qt 5 (<a href="https://www.qt.io/download/">https://www.qt.io/download/</a>)

GDAL 2.0.2 (<a href="http://www.gdal.org/">http://www.gdal.org/</a>)

- ✓ 土地利用/土地覆盖变化模拟
- ✓ 政策制定
- ✓ 土地利用变化规律挖掘
- ✓ 城市规划
- ✓ 生态安全预警

下载链接: <a href="https://github.com/HPSCIL/Patch-generating\_Land\_Use\_Simulation\_Model">https://github.com/HPSCIL/Patch-generating\_Land\_Use\_Simulation\_Model</a>

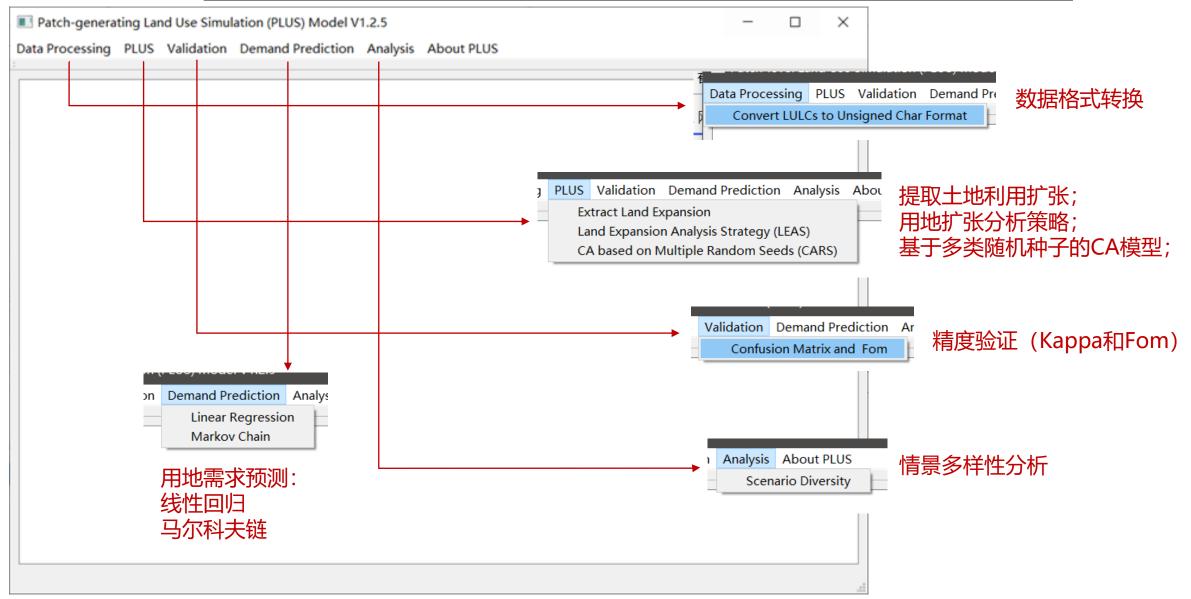


PLUS模型软件可以独立运行在Windows Vista/7/8/X64位环境,没有任何依赖和安装过程



### 主界面







# 测试数据



| 类型             | 数据               | 文件名                        | 描述  |  |  |
|----------------|------------------|----------------------------|---|--|--|
| 土地利用数据         | 武汉市2003年土地利用分类数据 | wh2003_refy.tif            | 1: 草地; 2: 落叶林; 3: 耕地;   |  |  |
| 上心小用软瓶         | 武汉市2013年土地利用分类数据 | wh2013_refy.tif            | 4: 建设用地; 5: 裸地; 6: 水域; 7: 常绿林地  |  |  |
| 限制转换区域数据       | 土地利用限制因素         | wh_open_water13.tif        |   |  |  |
|                | 人口               | wh_Pop.tif                 | http://www.geodoi.ac.cn/WebCn/Default.aspx  |  |  |
|                | GDP              | wh_gdp2010.tif             | Tittp://www.geodol.ac.ch/ webCh/ Deladit.aspx   |  |  |
|                | 到主干道距离           | wh_dist_trunk.tif          |   |  |  |
|                | 到一级道路距离          | wh_dist_primary.tif        |   |  |  |
| 社会经济数据         | 到二级道路距离          | wh_dist_secondary.tif      | OpenStreetMap<br>(https://www.openstreetmap.org/)   |  |  |
| 1172:11/198/16 | 到三级道路距离          | wh_dist_teriary.tif        | (https://www.openstreetmap.org/)  |  |  |
|                | 到铁路距离            | wh_dist_railway.tif        |   |  |  |
|                | 到高速公路距离          | wh_dist_highway.tif        |   |  |  |
|                | 到高铁站距离           | wh_dist_highspdstation.tif | http://lbsyun.baidu.com/  |  |  |
|                | 到政府距离            | wh_dist_gov.tif            |   |  |  |
|                | 土壤类型             | wh_soiltype.tif            | HWSD v 1.2<br>(http://westdc.westgis.ac.cn/data/844010ba-d359-<br>4020-bf76-2b58806f9205) |  |  |
|                | 年平均温度            | wh_df_tem.tif              | WorldClim v2.0  |  |  |
| 气候和环境数据        | 年平均降水量           | wh_df_pre.tif              | (http://www.worldclim.org/)   |  |  |
|                | 高程               | wh_df_dem.tif              | NASA SRTM1 v3.0   |  |  |
|                | 坡度               | wh_df_slope.tif            | INASA SKIIVII VS.U  |  |  |
|                | 到水域的距离           | wh_dist_openwater.tif      |   |  |  |

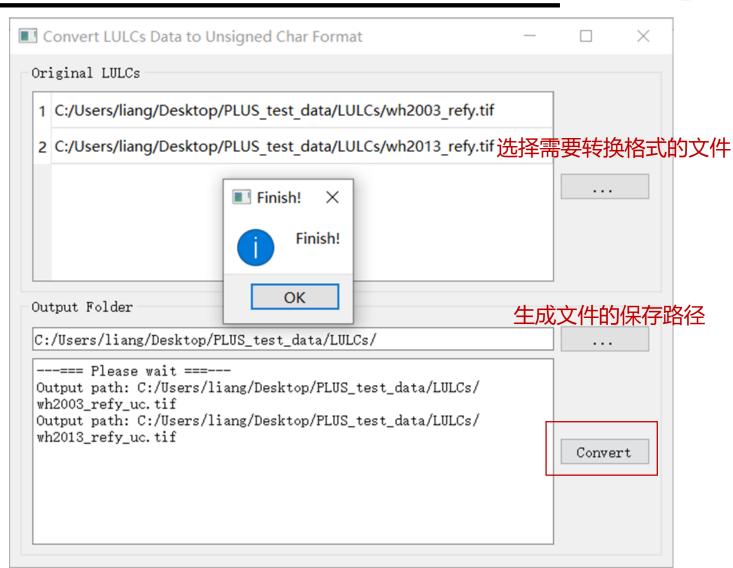


### 数据处理-格式转换



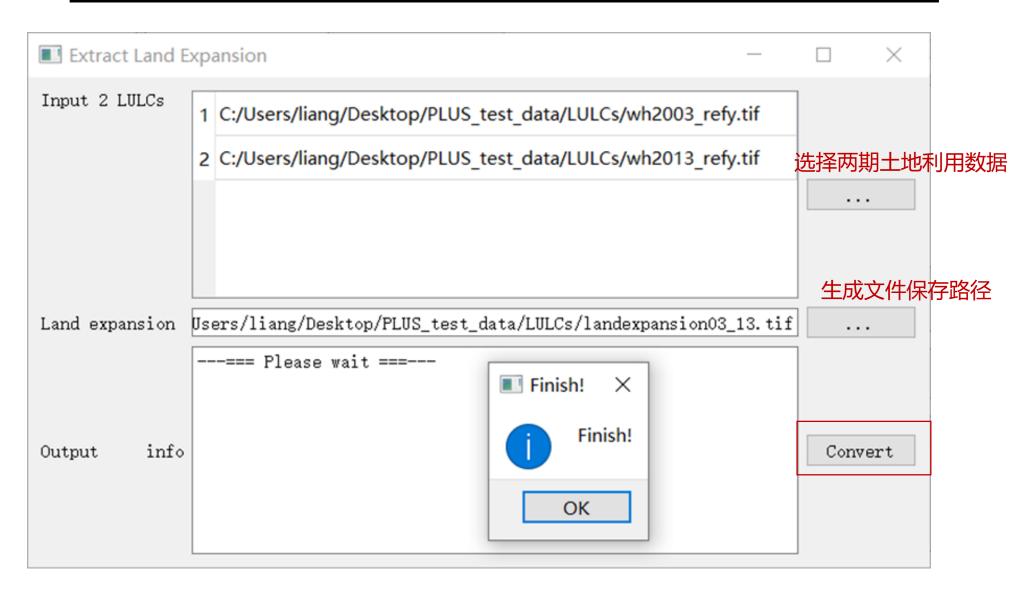
#### 数据格式说明

- ✓ PLUS仅支持 'unsigned char' 格式的土地利用数据,建议使用前将土地利用数据转换为 'unsigned char' 格式 (只用转土地利用数据和限制发展区域,其他驱动力数据不用经过 这部转化,千万不要进行多余的转化);
- ✓ 土地利用数据分类编号必须从1开始;
- ✓ 土地利用约束数据必须为只包含0和1的影像(0: 限制转换区域; 1: 其他)
- ✓ 在这一步,所有土地利用数据的行列数必须一致。
- ✓ 本软件必须一律使用英文路径,不支持中文, 任何文件夹和文件都不要用数字开头,必须是 字母!!!!



## PLUS-提取土地利用扩张







## PLUS-用地扩张分析策略 (LEAS)



| ■ LEAS   |   | – 🗆 × |
|--|---|-------|
| make df-trees success = 1 A  | Input Raster  |       |
| OOB RMSE = 0.170004<br>Run time: 2.219<br>Contribution:,<br>0.0647884,0.0899228,0.037<br>8989,0.136664,0.11962,0.0                                     | Land expansion map 1 E:/PLUS_Model/PLUS_test_data/result/expan_landuse_1to2.tif   |       |
| 582762, 0. 0452048, 0. 039917<br>6, 0. 0388703, 0. 0572426, 0. 0<br>564872, 0. 0482233, 0. 097136<br>3, 0. 0807426, 0. 0144599, 0. 0<br>14545          | Folder of driving factors E:/PLUS_Model/PLUS_test_data/dringfactor/   |       |
| Trees: 20 NVar(mtry):16 Type 1 make df-trees success = 1 RMSE = 0.0826943  | 1 E:/PLUS_Model/PLUS_test_data/dringfactor/wh_Pop.tif 2 E:/PLUS_Model/PLUS_test_data/dringfactor/wh_df_dem.tif 3 E:/PLUS Model/PLUS test data/dringfactor/wh df pre.tif |       |
| 00B RMSE = 0.234777<br>Run time: 2.859<br>Contribution:,<br>0.137463, 0.0501319, 0.0605<br>88, 0.0704947, 0.0447759, 0.<br>0662972, 0.0722489, 0.04337 | File list in the folder  4 E:/PLUS_Model/PLUS_test_data/dringfactor/wh_df_slope.tif  5 E:/PLUS_Model/PLUS_test_data/dringfactor/wh_df_tem.tif                           |       |
| 7, 0. 0406332, 0. 0816894, 0. 0<br>390016, 0. 0558502, 0. 121631<br>, 0. 0541196, 0. 0159955, 0. 04<br>5703  | 6 E:/PLUS_Model/PLUS_test_data/dringfactor/wh_dist_gov.tif  |       |
| Trees: 20 NVar(mtry):16 Type 2 make df-trees success = 1 RMSE = 0.139124 00B RMSE = 0.397095   | Random Forest Regression (RFR)  Number of regression tree 20 Sampling rate 0.01 mTry 16   | â     |
| Run time: 3.64<br>Contribution:,<br>0.0992912, 0.0337286, 0.087<br>2733, 0.0550123, 0.04433, 0.<br>0464458, 0.051778, 0.125193                         | Output Raster  Development potential E:/PLUS_Model/PLUS_test_data/pro/pro0313.tif   | ···   |
| , 0. 0653342, 0. 051251, 0. 047<br>3149, 0. 102684, 0. 0532088, 0<br>. 0825385, 0. 0214156, 0. 0332<br>01  | Operating Parameters  Thread 4 -  |       |
| Trees: 20 NVar(mtry):16 Type 3 make df-trees success = 1   |   | Start |

#### 输入和输出

- ✓ 选择提取好的土地利用扩张数据;
- / 选中存放所有驱动因素的文件夹;
- ✓ 生成每类用地发展概率,填写文件保 存路径。

#### LEAS模块特点

LEAS包含坐标对齐功能。即用户可以输入常见坐标的驱动因素数据,可以不用重采样,不用保持行列号的一致,支持输入不同分辨率的数据,甚至不用对驱动因素数据进行剪裁(驱动因素的范围大于研究区的情况下,软件会自动定位到土地利用数据的范围,此功能仅限于LEAS)。然而,还是报错(或输出空值)的话,可以先放入一个驱动因子,看看能不能运行;如果可以,逐一加入其它驱动因子,直到报错为止。这样就可以找到报错的驱动因子,将这些驱动因子的坐标投影和行列数与landexpansion map统一,软件必然可以正常运行。



# PLUS-用地扩张分析策略 (LEAS)



| ■ LEAS  |  | – 🗆 ×  |  |  |  |  |  |
|---|--|--|--|--|--|--|--|
| make df-trees success = 1   | Input Raster   |  |  |  |  |  |  |
| RMSE = 0.0594381<br>00B RMSE = 0.170004<br>Run time: 2.219<br>Contribution:,  | Land expansion map   |  |  |  |  |  |  |
| 0. 0647884, 0. 0899228, 0. 037<br>8989, 0. 136664, 0. 11962, 0. 0<br>582762, 0. 0452048, 0. 039917<br>6, 0. 0388703, 0. 0572426, 0. 0 | T1>T2  |  |  |  |  |  |  |
| 564872, 0. 0482233, 0. 097136<br>3, 0. 0807426, 0. 0144599, 0. 0  | Folder of driving factors  | E:/PLUS_Model/PLUS_test_data/dringfactor/                  |  |  |  |  |  |
| 14545<br>Trees: 20 NVar(mtry):16  |  | 1 E:/PLUS_Model/PLUS_test_data/dringfactor/wh_Pop.tif      |  |  |  |  |  |
| Type 1 make df-trees success = 1  |  | 2 E:/PLUS_Model/PLUS_test_data/dringfactor/wh_df_dem.tif   |  |  |  |  |  |
| RMSE = 0.0826943<br>OOB RMSE = 0.234777   | File list in the folder  | 3 E:/PLUS_Model/PLUS_test_data/dringfactor/wh_df_pre.tif   |  |  |  |  |  |
| Run time: 2.859<br>Contribution:,<br>0.137463,0.0501319,0.0605  | File list in the lolder  | 4 E:/PLUS_Model/PLUS_test_data/dringfactor/wh_df_slope.tif |  |  |  |  |  |
| 88, 0. 0704947, 0. 0447759, 0. 0662972, 0. 0722489, 0. 04337  |  | 5 E:/PLUS_Model/PLUS_test_data/dringfactor/wh_df_tem.tif   |  |  |  |  |  |
| 7, 0. 0406332, 0. 0816894, 0. 0<br>390016, 0. 0558502, 0. 121631  |  | 6 E:/PLUS_Model/PLUS_test_data/dringfactor/wh_dist_gov.tif |  |  |  |  |  |
| , 0. 0541196, 0. 0159955, 0. 04<br>5703   | Uniform sampling   |  |  |  |  |  |  |
| Trees: 20 NVar(mtry):16   | Random Forest Regression   | (RFR)  |  |  |  |  |  |
| Type 2 make df-trees success = 1 RMSE = 0.139124 00B RMSE = 0.397095  | Number of regression tree  | 20 Sampling rate 0.01 mTry 16                              |  |  |  |  |  |
| Run time: 3.64 Contribution:,   | Output Raster  |  |  |  |  |  |  |
| 0. 0992912, 0. 0337286, 0. 087<br>2733, 0. 0550123, 0. 04433, 0.<br>0464458, 0. 051778, 0. 125193                                     | Development potential E:/PLUS_Model/PLUS_test_data/pro/pro0313.tif |  |  |  |  |  |  |
| , 0. 0653342, 0. 051251, 0. 047<br>3149, 0. 102684, 0. 0532088, 0   | Operating Parameters   |  |  |  |  |  |  |
| . 0825385, 0. 0214156, 0. 0332<br>01  | Thread   | 4 -  |  |  |  |  |  |
| Trees: 20 NVar(mtry):16 Type 3 make df-trees success = 1  | 运行参数设置   | :并行线程数量,提高运行速度 Start                                       |  |  |  |  |  |

#### 参数设置

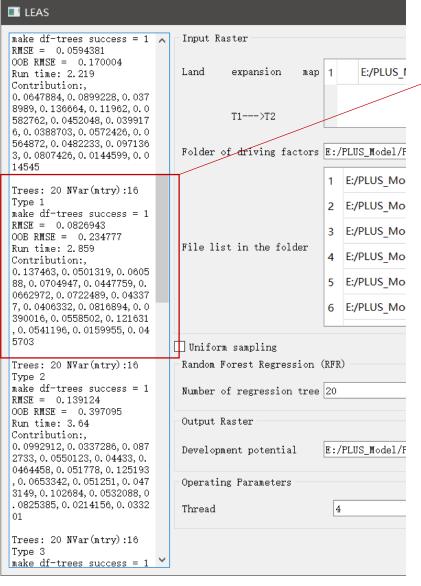
#### 随机森林参数设置

- ✓ 采样方式:均匀采样(各类别用地的采样 点数相同)、随机采样(各类用地的采样 点数量与各类用地所占的比例相关);
- ✓ 采样率 (默认为0.01);
- ✓ 决策树的数目;
- ✓ mTry (训练RF的特征个数,不超过驱动 因素的数量)。



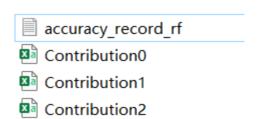
### PLUS-用地扩张分析策略(LEAS)





#### 训练结果保存在"Parameterfile"文件夹下:

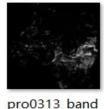
- "accuracy\_record\_rf.txt" : 随机森林训练精度 (RMSE, OOB-RMSE) ;
- "TrainData.csv" : 采样数据;
- "Contribution.csv": 驱动因素的贡献。



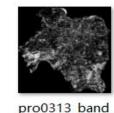
- Contribution3
- Contribution4
- Contribution5
- Contribution6

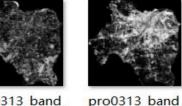
- TrainData0
- TrainData1
- TrainData2
- TrainData3
- TrainData4
- TrainData5
- TrainData6

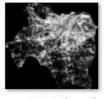
#### 各类用地的发展概率



pro0313 band













pro0313 band

pro0313 band



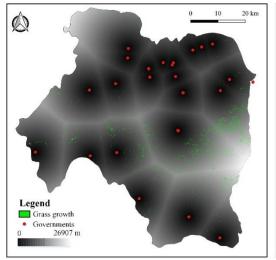
## PLUS-用地扩张分析策略 (LEAS)

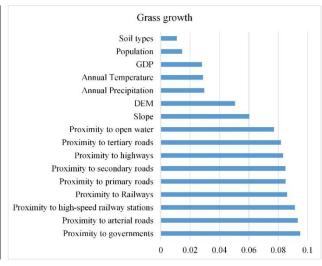


#### 用地扩张因子贡献分析

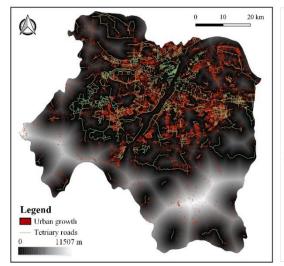


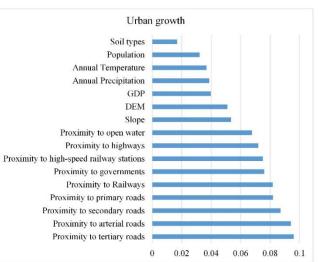
- ✓ 根据Contribution文件可以制作每类用地的驱动因素排名图,进行用地扩张因子贡献分析;
- ✓ 我们发现新增草地主要分布在远离政府的地区。政府周围的地区通常是人类最活跃的地区,新增草最可能在出现在受人类活动影响不大的地区;
- ✓ 三级道路对城市增长的影响最大,新城市增长的分布也与三级道路的分布格局高度一致。





#### 草地扩张驱动因素排名 (Contribution0.csv)





城市扩张驱动因素排名 (Contribution3.csv)





CARS模块:必 须保证所有空 间数据的行列 数一致

■ CARS Data Preparation 28925 222326 2477678 929417 58995 1458121 150790 选择土地利用现状数据 1 C:/Users/liang/Desktop/PLUS test data/LULCs/wh2003 refy.tif \*\*\*\*\*\*\*\*\*\* (初始年份) Land use pattern Error: 47373 , Derror: 2578 All time for one epoch: 13, 484s Count Pixel: 33 1 C:/Users/liang/Desktop/PLUS test data/DevelopmentPotential/新建文件夹/DevPotential band 1.tif 29292 222778 2477678 929417 58830 1457467 150790 2 C:/Users/liang/Desktop/PLUS test data/DevelopmentPotential/新建文件夹/DevPotential band 2.tif \* 每类用地的发展概率 Error: 45735 , Derror: 1638 3 C:/Users/liang/Desktop/PLUS test data/DevelopmentPotential/新建文件夹/DevPotential band 3.tif Development potential All time for one epoch: 13, 297s 4 C:/Users/liang/Desktop/PLUS test data/DevelopmentPotential/新建文件夹/DevPotential band 4.tif Count Pixel: 34 29509 223074 2477678 929417 5 C:/Users/liang/Desktop/PLUS test data/DevelopmentPotential/新建文件夹/DevPotential band 5.tif 58731 1457053 150790 \* 限制发展区域 C:/Users/liang/Desktop/PLUS test data/water/wh open water13.tif Conversion constrains Error: 44709 , Derror: 1026 All time for one epoch: 13, 344s Output Path C:/Users/liang/Desktop/PLUS\_test\_data/Simulation/simulation\_wh\_2013Simulation.tif 保存路径 Count Pixel: 35 29638 223231 2477678 929417 Thread Neighborhood Size 5 58699 1456799 150790 斑块生成阈值 (递减阈值) Expansion coefficient 0.1 Patch generate 0.9 \*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\* Percentage of seeds 0.0001 随机种子最 Error: 44137 , Derror: 572 Land Demands Weights Transtion Matrix All time for one epoch: 13, 375s Type 7 Type 1 Type 2 Type 3 Type 4 Type 5 Type 6 Count Pixel: 36 29704 223319 2477678 929417 12742 169912 3005564 362518 1506974 135893 Start Amounts 132649 值越小越紧 58697 1456647 150790 Future Amounts 1 43394 231113 2477678 929417 39413 1453586 150790 凑, 反之则 \*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\* Error: 43829 , Derror: 308 越分散 各类用地需求 (验证阶段输入目标年份 All time for one epoch: 13, 219s 真实数据,预测阶段输入Markov链或 Count Pixel: 37 30312 223962 2477678 929417 其他模型的预测需求) 58492 1455601 150790 \*/ Dynamic Display Color Run Error: 41327 . Derror: 2502 Parameters



#### 模拟参数设置

| Neighborhood Size    | 3 | Thread                    | 1   |
|----------------------|---|---------------------------|-----|
| Patch generation 0.9 |   | Expansion coefficient $[$ | 0.1 |

- ✓ Neighborhood Size: 邻域范围, 默认值为3;
- ✓ Thread: 并行线程数量, 提高运行速度;
- ✓ Patch generation: 递减阈值的衰减系数,范围0~1,值越高表示用地类型越不容易发生转换;
- ✓ Expansion coefficient: 随机斑块种子的概率,范围0~1,值越高表示越容易产生新的斑块。

#### 土地利用需求

| Land Demands     | Transtion Matrix | Neighborhood | Neighborhood Weights |        |        |         |        |  |  |  |
|------------------|------------------|--------------|----------------------|--------|--------|---------|--------|--|--|--|
|                  | Type 1           | Type 2       | Type 3               | Type 4 | Type 5 | Type 6  | Type 7 |  |  |  |
| Start Amounts    | 12742            | 169912       | 3005564              | 362518 | 132649 | 1506974 | 135893 |  |  |  |
| Future Amounts 1 | 43394            | 231113       | 2477678              | 929417 | 39413  | 1453586 | 150790 |  |  |  |

- ✓ 模拟现状:根据已知年份土地利用的实际情况来填写;
- ✓ 预测未来:使用 "Demand Prediction"功能进行预测; Demand Prediction
- ✓ Start Amounts部分在点击 "Run" 之后会自动生成,不需要填写。



#### 转移矩阵

- ✓ 0表示不允许转换, 1表示允许转换;
- ✓ 一般根据经验来填写,比如:城市用 地不容易发生转换、林地保护的情况 下不容易发生转换等。

| Land Demands Transtion Matrix |                             | eighborhood Weigh                                   | ts 模拟  | 模拟后的土地利用类型  |  |   |  |
|-------------------------------|-----------------------------|---|--|---|--|---|--|
| Type 1                        | Type 2                      | Type 3  | Type 4   | Type 5  | Type 6   | Type 7  |  |
| 1                             | 1                           | 1   | 1  | 1   | 1  | 1   |  |
| 0                             | 1                           | 0   | 0  | 0   | 0  | 0   |  |
| 1                             | 1                           | 1   | 1  | 1   | 1  | 1   |  |
| 0                             | 0                           | 0   | 1  | 0   | 0  | 0   |  |
| 1                             | 1                           | 1   | 1  | 1   | 1  | 1   |  |
| 1                             | 1                           | 1   | 1  | 1   | 1  | 1   |  |
| 0                             | 0                           | 1   | 0  | 0   | 0  | 1   |  |
|                               | Type 1  1  0  1  0  1  1  1 | Type 1 Type 2  1 1  0 1  1 1  0 0  1 1  1 1  1 1  1 | Type 1 Type 2 Type 3 1 1 1 0 1 0 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 | Type 1         Type 2         Type 3         Type 4           1         1         1         1           0         1         0         0           1         1         1         1           0         0         0         1           1         1         1         1           1         1         1         1           1         1         1         1 | Type 1         Type 2         Type 3         Type 4         Type 5           1         1         1         1         1           0         1         0         0         0           1         1         1         1         1           0         0         0         1         0           1         1         1         1         1           1         1         1         1         1           1         1         1         1         1 | Type 1         Type 2         Type 3         Type 4         Type 5         Type 6           1         1         1         1         1         1           0         1         0         0         0         0           1         1         1         1         1         1           0         0         0         1         0         0           1         1         1         1         1         1           1         1         1         1         1         1 |  |

当前的土地利用类型

#### 邻域权重

- ✓ 取值范围为0~1,值越大表示邻域影响 越大;
- ✓ 一般根据经验来填写,也可以根据各 用地类型扩张面积的占比来计算。

| Land Demands Transtion Matrix |        | Neighborhood Weights |        |        |        |        |        |
|-------------------------------|--------|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                               | Type 1 | Type 2               | Type 3 | Type 4 | Type 5 | Type 6 | Type 7 |
| Weight                        | 0.033  | 0.072                | 0.214  | 0.449  | 0.028  | 0.131  | 0.072  |

✓ 点击"Parameters"可以加载上次运行时填写的所有参数

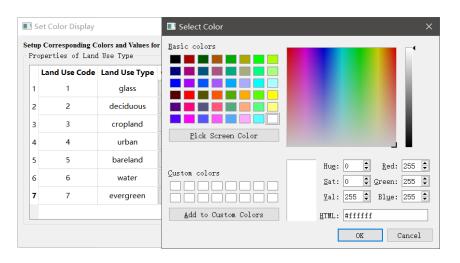


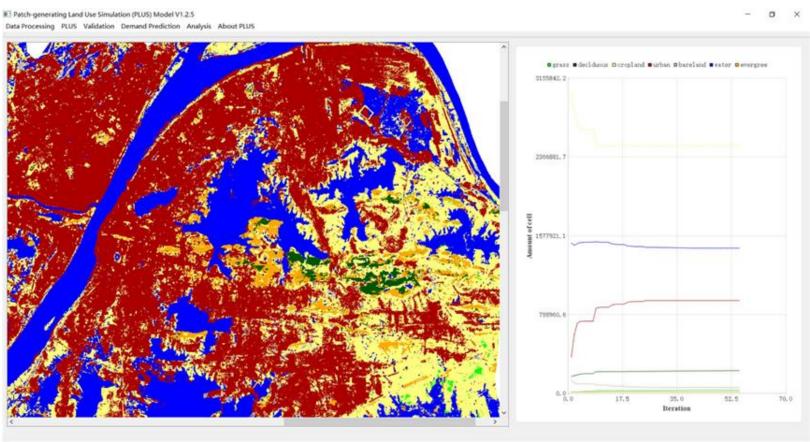




#### 开始模拟

- ✓ 点击 "Color" 可以设置各类用地的 名称和颜色; Color ☑ Dynamic Display
- ✓ 勾选" Dynamic Display" 可以在主 界面上动态地展示土地利用状态和数 量的变化情况;
- ✓ 当各类用地满足需求时,完成模拟。





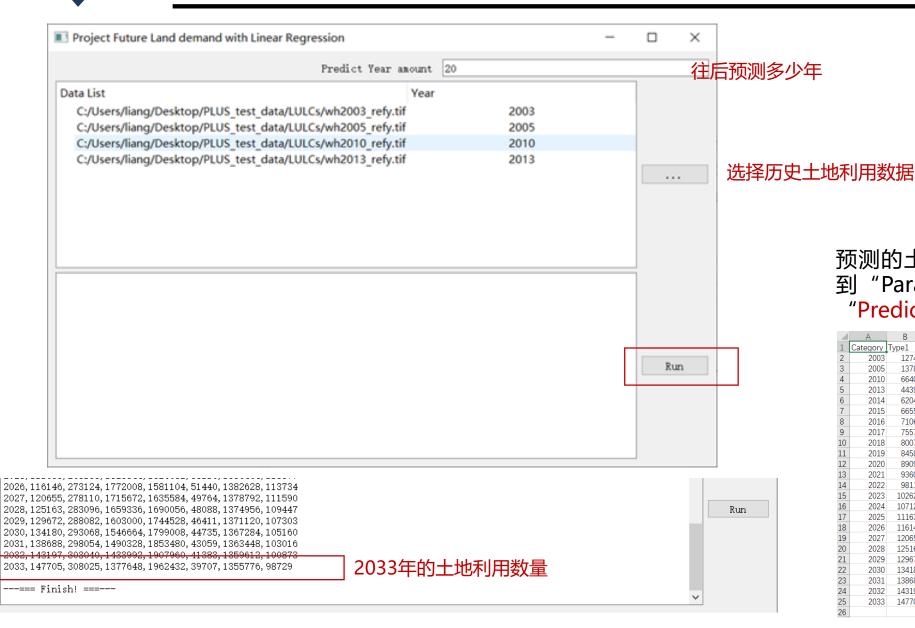
# 模拟精度验证-Kappa和FoM



| Data Preparation  1 C:/Users/liang/Desktop/PLUS_test_data/LULCs/wh2013_refy.tif  Ground Turth  1                            | 土地利用数据(模拟年份)                                  |
|---|---|
|   | 土地利用数据 (模拟年份)                                 |
|   |   |
| Simulation result  1 C:/Users/liang/Desktop/PLUS_test_data/Simulation/simulation_wh_2013Simulation_1.tif                    | 土地利用数据  |
| Confusion Matrix (CM)   |   |
| Sampling rate 0.1 填写列   | K样率,计算Kappa系数                                 |
| Figure of merit (Fom)   |   |
| Initial Map :<br>初始年份的土地利用数据 Caculate 计算Fol   | M [Kappa Coefficient]                         |
| type7, 84, 26, 5393, 1683, 135, 1285, 6419, 15025<br>total, 4399, 23191, 248131, 93148, 3983, 144615, 14775, 532242. 000000 | Kappa, 0. 650456                              |
| [Kappa Coefficient]   | [Overall Accuracy]                            |
| Kappa, 0. 688292  | Overall, 0. 763807                            |
| [Overall Accuracy] Overall, 0. 789445 结果会保存在 "Kappa.csv"和 "FoM.csv"文件中  | [Figure of Merit]=B/(A+B+C+D) FoM=, 0. 227487 |

### 土地利用需求预测-线性回归





预测的土地利用需求会自动保存 到 "Parameterfile" 文件夹下的 "PredictDemand.csv" 文件中

|    | Α        | В      | С      | D       | E       | F      | G       | H      |  |
|----|----------|--------|--------|---------|---------|--------|---------|--------|--|
| 1  | Category | Type1  | Type2  | Type3   | Type4   | Type5  | Type6   | Type7  |  |
| 2  | 2003     | 12742  | 169912 | 3005564 | 362518  | 132649 | 1506974 | 135893 |  |
| 3  | 2005     | 13785  | 166569 | 3098723 | 401413  | 6300   | 1432942 | 206618 |  |
| 4  | 2010     | 66408  | 162629 | 2774437 | 612505  | 148823 | 1433723 | 127594 |  |
| 5  | 2013     | 44394  | 231113 | 2477356 | 929417  | 39413  | 1453586 | 150790 |  |
| 6  | 2014     | 62045  | 213293 | 2448040 | 927408  | 71554  | 1428659 | 139455 |  |
| 7  | 2015     | 66553  | 218279 | 2391704 | 981880  | 69878  | 1424823 | 137312 |  |
| 8  | 2016     | 71062  | 223265 | 2335368 | 1036352 | 68202  | 1420987 | 135168 |  |
| 9  | 2017     | 75570  | 228251 | 2279032 | 1090832 | 66526  | 1417151 | 133025 |  |
| 10 | 2018     | 80079  | 233237 | 2222696 | 1145304 | 64850  | 1413315 | 130882 |  |
| 11 | 2019     | 84587  | 238223 | 2166360 | 1199776 | 63173  | 1409479 | 128738 |  |
| 12 | 2020     | 89096  | 243209 | 2110024 | 1254256 | 61497  | 1405643 | 126595 |  |
| 13 | 2021     | 93604  | 248195 | 2053688 | 1308728 | 59821  | 1401808 | 124451 |  |
| 14 | 2022     | 98112  | 253180 | 1997352 | 1363208 | 58145  | 1397972 | 122308 |  |
| 15 | 2023     | 102621 | 258166 | 1941016 | 1417680 | 56469  | 1394136 | 120164 |  |
| 16 | 2024     | 107129 | 263152 | 1884680 | 1472152 | 54792  | 1390300 | 118021 |  |
| 17 | 2025     | 111638 | 268138 | 1828344 | 1526632 | 53116  | 1386464 | 115877 |  |
| 18 | 2026     | 116146 | 273124 | 1772008 | 1581104 | 51440  | 1382628 | 113734 |  |
| 19 | 2027     | 120655 | 278110 | 1715672 | 1635584 | 49764  | 1378792 | 111590 |  |
| 20 | 2028     | 125163 | 283096 | 1659336 | 1690056 | 48088  | 1374956 | 109447 |  |
| 21 | 2029     | 129672 | 288082 | 1603000 | 1744528 | 46411  | 1371120 | 107303 |  |
| 22 | 2030     | 134180 | 293068 | 1546664 | 1799008 | 44735  | 1367284 | 105160 |  |
| 23 | 2031     | 138688 | 298054 | 1490328 | 1853480 | 43059  | 1363448 | 103016 |  |
| 24 | 2032     | 143197 | 303040 | 1433992 | 1907960 | 41383  | 1359612 | 100873 |  |
| 25 | 2033     | 147705 | 308025 | 1377648 | 1962432 | 39707  | 1355776 | 98729  |  |
| 26 |          |        |        |         |         |        |         |        |  |



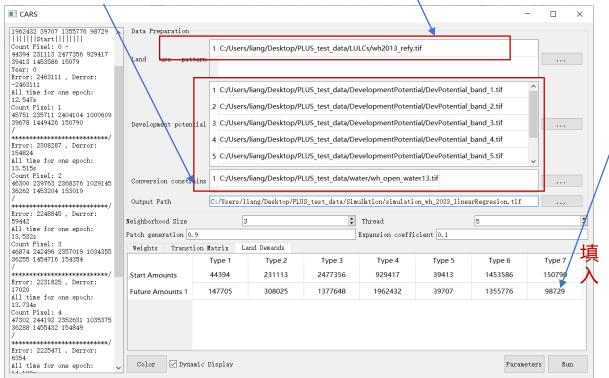
### 土地利用情景模拟-线性回归情景

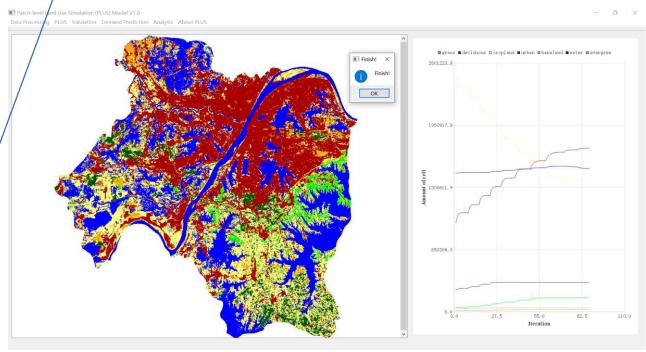


#### 换成2013年的初始土地利用数据

在未来模拟阶段,发展概率可以沿用上一步的结果,也可以重新计算。比如用 2010-2013年的近期土地利用数据重新计算发展概率



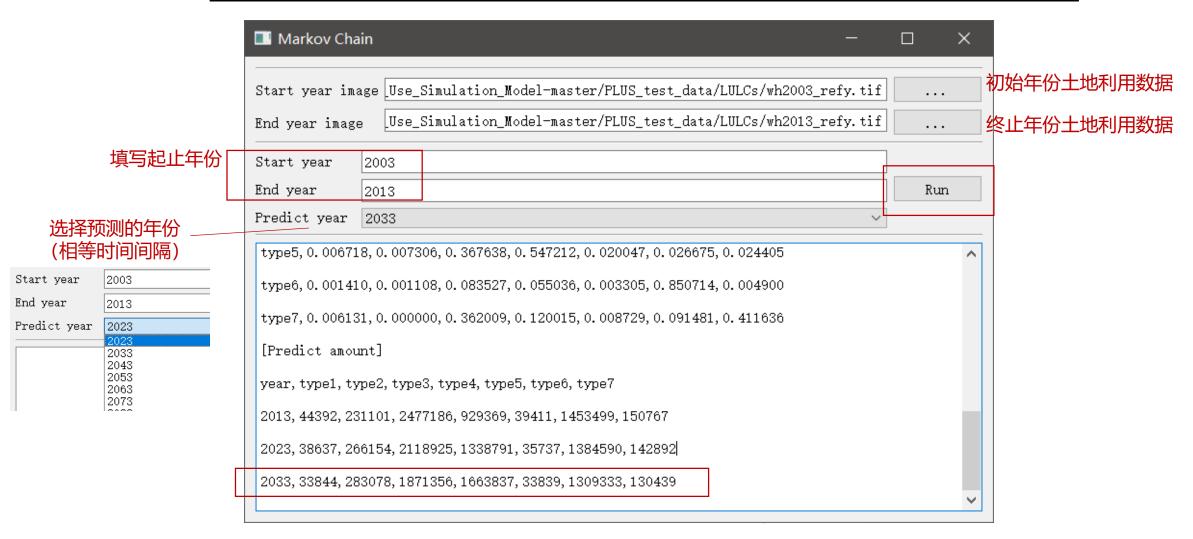






### 土地利用需求预测-Markov Chain





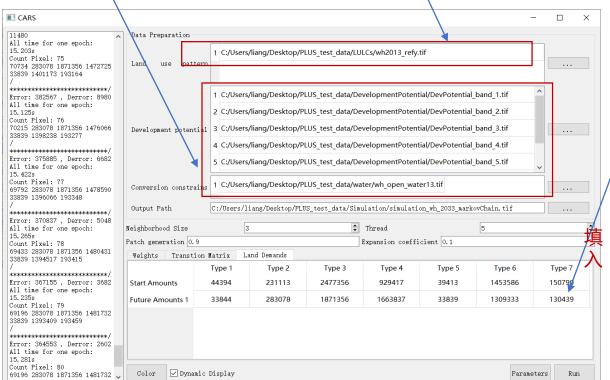


### 土地利用情景模拟-Markov Chain情景



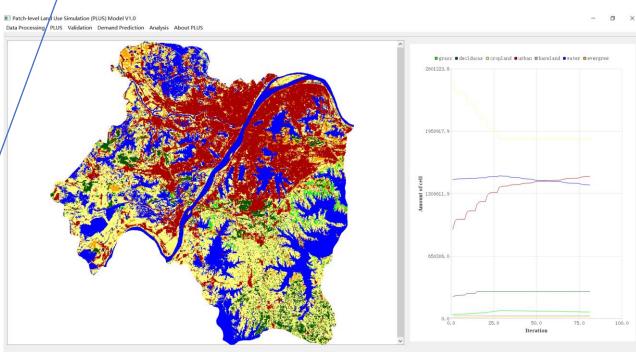
#### 换成2013年的初始土地利用数据

在未来模拟阶段,发展概率可以沿用上一步的结果,也可以重新计算。比如用2010-2013年的近期土地利用数据重新计算发展概率



year, type1, type2, type3, type4, type5, type6, type7
2013, 44392, 231101, 2477186, 929369, 39411, 1453499, 150767
2023, 38637, 266154, 2118925, 1338791, 35737, 1384590, 142892
2033, 33844, 283078, 1871356, 1663837, 33839, 1309333, 130439

#### Markov Chain预测的2033年的土地利用数量



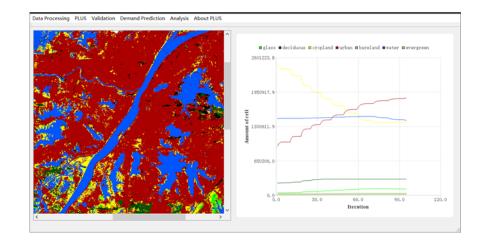


## 分析模块-场景多样性分析

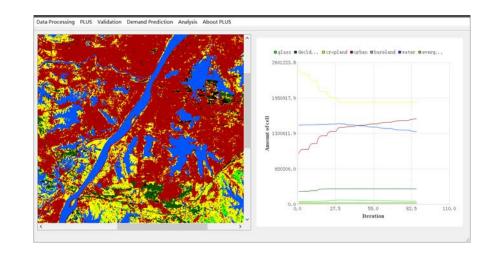


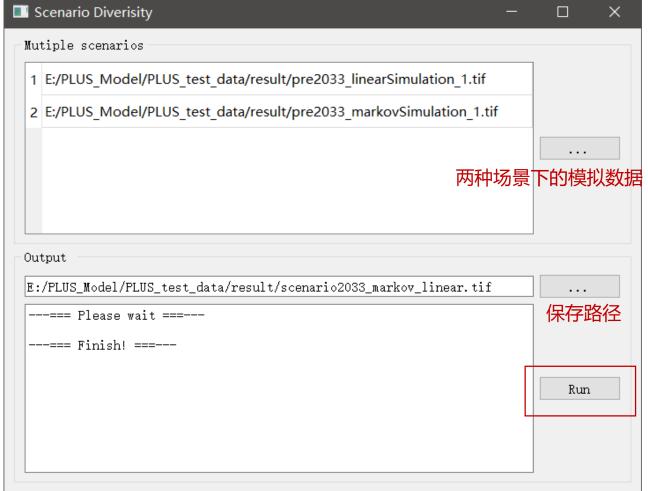
#### 模拟两种场景下的未来土地利用情景

基于**线性** 回归预测 需求



基于 Markov 预测需求





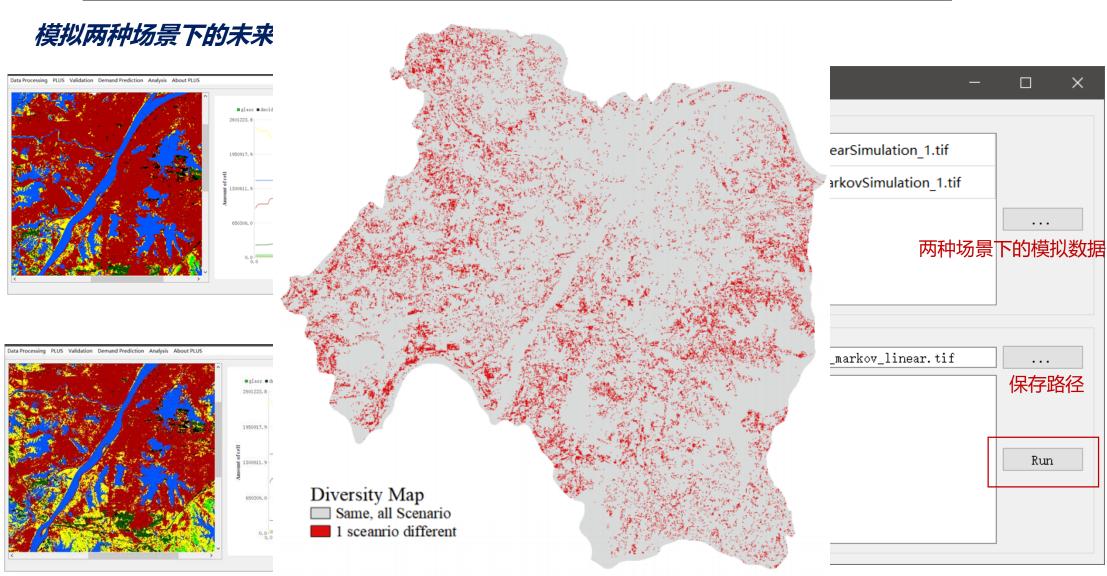


# 分析模块-场景多样性分析





基于 Markov 预测需求



红色部分为两种场景下模拟不一致的区域,探究场景变化的热点地区





开发团队: HPSCIL@CUG实验室

使用问题请联系: 梁迅 博士 (<u>liangxun@cug.edu.cn</u>)

团队负责人: 关庆锋 教授 (guanqf@cug.edu.cn)

中国地质大学(武汉)

地理与信息工程学院 & 国家GIS工程技术研究中心

高性能空间计算智能实验室 (HPSCIL)

# 谢谢!

