

# 未来土地利用变化情景模拟模型 (GeoSOS-FLUS)

## 软件用户手册

### 1. 模型与软件简述

FLUS 模型是用于模拟人类活动与自然影响下的土地利用变化以及未来土地利用情景的模型。该模型的原理源自元胞自动机 (CA)，并在传统元胞自动机的基础上做了较大的改进。首先，FLUS 模型采用神经网络算法 (ANN) 从一期土地利用数据与包含人为活动与自然效应的多种驱动力因子 (气温、降水、土壤、地形、交通、区位、政策等方面) 获取各类用地类型在研究范围内的适宜性概率。其次，FLUS 模型采用从一期土地利用分布数据中采样的方式，能较好的避免误差传递的发生。另外，在土地变化模拟过程中，FLUS 模型提出一种基于轮盘赌选择的自适应惯性竞争机制，该机制能有效处理多种土地利用类型在自然作用与人类活动共同影响下发生相互转化时的不确定性与复杂性，使得 FLUS 模型具有较高的模拟精度并且能获得与现实土地利用分布相似的结果。

GeoSOS-FLUS 软件是根据 FLUS 模型的原理开发的多类土地利用变化情景模拟软件，是在其前身-----地理模拟与优化系统 GeoSOS 的基础上的发展与传承。GeoSOS-FLUS 软件为用户提供进行空间土地利用变化模拟的功能，在对未来土地利用变化进行模拟时，需要用户先应用其他方法 (系统动力学模型，或马尔科夫链) 或使用预设情景来确定未来土地利用变化的数量作为 GeoSOS-FLUS 的输入。

GeoSOS-FLUS 软件是在 Visual Studio 2010 平台上基于 C++ 语言及一系列 C++ 开源库开发的软件。软件的输入输出采用遥感影像处理底层库 GDAL 1.9.2 (<http://www.gdal.org/>), 因而软件可以读入各种格式的遥感影像数据及其投影坐标, 并输出带坐标和投影的 tiff 影像模拟结果; 软件界面采用 Qt 4.8.5 (<https://www.qt.io/download/>), 能实时显示模拟区域的土地利用变化过程, 方便用户的使用; 软件采用的神经网络算法来自强大的 Shark 3.1.0 库 (<http://image.diku.dk/shark/>), 能较快的获得各类土地分布的适宜性概率。GeoSOS-FLUS 软件的使用方法将在下面详细阐述。

GeoSOS-FLUS 软件能较好的应用于土地利用变化模拟与未来土地利用情景的预测和分析中, 是进行地理空间模拟、参与空间优化、辅助决策制定的有效工具。FLUS 模型可直接用于: 1、城市发展模拟及城市增长边界划定; 2、城市内部高分辨率土地利用变化模拟; 3、环境管理与城市规划; 4、大尺度土地利用变化模拟及其效应分析; 5、区域土地利用类型适宜性分析; 6、农田或自然用地类型损失预警; 7、土地利用分布格局变化及热点分析等方面。还可以进一步推广

使用到气候变化及其效应、碳循环、水文分析，生态变化与生物栖息地变化等各方面的研究当中。

## 2. 软件下载

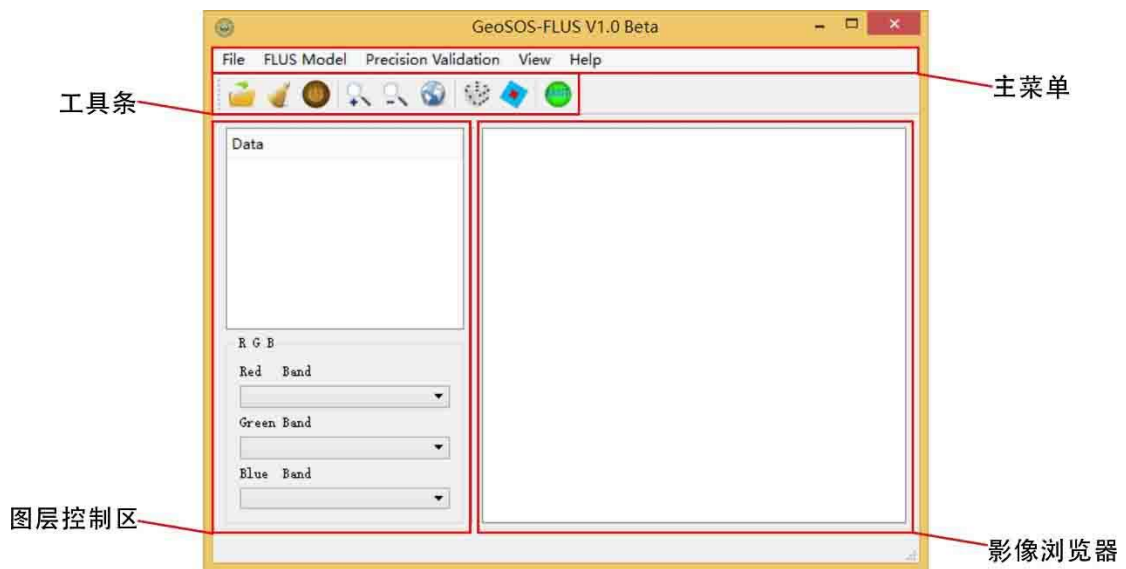
您可以从我们提供的链接(<http://www.geosimulation.cn/flus.html>)下载 GeoSOS-FLUS 软件的最新版本，目前的版本为版本 1.0 测试版（V1.0 Beta）。

## 3. 软件启动

双击软件快捷方式  GeoSOS-FLUS V1.0 Beta.exe 启动软件。

### 3.1. 软件界面

GeoSOS-FLUS 的主界面如下：



主界面主要包括：主菜单，工具条，图层控制区和影像浏览器。

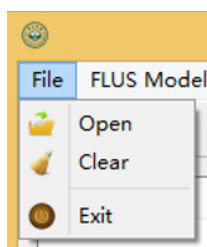
#### 3.1.1. 主菜单

主菜单提供了软件的主要功能，点击相应的菜单项可以开启相应操作。

File FLUS Model Precision Validation View Help

##### 3.1.1.1. File (文件)

File 选项主要提供简单的图像加载和浏览功能。

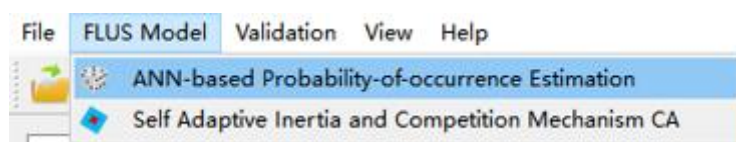


(1) **Open** (打开): 将提供文件打开对话框, 由用户选择一个 tiff、jpg、img 或 ASCII (TXT) 等常用栅格格式的文件, 并在影像浏览器上显示该文件。

(2) **Clear** (清除): 移除当前加载到图像浏览器中的所有影像。

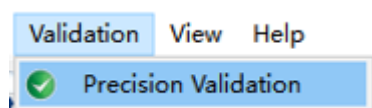
(3) **Exit** (退出): 退出 GeoSOS-FLUS 软件。

### 3.1.1.2. FLUS Model (FLUS 模型)



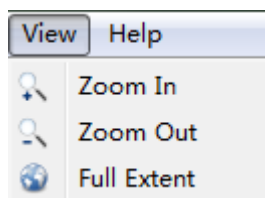
FLUS Model 菜单的两个选项将分别打开 FLUS 模型的两个模块: ANN-based Suitability Probability Estimation (基于神经网络的适宜性概率计算模块)和 Self Adaptive Inertia and Competition Mechanism CA(基于自适应惯性机制的元胞自动机模块), 两个模块的使用方法将在下面详细说明 (3.3~3.4)。

### 3.1.1.3. Precision Validation (精度验证)



提供 Kappa 系数以及 FoM 系数用于验证模拟的精度。

### 3.1.1.4. View (视图)



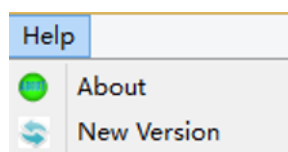
(1) **Zoom In** (放大): 放大影像浏览器中的图像。

(2) **Zoom Out** (缩小): 缩小影像浏览器中的图像。

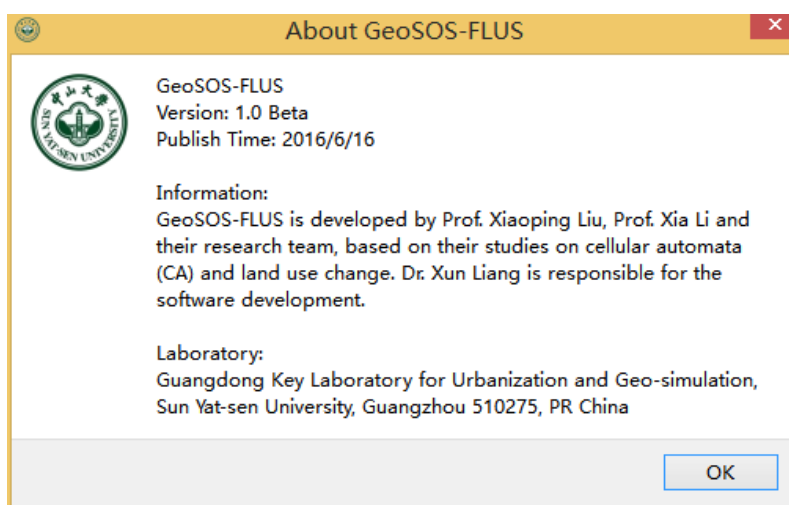
(3) **Full Extent** (全局显示): 全局显示影像浏览器中的图像。

此外，GeoSOS-FLUS 软件也支持使用鼠标滚轮缩放图像。

### 3.1.1.5. Help (帮助)



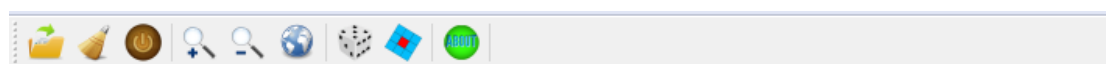
**About** (关于): 菜单将弹出新窗体，显示本系统的简介，版本更新情况和版权声明以及模型与软件的作者信息。






**New Version** (新版本): 调用默认浏览器，打开软件的下载网页。



### 3.1.2. 工具条

工具条对应主菜单中的各选项，方便用户操作 GeoSOS-FLUS 软件。



(1) 、、 分别对应 File 菜单中的 Open、Clear 和 Exit。

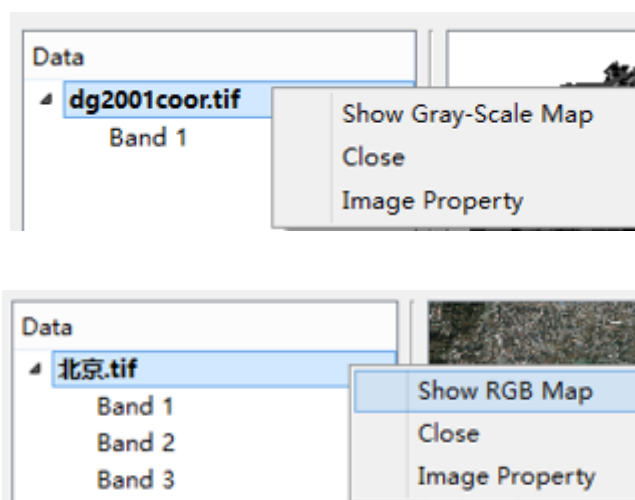
(2) 、、 分别对应 View 菜单中的 Zoom In、Zoom Out 和 Full Extent。

(3) 、 分别对应 FLUS Model 菜单中的 ANN-based Suitability Probability Estimation (基于神经网络的适宜性概率计算)和 Self Adaptive Inertia and Competition Mechanism CA(基于自适应惯性机制的元胞自动机)。

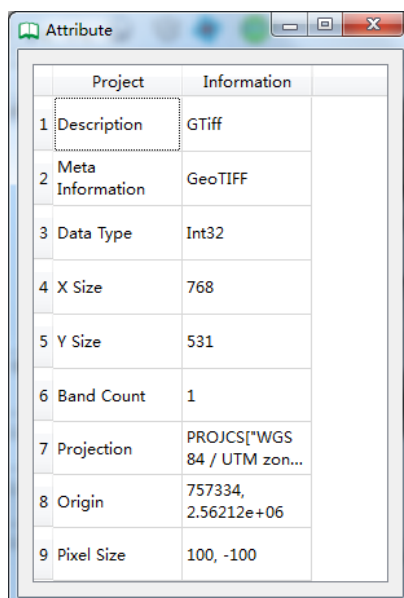
(4)  对应 Help 菜单中的 About。

### 3.1.3. 图层控制区

图层控制区会显示当前打开的各数据图层及其波段信息，选中对应图层右击，可选择 **Show GRAY-Scale Map** (用灰度显示图层图像)、**Close** (移除此图层图像) 和 **Image Property** (图像属性窗口)。当影像为多波段影像时，则显示 **Show RGB Map**，将影像的前三个波段组成 RGB 彩色影像。文件名被加粗表示当前文件正在被显示。

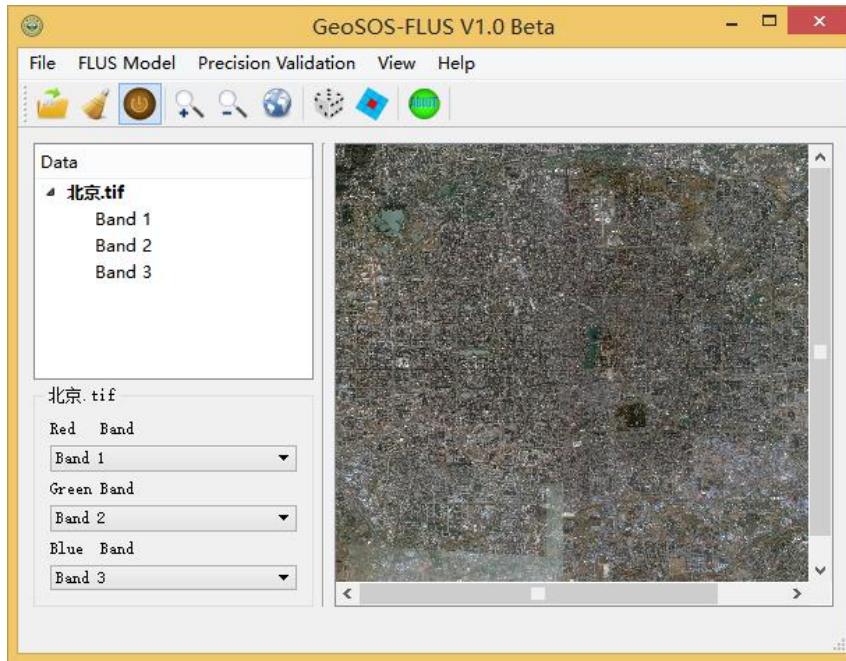


选择 **Image Property** 选项，图像属性窗口中将列出图像的基本信息。



Project	Information
1 Description	GTiff
2 Meta Information	GeoTIFF
3 Data Type	Int32
4 X Size	768
5 Y Size	531
6 Band Count	1
7 Projection	PROJCS["WGS 84 / UTM zon...
8 Origin	757334, 2.56212e+06
9 Pixel Size	100, -100

对于多波段影像，在图层控制器下半部分的波段组合框中，可以在下拉列表中选择不同波段的数据进行彩色合成，并在影像浏览器中显示。



### 3.2. 示例数据介绍

在软件目录下的 testdata 文件夹中，能找到以下示例数据。用于演示 FLUS 模型软件的操作与运行过程。

类型	文件名	数据说明	用途
土地利用数据	dg2001coor.tif	东莞市 2001 年土地利用分类数据	初始年份土地利用数据，模型输入
	dg2006true.tif	东莞市 2006 年土地利用分类数据	用于验证 FLUS 模型的模拟精度，验证数据
限制转化/土地政策数据	restrictedarea.tif	河流水面掩模	禁止宽阔水面与其他用地类型相互转化
土地利用变化驱动力数据	dem_dg.tif	高程	用于计算适宜性概率，代表自然地形影响
	slop.tif	坡度	
	Aspect.tif	坡向	
	tocity_dg.tif	到市中心距离	用于计算适宜性概率，代表交通区位影响
	distotown.tif	到城镇中心距离	
	distohighway.tif	到高速公路距离	
	distoroad.tif	到主干道距离	
distorailway.tif	到铁路距离		


GeoSOS-FLUS 软件提供的本套数据旨在用于引导 GeoSOS-FLUS 软件的使用者了解软件的操作过程，在实际多类别土地利用变化模拟中，可以考虑更多的其他自然与人类活动的因素的影响。比如：GDP、人口的空间分布，气温、降水、土壤属性的空间分布等等。

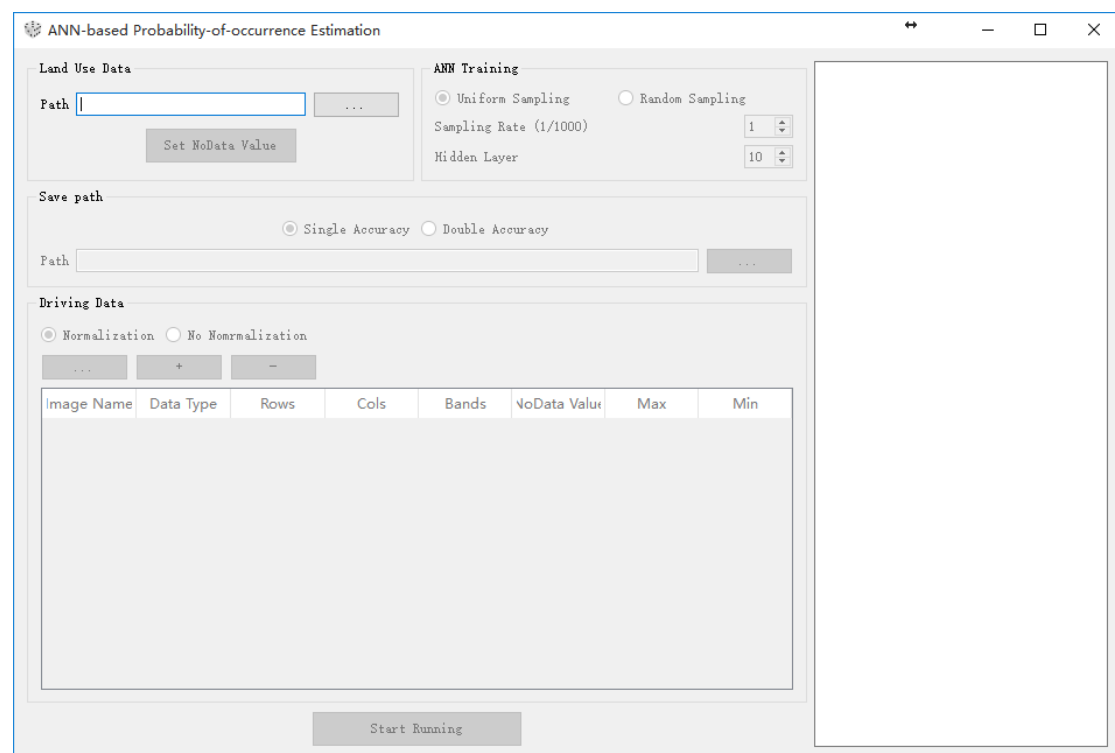
### 3.3. 基于神经网络的出现概率计算模块

在基于神经网络的出现概率（Probability-of-occurrence）计算模块，需要用户输入自然、交通区位、社会经济等土地利用变化驱动力因子，模块将根据用户的输入数据采用神经网络算法(ANN)整合并计算研究区域内每种土地利用类型在每个像元上的出现概率。


#### 【操作步骤】

#### 3.3.1. 启动模块

选择主菜单的 **FLUS Model** → **ANN-based Probability-of-occurrence Estimation** 或者点击工具条中的工具按钮 ，可打开 ANN-based Probability-of-occurrence Estimation (基于神经网络的出现概率计算) 模块操作窗口。

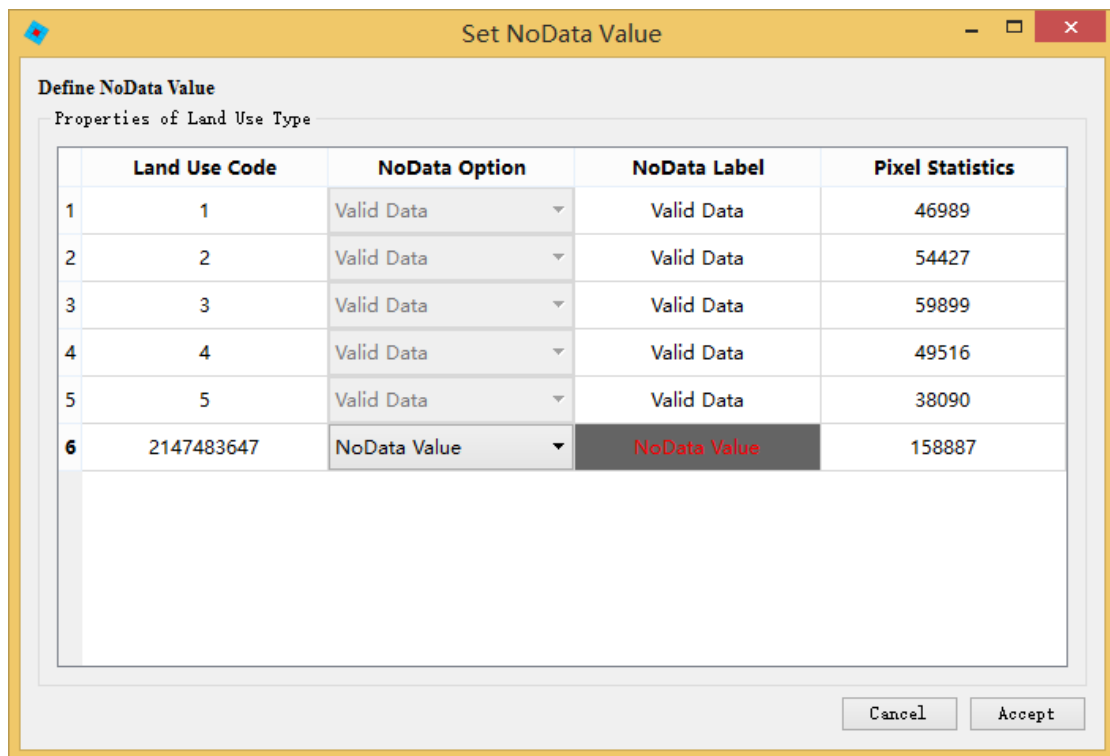


#### 3.3.2. 输入土地利用数据:

在 **Land Use Data** 组合框中输入土地利用数据，点击 ，在弹出的对话框中选择一期土地利用分类栅格数据“dg2001coor.tif”，点击“打开”按钮。



选择后，单击 **Set NoData Value** 按钮，将打开 **Set NoData Value** 窗口。在 **Set NoData Value** 窗口中，根据第一列 **Land Use Code** 的土地利用类型的数值，在第二列 **NoData Option** 列选择对应数值为 **Valid Data**(有效值)或 **NoData Value**(无数据的值)，第三列显示对应数值的标签，第四列显示各土地利用类型的栅格像元总数。选择完毕后，单击 **Accept** 按钮，完成输入土地利用数据的设置。

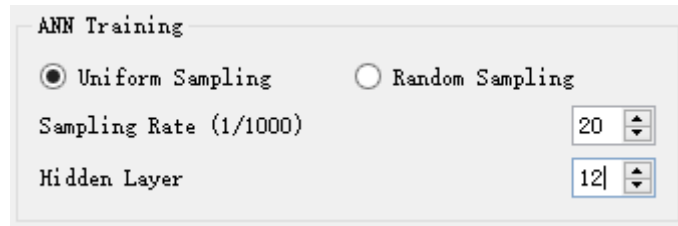


### 3.3.3. 设置神经网络与保存路径

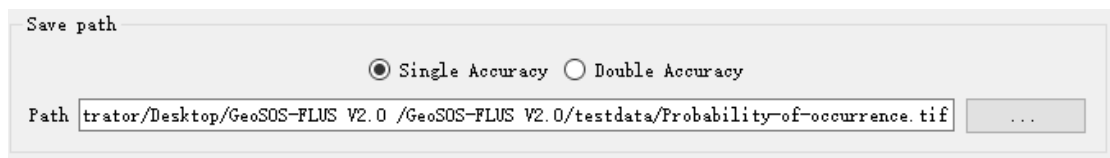
在 **ANN Training** 框中设置神经网络获取训练样本的采样模式：**Uniform Sampling** (均匀采样模式) 或 **Random Sampling** (随机采样模式)。均匀采样模式中，各类别用地的采样点数相同。而随机采样模式中，各类用地的采样点数量与各类用地所占的比例相关。示例中，数据选择均匀采样策略。

设置神经网络训练的采样比例，单位是研究区域有效像元数的千分之一。示例数据中，将采样参数设为 **20**，即采样点数占研究区域有效总像元数的百分之二。根据经验，神经网络的隐藏层数量设为 **12**。



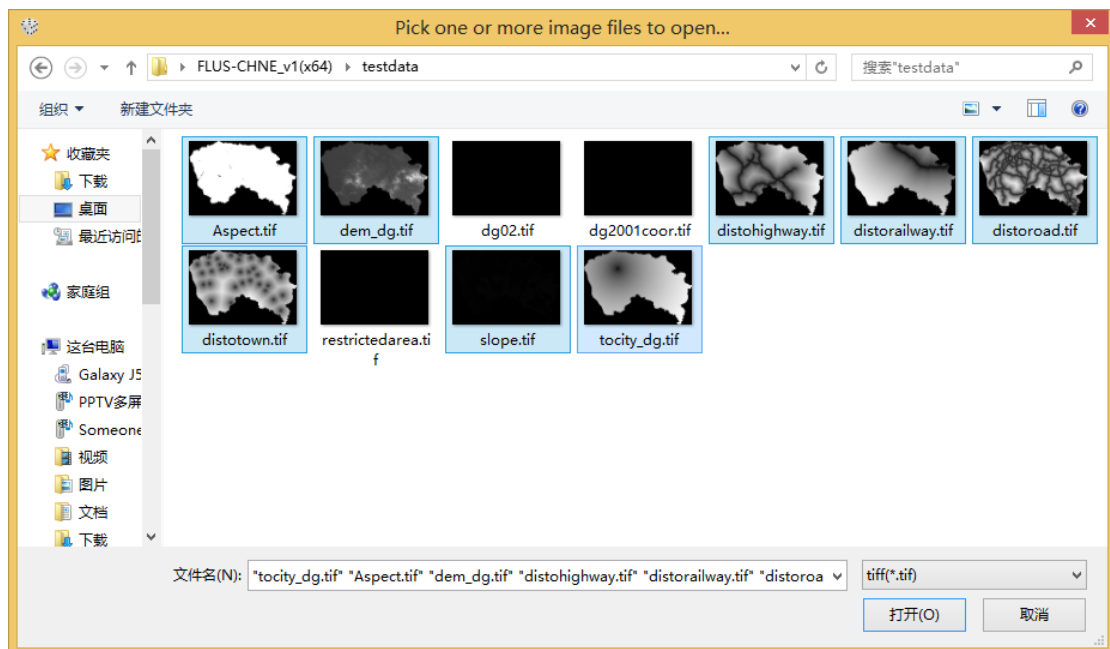


在 **Save path** 中单击  按钮，在对话框中选择保存路径并输入即将生成的出现概率数据的文件名，单击“保存”按钮完成。在 **Save path** 中选择即将输出的出现概率数据的类型：**Single Accuracy**(单精度)或 **Double Accuracy**(双精度)。单精度选项生成 **Float** 类型(单精度浮点型)的影像，比较节省内存空间，适合较大尺度的土地利用变化模拟；双精度生成 **Double** 类型(双精度浮点型)的影像，数据精度较高。通常选用默认的 **Single Accuracy** 即可。




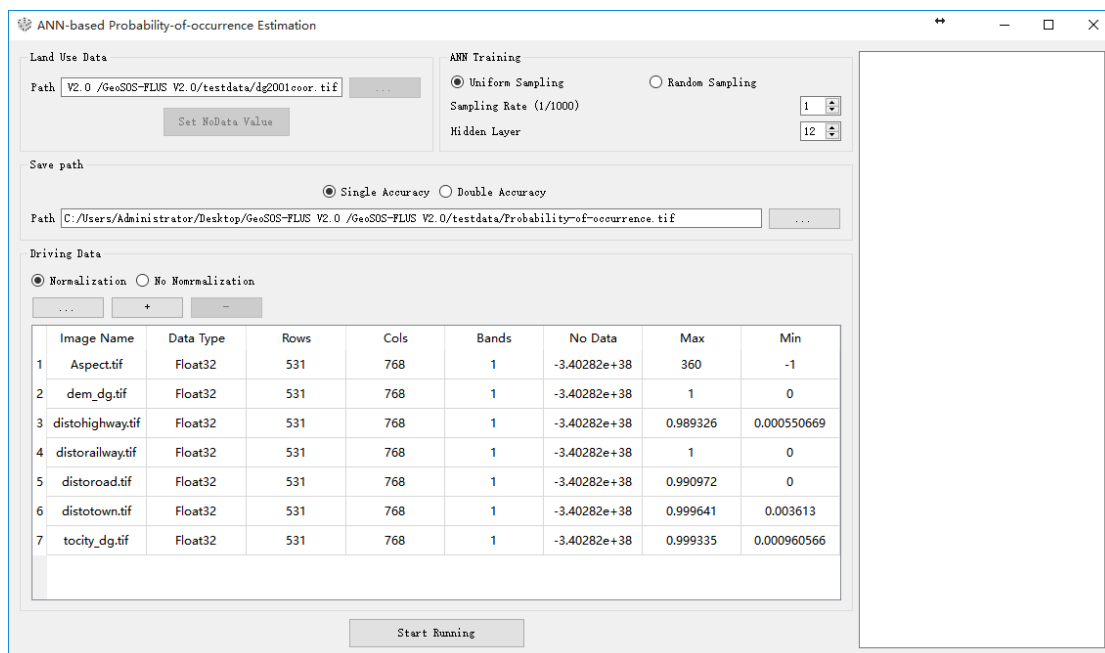
### 3.3.4. 加载驱动力因子

在 **Driving Data** 组合框中选择驱动力因子，单击  按钮，在对话框中选择多个驱动力因子栅格数据。示例中提供 8 种驱动力因子（a 见 3.2）。




在列表框中将显示用户打开的驱动力因子数据列表及其对应的数据信息（文件名，数据类型，行列数、波段数等）。用户可单击  按钮添加新的驱动

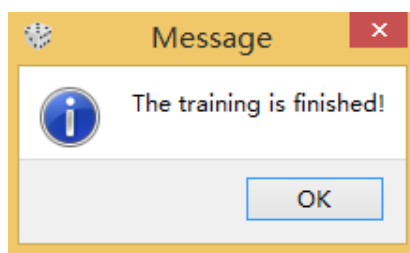
力因子数据，或者选中某个错误添加的驱动力因子，再单击  按钮，将其删除。另外，GeoSOS-FLUS 软件支持添加已合成多波段的驱动力数据。



此外，用户可以根据输入驱动力因子数据的实际情况选择是否先对全部驱动力因子数据进行归一化处理，系统默认的选择是 **Normalization**(进行标准化处理)。选中 **Normalization**，系统在计算出出现概率时会主动将所有驱动力因子归一化到 0~1 之间。如果驱动力因子在输入前已经被归一化，则可以选择 **No Normalization** 跳过归一化步骤。

### 3.3.5. 运行神经网络

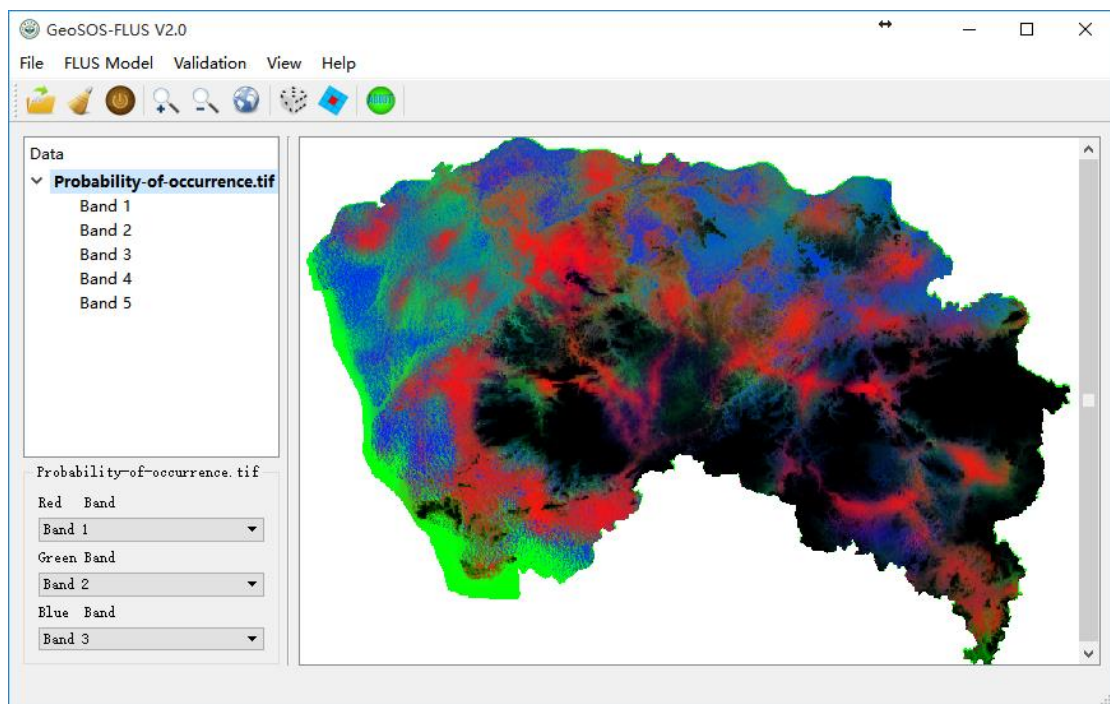
完成以上设置后，单击  按钮，开始神经网络模型训练和出现概率的计算，训练完成后，将弹出信息提示框(**Finished training!**)。



完成模型训练后，模型的训练参数及结果精度等信息将显示在模块窗口右侧的文本输出框中。衡量训练精度共有三个指标：均方根误差 (**RMSE**)，平均误差 (**Average error**)，平均相对误差 (**Average relative error**)

```
Normalizing data, please wait...
Select uniform sampling...
Start training, please wait...
Run time: 54.984 s
Precision evaluation:
RMSE = 0.325524
Average error = 0.206084
Average relative error = 0.51521
Waiting for prediction...
The training is finished!
```

打开适宜性概率保存路径文件夹，可看到新生成的适宜性概率文件 **Probability-of-occurrence.tif**。在 **FLUS** 影像浏览器中打开，可看到适宜性概率数据由多个波段构成，每个波段对应一种土地利用类型在各个像元上的适宜性概率。




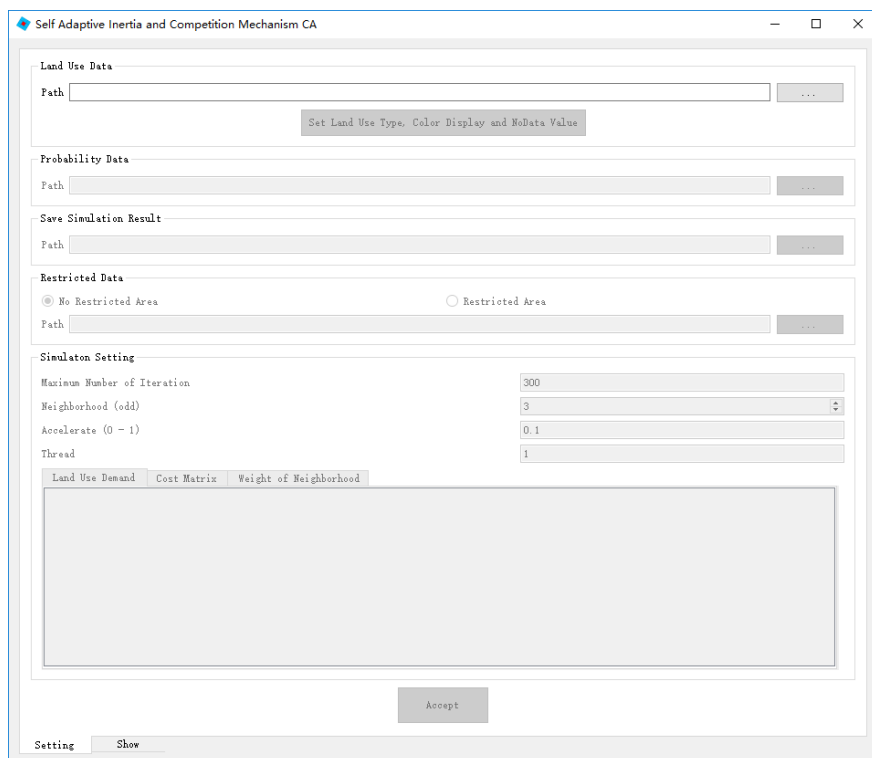
### 3.4. 基于自适应惯性机制的元胞自动机

基于自适应惯性机制的元胞自动机模块以多类别或双类别空间土地分类栅格数据为初始输入数据，需要用户预设各土地利用类型变化数量的目标，根据经验确定不同土地类型间的相互转化成本，并且根据外部经验和政策规定设定土地利用类型相互转换的限制矩阵。土地利用变化数量目标会在一定程度上影响模拟结果，建议用户根据研究区域的实际情况，采用科学的估计方法（SD 模型，马尔科夫链，灰色预测模型）来确定合理的数量目标。

#### 【操作步骤】

#### 3.4.1. 启动模块


(1) 选择主菜单的 FLUS Model → Self Adaptive Inertia and Competition Mechanism CA 或者点击工具条中的工具按钮 ，打开 Self Adaptive Inertia and Competition Mechanism CA 操作窗口。



### 3.4.2. 输入模拟需要的数据

在窗口左下角默认选择 **Setting** 页面，输入模拟所需数据和设置各项模型参数。

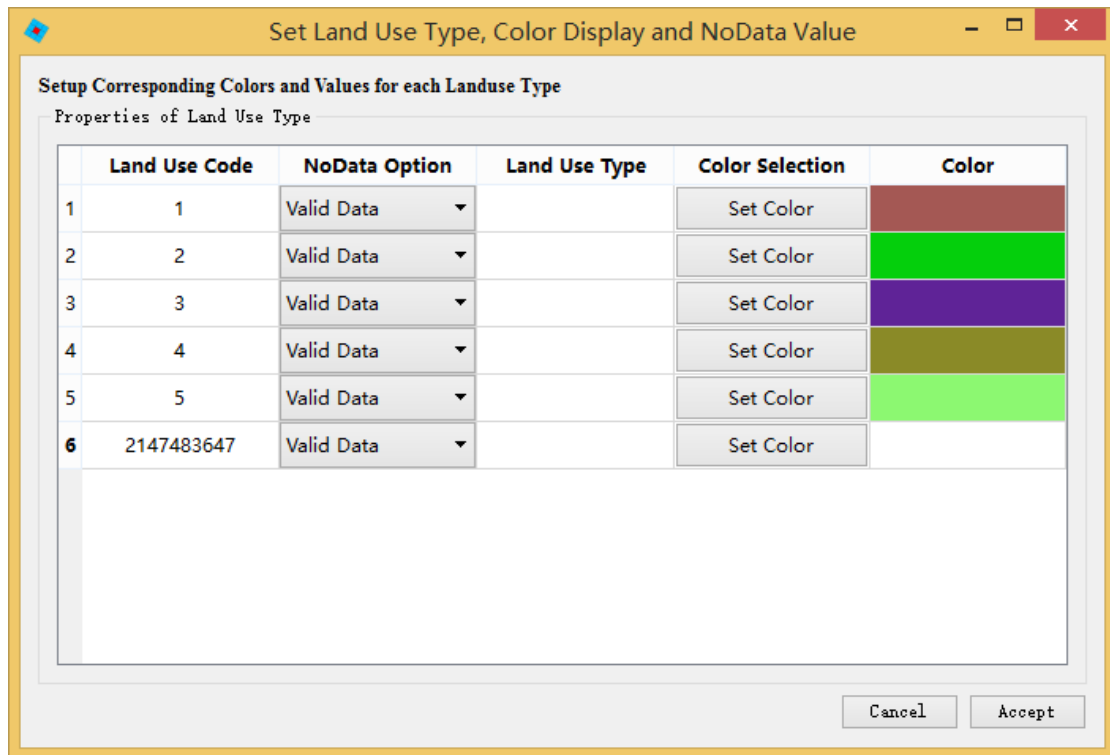
#### 3.4.2.1. 设置初始年份的土地利用数据

点击 ，在弹出的对话框中选择起始年份的土地利用分类栅格数据打开。

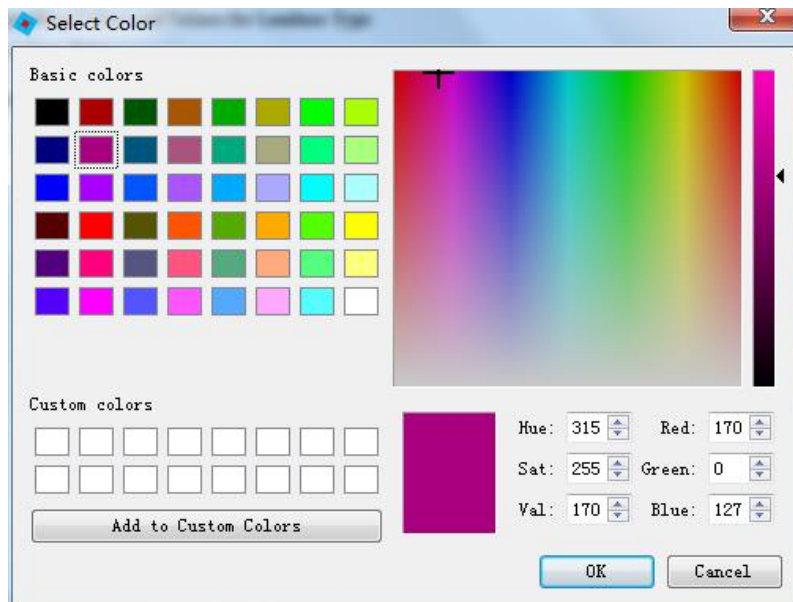


首先，点击 **Set Land Use Type, Color Display and NoData Value** 按钮，打开模块窗口。窗口列表内第一列 Land Use Code 为地利用类型的数值，软件会自动加载。在第二列 NoData Option 的下拉菜单中选择对应数值为 Valid Data(有效值)或 NoData Value(无数据的值)，GeoSOS-FLUS 软件只允许设置一个无效值

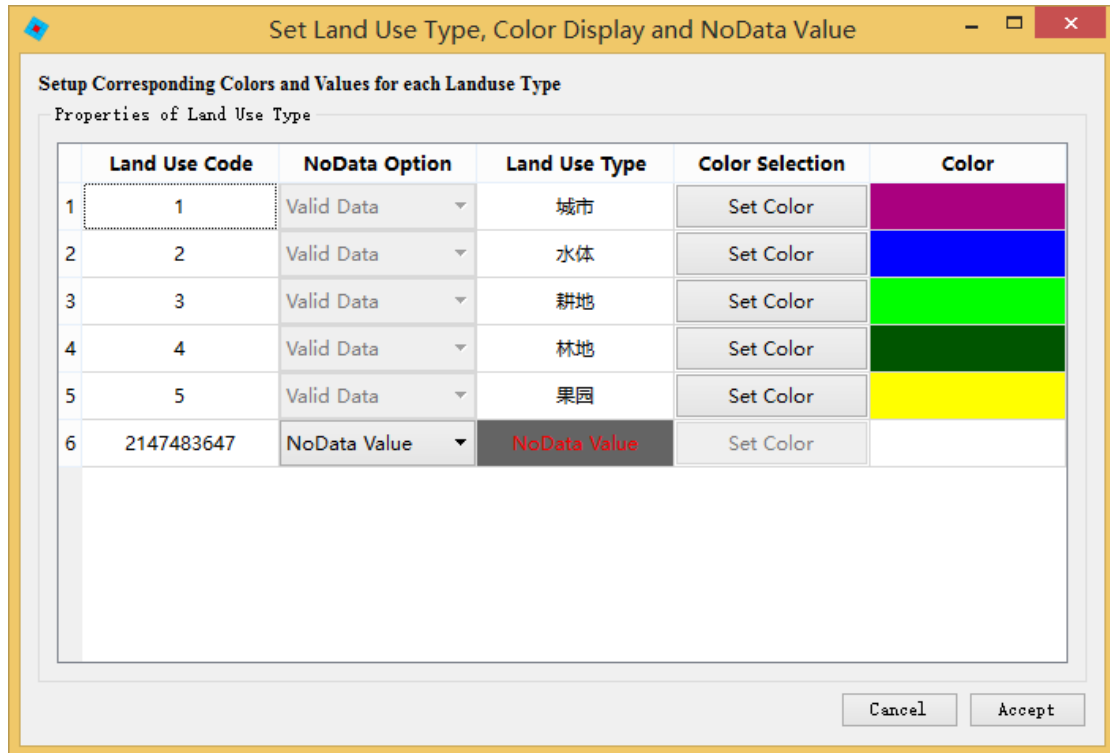
(NoData Value)。用户可以在 Land Use Type 一栏中输入对应的土地利用类型名称，如果不输入，软件会默认土地名称为“Landuse1”，“Landuse2”，依此类推。



在 Color Selection 一列中点击 **Set Color** 按钮，将弹出 **Select Color** 对话框，选择所需颜色并点击 **Accept** 按钮，即可完成相应土地利用类型的颜色设置。

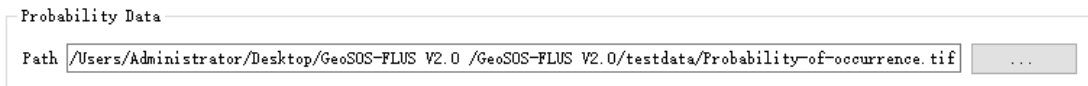


颜色窗口各项参数均设置好后，点击 **Accept** 按钮确定各项设置。



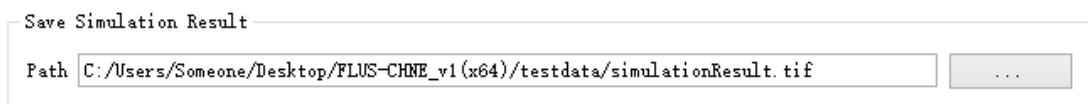
### 3.4.2.2. 输入适宜性概率数据

适宜性概率数据即指由基于神经网络的适宜性概率计算模块（3.2）得到的各类用地的分布概率数据。点击 ，在弹出的对话框中选择该数据文件。



### 3.4.2.3. 设置模拟结果的保存路径

单击  按钮，在对话框中选择模拟结果的保存路径及文件名。



### 3.4.2.4. 输入约束用地变化的限制数据

如果模拟中需要有约束条件（比如自然保护区或者宽阔水面上，一定时期内不会发生土地利用类型的变化），可以考虑设定限制转化区域（限制数据需用户在 GeoSOS-FLUS 软件以外制作）。在 **Restricted Data** 框中选择 **Restricted Area**（默认选择是 **No Restricted Area**），并点击  按钮，在对话框中打开限制

转换数据。该数据是二值数据，只允许数据 0，和 1 这两个数值存在。数值 0 表示该区域不允许土地类型发生转化，1 表示允许发生转化。

Restricted Data

No Restricted Area
  Restricted Area

Path

### 3.4.3. 设置模拟参数

包括设置迭代的次数、邻域范围大小、模型加速因子、和模拟用地转换的数量目标、成本矩阵、以及各类用地的邻域因子。

**迭代次数**可以设定为一个比较大的值，模型到达迭代目标会提前停止，GeoSOS-FLUS 软件默认迭代次数为 300。在元胞自动机中邻域值是奇数，软件默认**邻域大小**为 3，即表示元胞自动机采用 3×3 摩尔邻域。另外，软件默认的**加速因子**为 0.1，模型可以在默认的参数下正常的运行。当模拟的图像范围比较大时，模型运行较慢。可以将模型因子设为一个较大的值（0 到 1 之间）以加快土地利用变化的转化速率。从 FLUS2.4 版本开始，FLUS 支持多线程计算。用户可以增加运行的线程数以加速模型的运行。本案例中的线程数设为 8。

Simulaton Setting

Maximum Number of Iteration

Neighborhood (odd)

Accelerate (0 - 1)

Thread

Land Use Demand	Cost Matrix	Weight of Neighborhood			
	城市	水体	耕地	林地	果园
Initial Pixel Number	46989	54427	59899	49516	38090
Future Pixel Number	80016	54427	43599	42433	28446

**Initial Pixel Number** 表示初始年份的土地利用类型的像元数，软件会根据初始土地利用数据自动统计。**Future Pixel Number** 表示本次模拟的目标像元数，即未来各类土地利用类型的面积。用户根据需要研究区域的实际地区的实际发展情况，采用专家经验或土地利用数量预测模型预测出未来各类土地的需求。使用者需要在第三行 **Future Pixel Number** 输入各土地利用类型变化数量的目标。

Future Land Area	Cost Matrix	Weight of Neighborhood			
	城市	水体	耕地	林地	果园
Initial Pixel Number	46989	54427	59899	49516	38090
Future Pixel Number	80016	54427	43599	42433	28446

随后需要在 **Cost Matrix** 选项栏中，设置各类土地利用类型在模拟转换中的成本矩阵，软件默认各类型用地间均可互相转换。在本示例中，我们根据对实验区域的经验，设置城市用地和水体不能转换为其他用地，耕地不能转换为林地和果园，果园不能转换为林地等一系列转化规则。当一种用地类型不允许向另一种转化时，我们将矩阵的对应值设为 0；允许转化时设为 1。具体的限制矩阵如下：

	城市	水体	耕地	林地	果园
城市	1	0	0	0	0
水体	0	1	0	0	0
耕地	1	1	1	1	0
林地	1	0	1	1	0
果园	1	0	1	0	1

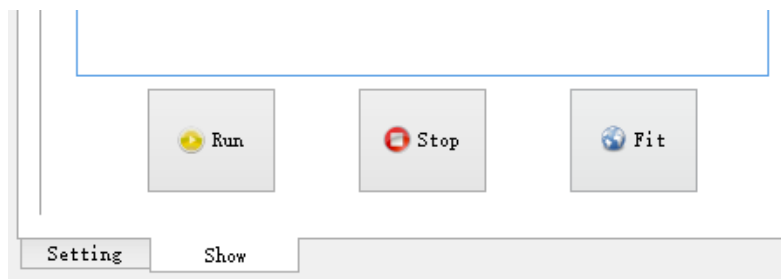
**Weight of Neighborhood** 参数用于设定各类土地利用类型的邻域因子参数，参数范围为 0~1，越接近 1 代表该土地类型的扩张能力越强。软件默认所有土地类型的邻域因子为 1，本示例如下设置：

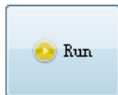
	Urban land	Water area	Cropland	Forest land	Orchard
Weight of neighborhood	1	0.9	0.5	1	0.1

完成以上各项设置后，点击 **Accept** 按钮，确定迭代模拟参数设置完毕。

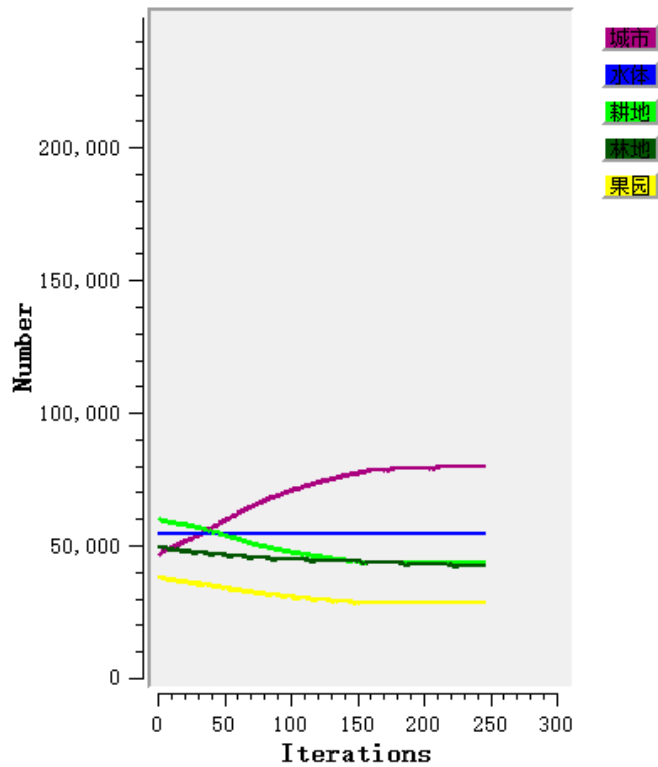
#### 3.4.4. 运行元胞自动机

完成迭代模拟参数的设置后，在窗口左下角选择 **Show** 页面，进行土地利用变化的模拟。点击左下角的 **Show** 页面选项，在 **Show** 页面中 **GeoSOS-FLUS** 软件支持对土地利用空间变化与数量变化过程的动态显示。



点击  开始模拟，窗口左侧上方的图表面板将显示各土地利用类型在迭代过程中数量变化的曲线。





窗口左侧下方的迭代记录文本框内将记录本次迭代所设定的参数，显示每一轮迭代后各土地利用类型的像元数值，右侧显示面板将动态显示每一次迭代刷新后各类用地的空间分布情况。

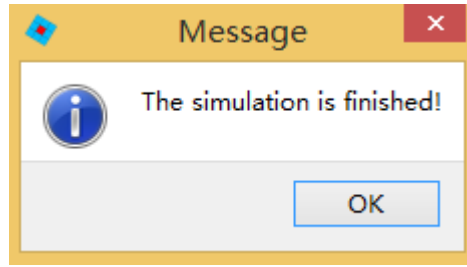
```

Iterative times: 300
Neighborhood influence: 3
Acceleration for iterate: 0.1
Cost Matrix
1 0 0 0 0
0 1 0 0 0
1 1 1 1 0
1 0 1 1 0
1 0 1 0 1
Future year
-----Start to iterate-----

Land use type,城市,水体,耕地,林地,果园
Number of pixels of each land use before
iteration,46989,54427,59899,49516,38090
Number of pixels of each land use at 1
iteration,47303,54427,59753,49435,38003
Number of pixels of each land use at 2
iteration,47611,54427,59605,49362,37916
Number of pixels of each land use at 3
iteration,47899,54427,59502,49259,37834
Number of pixels of each land use at 4
iteration,48179,54427,59399,49161,37747

```

当达到用户设置的迭代次数或达到未来土地类型的数量目标时时，软件将自动停止迭代，并弹出提示信息。另外，用户可点击 **Stop** 按钮，手动停止迭代。同时，停止迭代后系统将把模拟结果保存到预设的保存路径中。

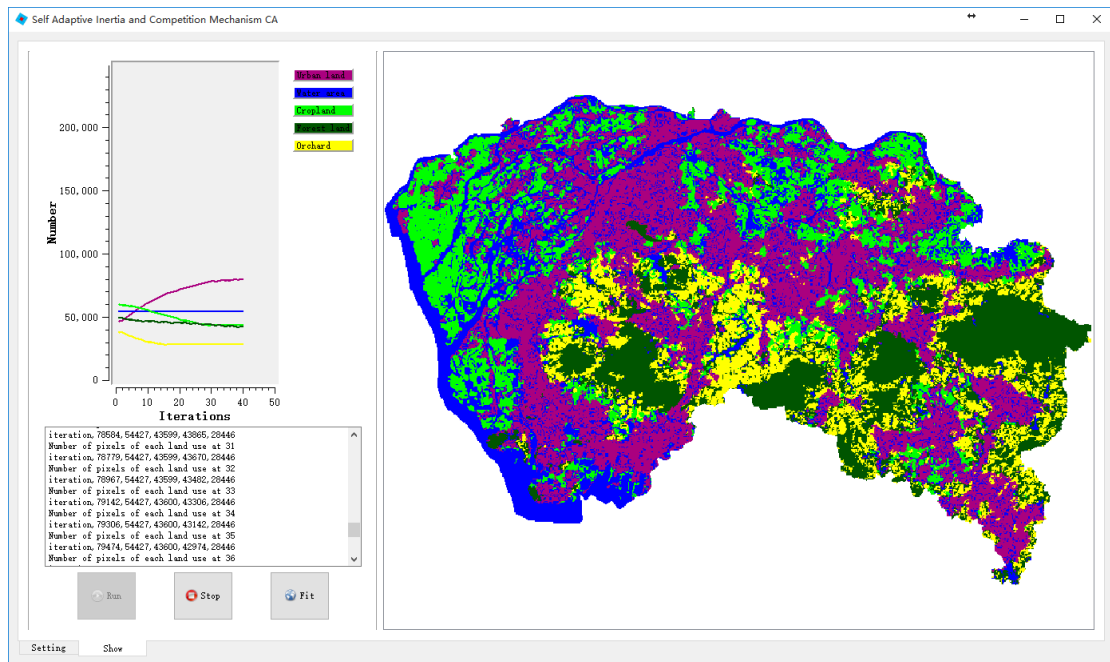


```
iteration, 79860, 54427, 43599, 42433, 28602
Number of pixels of each land use at 221
iteration, 79870, 54427, 43603, 42433, 28588
Number of pixels of each land use at 222
iteration, 79881, 54427, 43603, 42433, 28577
Number of pixels of each land use at 223
iteration, 79895, 54427, 43599, 42433, 28567
Number of pixels of each land use at 224
iteration, 79905, 54427, 43613, 42433, 28543
Number of pixels of each land use at 225
iteration, 79928, 54427, 43601, 42433, 28532
Number of pixels of each land use at 226
iteration, 79938, 54427, 43609, 42433, 28514
Number of pixels of each land use at 227
iteration, 79958, 54427, 43612, 42433, 28491
Number of pixels of each land use at 228
iteration, 79987, 54427, 43600, 42434, 28473
Number of pixels of each land use at 229
iteration, 79996, 54427, 43609, 42433, 28456
Number of pixels of each land use at 230
iteration, 80013, 54427, 43602, 42433, 28446

Save image at: C:/Users/Someone/Desktop/FLUS-
CHNE_v1(x64)/testdata/simulationResult.tif

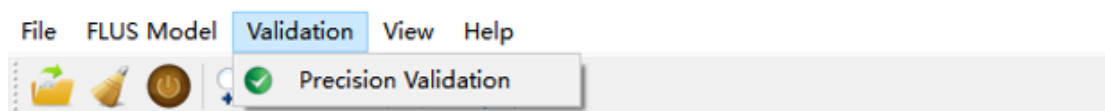
Time used: 287.9840 s
```

动态迭代过程中，点击 Fit 按钮可调整显示面板中视图的大小和位置，使结果全局显示。模拟完成后，面板显示最终的模拟结果，并输出模拟结果的保存路径与模型运行时间。



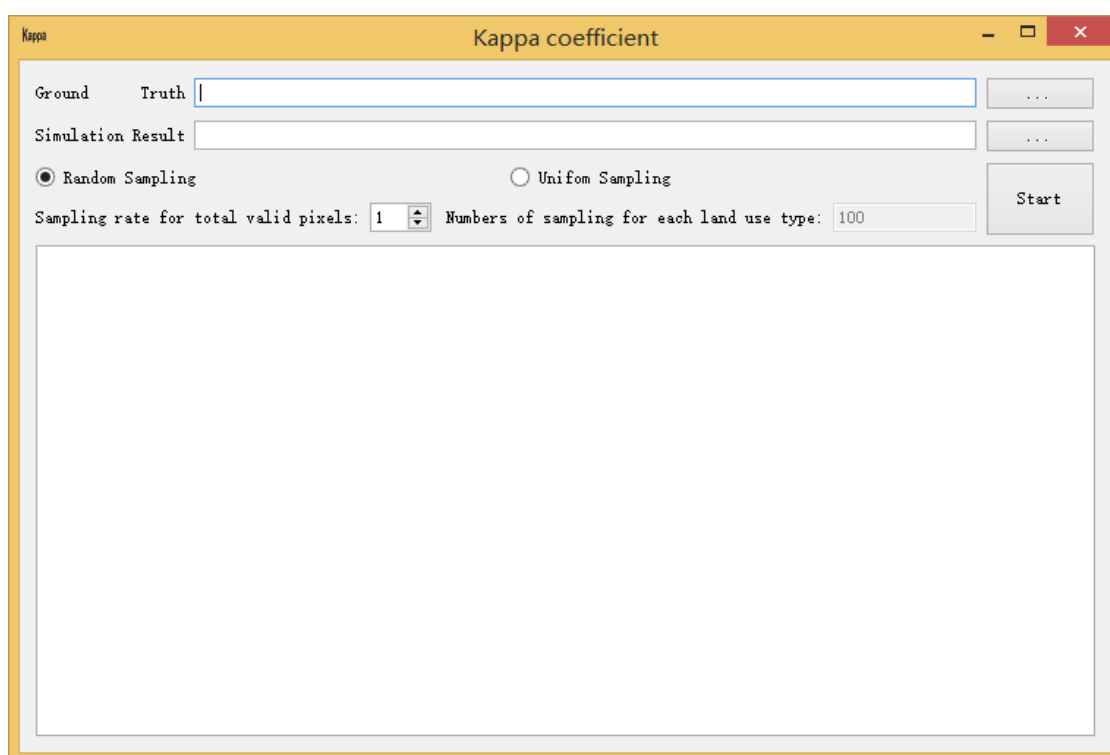
### 3.5. 模拟精度验证

GeoSOS-FLUS 软件提供精度验证模块，提供 Kappa 系数和 FoM 两种指标对模拟精度进行检验。





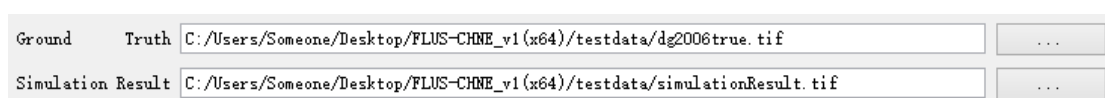
#### 3.5.1. 计算 Kappa 系数

选择主菜单上 **Validation** → **Precision Validation** → **Kappa**，打开 Kappa 系数计算模块。



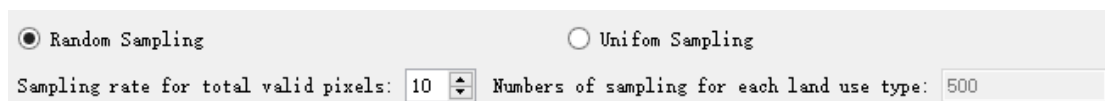
##### 3.5.1.1. 加载数据

单击第一行 **Ground Truth** 右侧的  按钮，加载真实的 2006 年的土地利用数据“dg2006ture”。单击第二行 **Simulation Result** 右侧的  按钮，加载模拟的 2006 年的土地利用数据“SimulationResult.tif”。



##### 3.5.1.2. 选择采样模式与采样数

选择样本计算 Kappa 系数。GeoSOS-FLUS 软件同样提供两种采样模式：**Random Sampling** (随机采样模式)或 **Uniform Sampling** (均匀采样模式)。选择随机采样模式后在下方输入随机采样点数的比例，选择均匀采样模式则在下方输入每类用地采样点的个数。本示例中选择随机采样，采样率为 10%。

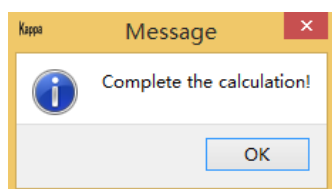


Random Sampling       Uniform Sampling

Sampling rate for total valid pixels: 10      Numbers of sampling for each land use type: 500

### 3.5.1.3. 计算 Kappa 系数并保存

完成以上设置后，单击右侧的  按钮，计算 Kappa 系数。弹出完成的提示窗口。



计算结果会在在界面上显示，并保存在软件目录下的 **Kappa.csv** 文件中。

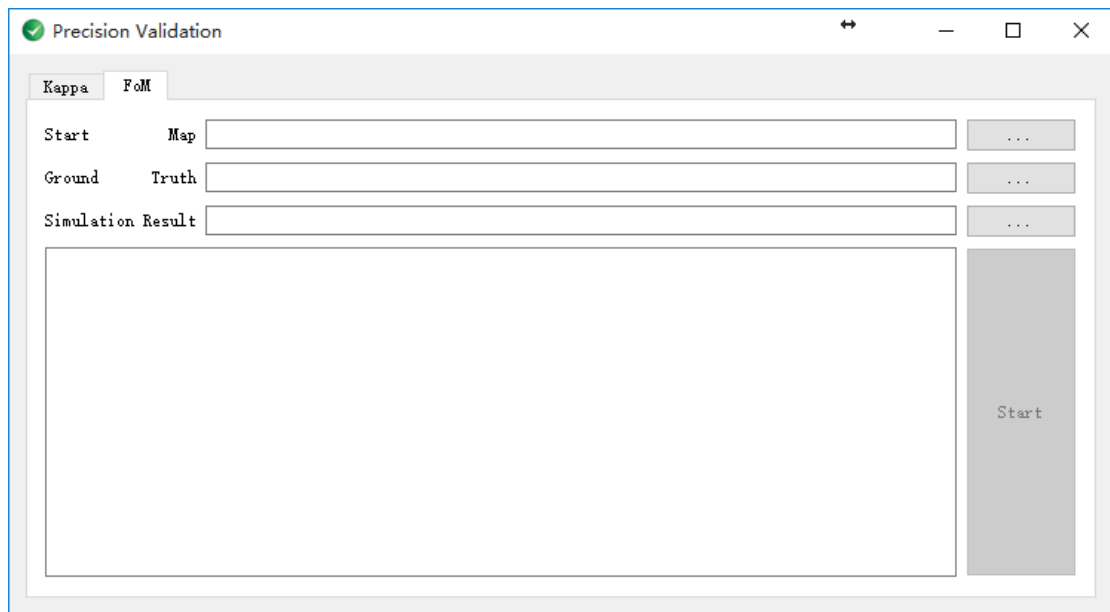
```
[Confusion Matrix]
Land use types, type1, type2, type3, type4, type5, total
type1, 5171, 939, 1056, 298, 475, 7939
type2, 1588, 3252, 571, 61, 34, 5506
type3, 656, 856, 2273, 250, 321, 4356
type4, 210, 197, 286, 2869, 685, 4247
type5, 302, 170, 231, 771, 1371, 2845
total, 7927, 5414, 4417, 4249, 2886, 24893.000000

[Kappa Coefficient]
Kappa, 0.485152

[Overall Accuracy]
Overall, 0.600008
```

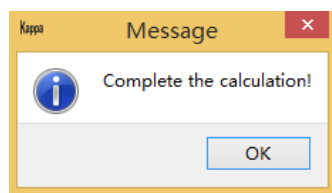
### 3.5.2. 计算 FoM 指标

选择主菜单上 **Validation** → **Precision Validation** → **FoM**，打开 **FoM** 系数计算模块。

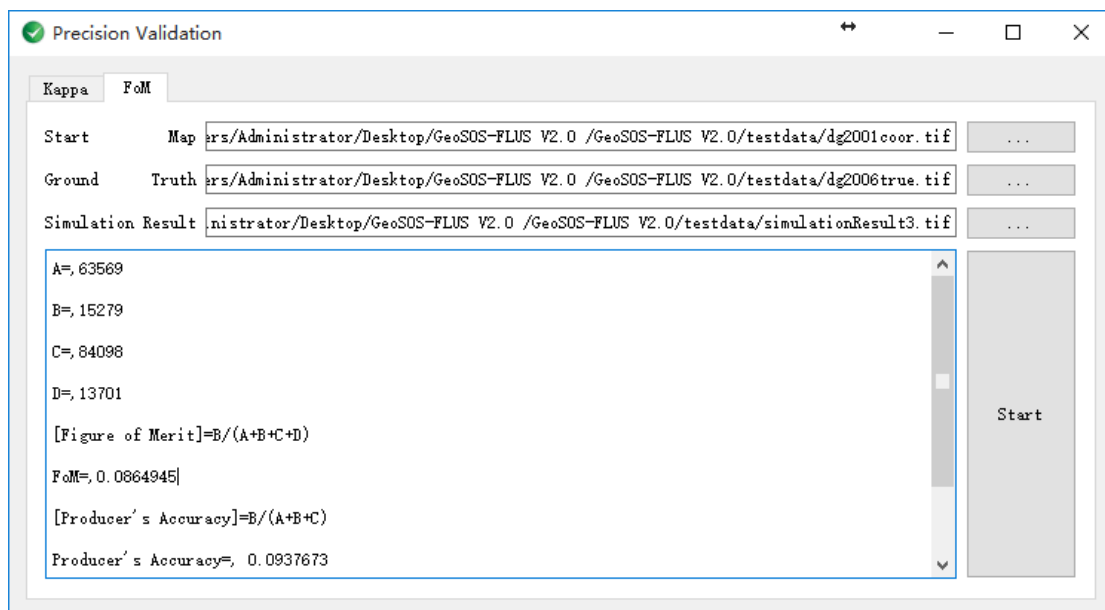


。单击第一行 **Start Map** 右侧的  按钮，加载真实的 2001 年的初始土地利用数据“dg2001coor.tif”。单击第二行 **Ground Truth** 右侧的  按钮，加载真实的 2006 年的土地利用数据“dg2006ture.tif”。单击第三行 **Simulation Result** 右侧的  按钮，加载模拟的 2006 年的土地利用数据“SimulationResult.tif”。

完成以上设置后，单击右侧的  按钮，计算 FoM 系数。弹出完成的提示窗口。



计算结果会在界面上显示，并保存在软件目录下的 **FoM.csv** 文件中。



## 4. 软件操作注意

(1) GeoSOS-FLUS 软件所输入的土地利用分类栅格数据，土地类型编码需要从 1 开始，并且要求类型编码连续。比如，模拟 5 种土地类型的相互变化，那么土地利用数据中 5 种有效土地类型的编号分别为：1，2，3，4，5。NoData Value 则可以是这 5 个编号以外的任何值。

(2) FLUS 模型所有输入的栅格数据，包括土地利用分类数据、适宜性概率数据和转换限制数据，需为同一地区的图像，图像的行列数要一致。软件支持 tiff、jpg、img、ASCII 等常用栅格数据格式。

(3) 元胞自动机模块将自动保存最近一次模拟时的所有输入参数到两个配置文件中：`config_color.log`，`config_mp.log`。在进行同一地区的重复实验时，GeoSOS-FLUS 软件会自动加载这些参数，不需用户重复输入。减少了用户的操作负担，方便使用者进行多次实验。**但有一点要特别注意，当更改研究区域时，请先删除这些配置文件并重新设定新的区域的模拟参数，重新生成这两个记录文件。**

## 5. 配置文件及记录文件说明

FLUS 模型在运行过程中将生成两种文件：配置文件与记录文件。

### 5.1. 配置文件

`config_color.log` 记录了上一次完成的模拟所用的土地类型的显示的颜色 RGB 值、土地类型的名称以及初始年份各类土地类型的像元数。

```

1 [Index, Count, Land Use Type, R, G, B]
2 1,46989,城市,170,0,127
3 2,54427,水体,0,0,255
4 3,59899,耕地,0,255,0
5 4,49516,林地,0,85,0
6 5,38090,果园,255,255,0

```

config\_mp.log 记录了上一次完成的模拟的土地需求、成本矩阵、迭代次数与模型加速参数。

```

1 [Number of types]
2 5
3 [Future Pixels]
4 80016
5 54427
6 43599
7 42433
8 28446
9 [Cost Matrix]
10 1,0,0,0,0
11 0,1,0,0,0
12 1,1,1,1,0
13 1,0,1,1,0
14 1,0,1,0,1
15 [Intensity of neighborhood]
16 1
17 1
18 1
19 1
20 1
21 [Iterative times]
22 300
23 [Size of neighborhood]
24 3
25 [Accelerated factor]
26 0.1
--

```

## 5.2. 记录文件

**NetworkInput.csv:** 随机采样后用于神经网络的训练数据，在“基于神经网络的适宜性概率计算模块”中生成。可用于查看并判断神经网络的输入是否正确。

**ANNoutput.log:** 记录神经网络的训练精度。

**logFileTrain.log:** 记录用于训练神经网络的驱动力数据与土地利用数据的路径。

**output.log:** 记录元胞自动机模拟的参数以及各类土地类型在每次迭代时的像元数。

**logFileSimulation.log:** 记录元胞自动机模拟时所用的驱动力数据、土地利用数据、限制转化区域以及模拟结果的保存路径。

**Kappa.csv:** 记录模拟结果的 Kappa 系数与总体精度。

**FoM.csv:** 记录模拟结果的 FoM 系数与用户精度。