



# GeoTree 系统

Version 1.0

# 用户使用手册

<http://www.sssampling.cn/GeoTree/>

201 空间分析组

资源与环境信息系统国家重点实验室

中国科学院地理科学与资源研究所



中国科学院地理科学与资源研究所  
Institute of Geographic Sciences and  
Natural Resources Research, CAS

2022 年 05 月

## 法律声明

本文档的版权为中国科学院地理科学与资源研究所 **201 空间分析组** (geodetector.cn)，受中国著作法和著作权国际公约的保护。未经 201 空间分析组书面许可，不得以任何方式或理由对该文档的任何部分进行使用、复制、修改、抄录、转播或与其它产品捆绑使用、销售，侵权必究。

“GeoTree”是 201 空间分析组的注册商标，受法律保护，未经 201 空间分析组书面许可，不得以任何方式或理由对该商标的任何部分进行使用、复制、修改、传播或其它产品捆绑使用、销售，侵权必究。

本文档并不代表供应商及其代理的承诺，201 空间分析组可在不作任何声明的情况下对本文档进行修改。

本文档中提到其他公司及其产品的商标所有权为该公司所有。未经该权利人的书面同意，不得以任何方式或理由进行使用、复制、修改、抄录、传播。

本手册中所涉及的软件产品及其后续升级产品均由 201 空间分析组研发、销售。

本软件提供的示范数据版权归 201 空间分析组所有，未经该权利人的书面同意，不得以任何方式或理由进行复制、修改、抄录、传播。

使用本软件请同时标注引用：

1. Wang JF, Liu XH, Peng L, Chen HY, Driskell L, Zheng XY. 2012. [Cities evolution tree and applications to predicting urban growth](#). **Population and Environment** 33(2-3): 186-201.
2. Wang JF, Zhang TL, Fu BJ. 2016. [A measure of spatial stratified heterogeneity](#). **Ecological Indicators** 67: 250-256.

# 目录

|                                      |           |
|--------------------------------------|-----------|
| <b>1 欢迎使用地理演化树 GeoTree</b> .....     | <b>1</b>  |
| 1.1 产品简介.....                        | 1         |
| 1.2 功能.....                          | 1         |
| 1.2.1 文件.....                        | 1         |
| 1.2.2 模型.....                        | 1         |
| 1.2.3 分析.....                        | 2         |
| 1.2.4 可视化.....                       | 2         |
| 1.2.5 帮助.....                        | 2         |
| 1.3 软件下载和安装.....                     | 2         |
| 1.3.1 硬件.....                        | 2         |
| 1.3.2 软件.....                        | 2         |
| <b>2 系统使用说明</b> .....                | <b>3</b>  |
| 2.1 功能框架.....                        | 3         |
| 2.2 文件.....                          | 3         |
| 2.2.1 打开数据.....                      | 3         |
| 2.2.2 导出数据.....                      | 4         |
| 2.2.3 关闭数据.....                      | 5         |
| 2.2.4 退出.....                        | 5         |
| 2.3 模型.....                          | 6         |
| 2.3.1 Geodetector q 统计分析.....        | 6         |
| 2.3.2 多水平模型分析.....                   | 7         |
| 2.4 聚类分析处理.....                      | 8         |
| 2.4.1 一级枝条聚类.....                    | 8         |
| 2.4.2 二级枝条聚类.....                    | 9         |
| 2.5 可视化.....                         | 11        |
| 2.5.1 生成地理演化树.....                   | 11        |
| 2.5.2 地图.....                        | 15        |
| 2.5.1 马尔科夫链.....                     | 18        |
| <b>3 案例 1：中国城市地理演化</b> .....         | <b>21</b> |
| 3.1 一级枝条：城市类型划分.....                 | 21        |
| 3.2 二级枝条：城市发展阶段划分.....               | 24        |
| 3.3 演化树构建.....                       | 28        |
| 3.4 发展阶段转化.....                      | 30        |
| <b>4 案例 2：全球非传染性疾病发病率地理演化树</b> ..... | <b>33</b> |
| 4.1 一级枝条：国家类型划分.....                 | 33        |

|                                   |           |
|-----------------------------------|-----------|
| 4.2 二级枝条：发展阶段划分 .....             | 33        |
| 4.3 二维树模型构建 .....                 | 33        |
| <b>5 案例 3：全球国家土地扩张地理演化树 .....</b> | <b>38</b> |
| 5.1 枝条划分 .....                    | 38        |
| 5.2 演化树构建 .....                   | 38        |
| 5.3 发展阶段转化 .....                  | 41        |
| <b>6 参考文献 .....</b>               | <b>44</b> |
| <b>7 研发人员</b>                     |           |

# 1 欢迎使用地理演化树 GeoTree

## 1.1 产品简介

GeoTree 软件是由中国科学院地理科学与资源研究所 **201 空间分析组** 研发，采用“树”状结构探索时空分类演化现象的计算机可视化探索性分析软件。对于具有演化机制的时空过程，可以利用横断面数据重构其分类时间演化过程，将多维数据中隐藏的机理关联和演化变异以“树”状结构清晰的表现出来，可用于区域演化的预测预报，用于进一步理解相关的环境与社会经济现象及其变化趋势。

## 1.2 功能

主要包括五大模块：文件、模型、分析、可视化、帮助五大模块。

### 1.2.1 文件

文件部分包括系统文件的导入，导出与编辑功能。系统中用到的文件类型主要包括两个部分，聚类数据和地图数据。

聚类数据允许.csv, .xls, .xlsx 格式的数据，聚类分析将依据这些数据进行分析，并以此构建具有层次结构的树模型。地图数据主要是显示研究单元的 SHP 数据，用于与树模型进行交互查询。

### 1.2.2 模型

模型部分包括多水平模型分析和 Geodetector q 统计分析。

**多水平模型分析：**系统提供对两级枝条数据聚类结果进行多水平模型分析功能。基于 R 统计软件，实现对一级枝条（表示分类）和二级纸条（表示演化阶段）进行多水平模型分析统计，并展示统计的结果。

**Geodetector q 统计分析：**分析输入的某因子 X 对研究对象 Y 空间分异的解释程度。q 值得计算公式如下：

$$q = \left( 1 - \frac{\sum_{h=1}^L N_h \sigma_h^2}{N \sigma^2} \right) \times 100\%$$

式中： $h = 1, \dots, L$  为变量 Y 或因子 X 的分层（Strata），即分类、分区、分组、或某种划分； $N_h$  和  $N$  分别为层  $h$  和总体的单元数； $\sigma_h^2$  和  $\sigma^2$  分别是层  $h$  和总体的 Y 值的方差。q 的值域为[0,1]。关于 Geodetector q 统计分析更多参

考请查 [www.geodetector.cn](http://www.geodetector.cn)。

### 1.2.3 分析

分析模块包含一级枝条聚类 and 二级枝条聚类两个子模块。利用导入系统的多个属性字段进行聚类，聚类结果可作为下一步构建演化树依据。

系统所包含的聚类方法有 Simple K-means、EM、Filtered、Hierarchical、Farthest First 和 Wards 方法。另外，二级枝条聚类模块中提供了依据城市的社会发展水平进行聚类的方法。

### 1.2.4 可视化

可视化模块主要包括演化树构建和马尔科夫链两个子模块。该模块提供对聚类分析的结果进行树模型的构建，以具有层次结构的树木形态来展示研究对象的演化规律，支持和地理数据联动展示；并利用马尔科夫链分析各枝条不同状态之间的转换。

### 1.2.5 帮助

包含软件的用户使用手册、案例以及软件版权信息。

## 1.3 软件下载和安装

GeoTree V1.0 的下载请访问 <http://www.sssampling.cn/GeoTree>。下载完成后，将此文件解压缩到想要安装它的任意位置，例如 Program Files 目录。

### 1.3.1 硬件

表 1.1 硬件配置表

| 类别   | 配置名称               |
|------|--------------------|
| 硬件配置 | CPU: 双核, 内存: 4G 以上 |

### 1.3.2 软件

表 1.2 软件配置表

| 类别      | 配置名称                                      |
|---------|---|
| 操作系统及版本 | Windows7 及以上                              |
| 其它软件及版本 | Jdk1.8 32 位并配置好环境变量, AccessDatabaseEngine |

## 2 系统使用说明

### 2.1 功能框架

双击桌面图标，进入系统主页面，如下图。

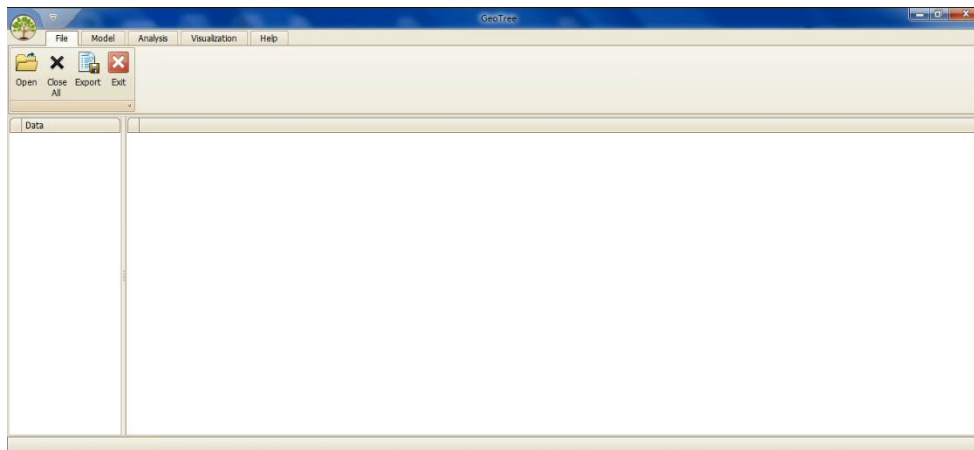


图 2.1 主界面

地理演化树主要主界面是 **Ribbon** 风格，界面包含以下几个部分：

菜单栏：包含系统的主要菜单模块：文件、模型、分析、可视化、帮助；

数据列表：展示打开的数据文件列表；

视图窗口：展示数据列表选中的数据信息；

### 2.2 文件

该模块包含：打开数据、导出数据、关闭数据、退出，主要作用是将待分析的数据导入系统，进行数据展示和数据处理；系统支持对数据的简单编辑（编辑后的数据不会直接保存到源数据文件）。

#### 2.2.1 打开数据

##### 2.2.1.1 功能简述

打开符合标准的数据，数据支持.csv,.xls, xlsx 格式的数据。

##### 2.2.1.2 操作过程

点击【打开数据】，弹出数据选择对话框如图 2.2，勾选需要打开的数据，点击【打开】，系统加载选择的数据文件，数据加载完成【数据列表】窗口展示数据文件的列表信息，鼠标点击某一数据，右侧视图窗口展示该数据表的原始数据，如图 2.3 所示。

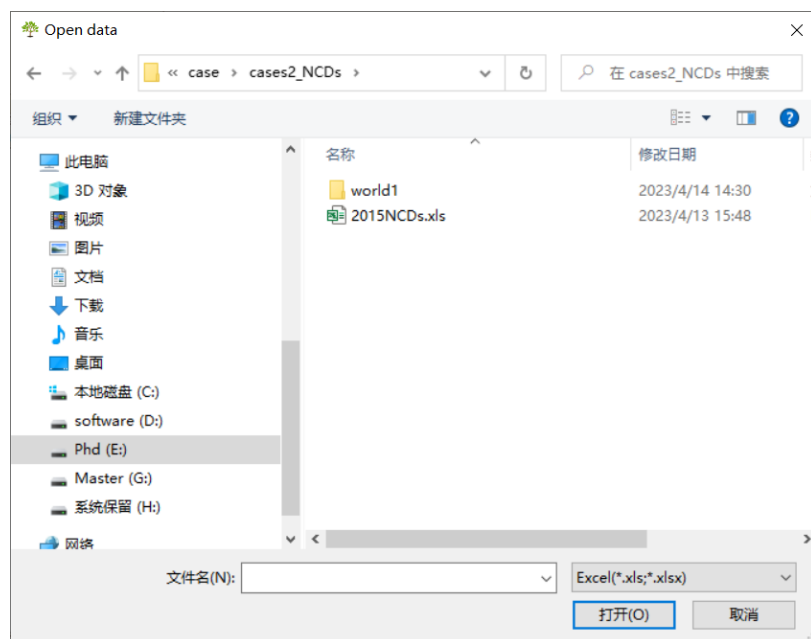


图 2.2 打开数据

| Data         | Country     | code | type | Inciden...  | ART | Country1    |
|--------------|-------------|------|------|-------------|-----|-------------|
| 2015shiv.xls | AFGHANIS... | AFG  | 3    | 2.074904... | 1   | AFGHANIS... |
| Sheet1       | ALBANIA     | ALB  | 3    | 0           | 2   | ALBANIA     |
|              | ANDORRA     | AND  | 4    | 0           | 3   | ANDORRA     |
|              | UNITED A... | ARE  | 1    | 5.898865... | 1   | UNITED A... |
|              | ARGENTINA   | ARG  | 4    | 14.55625... | 3   | ARGENTINA   |
|              | ARMENIA     | ARM  | 1    | 2.399766... | 1   | ARMENIA     |
|              | ANTIGUA ... | ATG  | 2    | 20.01541... | 2   | ANTIGUA ... |
|              | AUSTRALIA   | AUS  | 4    | 1.635166... | 3   | AUSTRALIA   |
|              | AUSTRIA     | AUT  | 4    | 3.586842... | 3   | AUSTRIA     |
|              | AZERBAIDAN  | AZE  | 1    | 3.730824... | 2   | AZERBAIDAN  |
|              | BURUNDI     | BDI  | 3    | 65.20074... | 2   | BURUNDI     |
|              | BELGIUM     | BEL  | 4    | 1.862660... | 3   | BELGIUM     |
|              | BENIN       | BEN  | 3    | 51.05923... | 2   | BENIN       |
|              | BURKINA ... | BFA  | 3    | 33.24015... | 3   | BURKINA ... |
|              | BANGLAD...  | BGD  | 3    | 0.316375... | 1   | BANGLAD...  |
|              | BULGARIA    | BGR  | 2    | 1.950406... | 1   | BULGARIA    |
|              | BAHRAIN     | BHR  | 1    | 4.373640... | 1   | BAHRAIN     |
|              | BAHAMAS     | BHS  | 4    | 28.43567... | 3   | BAHAMAS     |
|              | BOSNIA A... | BIH  | 2    | 0           | 2   | BOSNIA A... |
|              | BELARUS     | BLR  | 1    | 14.43683... | 2   | BELARUS     |

图 2.3 数据浏览

在视图窗口可对数据进行简单修改，数据修改后可以使用【导出数据】功能把修改后的数据导出。

数据列表中选中目标数据，右键【移除】，移除选中的数据。

## 2.2.2 导出数据

### 2.2.2.1 功能描述

导出用户所需要的数据，支持导出 csv, xls, xlsx 格式。

### 2.2.2.2 操作过程

点击【导出数据】，弹出导出数据对话框，如图 2.4 所示；

列表中展示当前系统打开的数据，选中待导出的数据表，点击【保存】设置文件的输出路径和输出格式，点击【导出】，系统把选中的数据输出为指定格式数据文件；点击【取消】，取消数据导出，关闭窗口体；

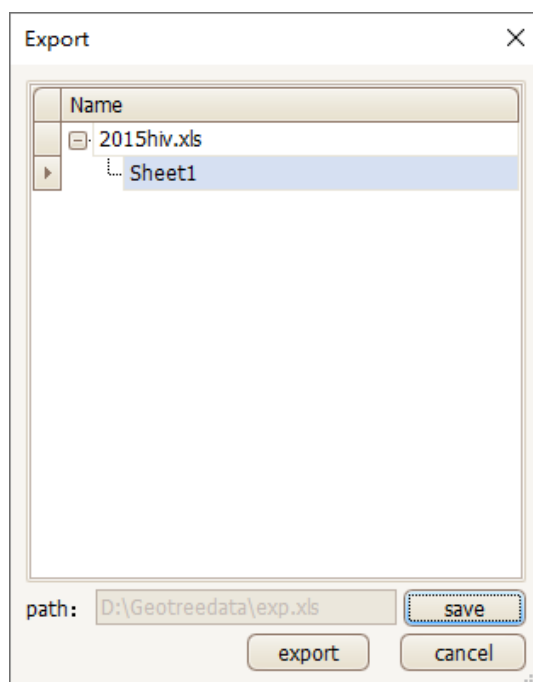


图 2.4 导出数据

## 2.2.3 关闭数据

### 2.2.3.1 功能简述

关闭数据文件，将展示窗体恢复到初始状态。

### 2.2.3.2 操作过程

点击关闭按钮，关闭所有已经打开的数据，系统恢复到初始状态。

## 2.2.4 退出

### 2.2.4.1 功能描述

退出，即关闭系统。

### 2.2.4.2 操作过程

点击【退出】，关闭系统。关闭前需向用户确认。

## 2.3 模型

该功能模块包括 geodetector q 统计分析和多水平模拟分析：

### 2.3.1 Geodetector q 统计分析

#### 2.3.1.1 功能简述

对数据进行 geodetector q 统计分析，得出分析结果。

#### 2.3.1.2 操作过程

点击【q 统计分析】，弹出 q 统计分析对话框，如下图 2.5。

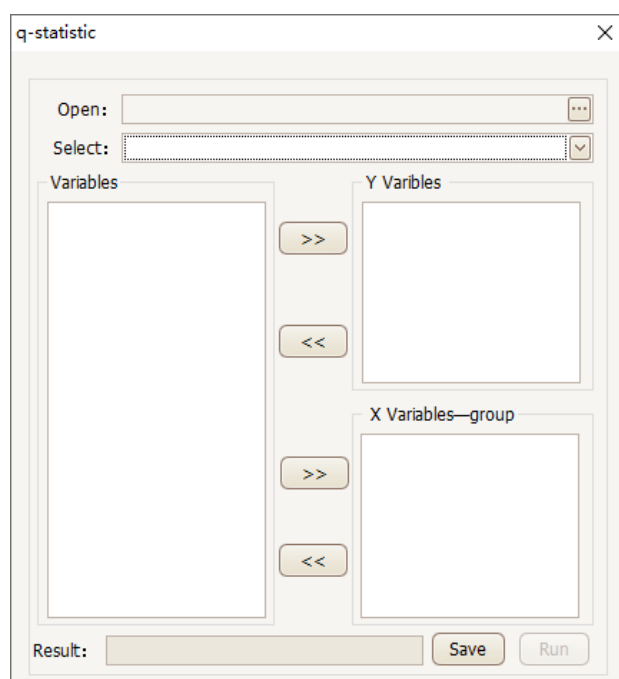



图 2.5 Geodetector q 统计分析

该功能的分析数据支持直接导入外部数据和选择系统当前打开的数据两种方式：

打开外部数据：点击打开数据按钮，弹出打开数据对话框，系统支持打开“.xls”“.xlsx”“.csv”文件；

打开已导入数据：如果系统已使用打开数据功能导入数据，可以直接在选择数据下拉框中选择目标数据；

参数设置：选择数据后，分析变量列表展示数据中所有属性字段，选中目标

字段，点击 **>>**，将字段添加到因变量或者组变量列表，点击 **<<**，将因变量或者组变量列表中选中的字段移除；

设置分析结果路径：点击 **Save**，设置分析结果输出路径，文件格式为.txt；

数据分析：点击 **Run**，进行 Geodetector q 统计分析，分析完成，系统弹出信息提示，并将 Geodetector q 分析结果保存到指定路径。

## 2.3.2 多水平模型分析

### 2.3.2.1 功能简述

对数据进行多水平模型分析。

### 2.3.2.2 操作过程

点击【多水平模拟分析】，弹出多水平模拟对话框，如图 2.6。

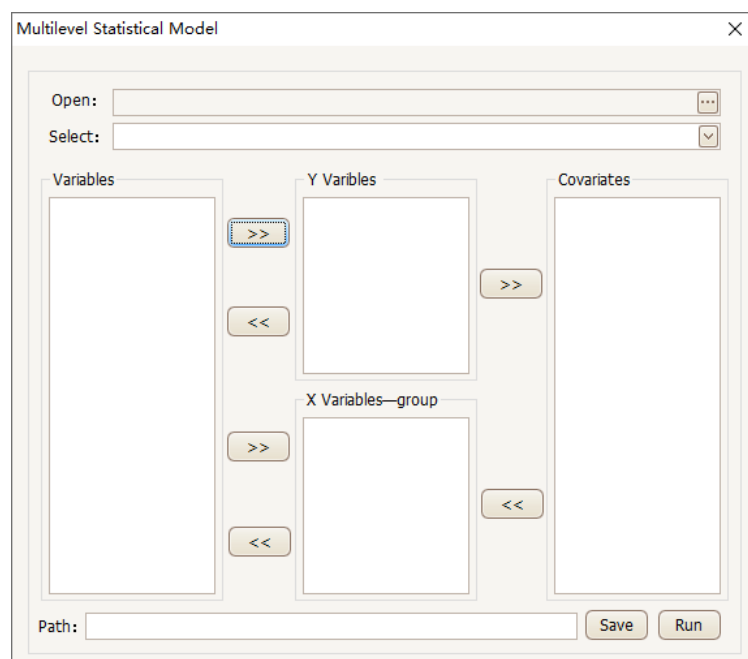





图 2.6 多水平模拟分析

该功能的分析数据支持直接导入外部数据和选择系统当前打开的数据两种方式；

打开外部数据：点击打开数据按钮 ，弹出打开数据对话框，系统支持打开“.xls”“.xlsx”，“.csv”，“.mdb”文件；

打开已导入数据：如果系统已使用打开数据功能导入数据，可以直接在选择

数据下拉框中选择目标数据；

参数设置：选择数据后，分析列表展示数据中所有属性字段，选中目标字段，点击 ，将字段添加到相应的因变量、协变量、组变量列表，点击 ，将相应变量列表中选中的字段移除；

设置分析结果路径：点击【保存】，设置分析结果输出路径，文件格式为.txt；

数据分析：点击【运行】，进行多水平模拟统计分析，分析完成，系统弹出分析完成信息提示，并将分析结果保存到指定路径。

## 2.4 聚类分析处理

该功能模块包括一级枝条聚类和二级枝条聚类。

### 2.4.1 一级枝条聚类

#### 2.4.1.1 功能简述

根据用户的需求，对数据进行聚类分析，获取一级枝条。

#### 2.4.1.2 操作过程

点击【聚类分析处理】模块中【一级枝条聚类】功能，弹出如下对话框，用户可以对数据进行一级聚类分析；如图 2.7 所示。

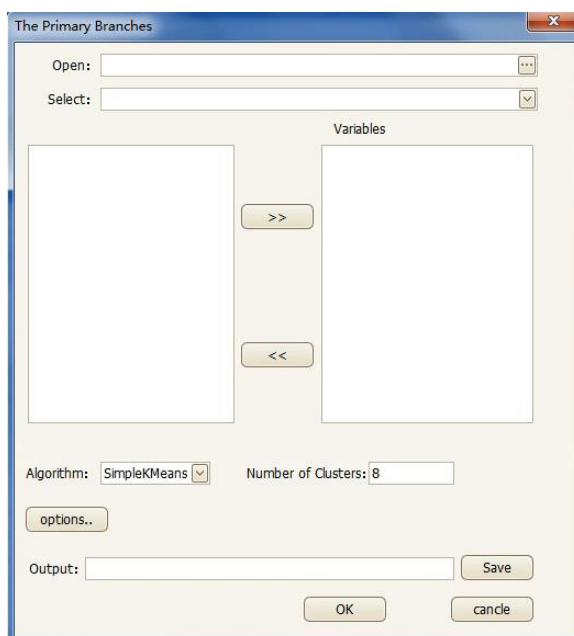



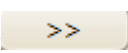
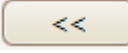
图 2.7 一级枝条聚类

该功能的分析数据支持直接导入外部数据和选择系统当前打开的数据两种

方式：

打开外部数据：系统打开外部待分析原始数据，点击打开数据按钮，弹出打开数据对话框，系统支持打开“.xls”文件；

选择数据：如果系统已使用打开数据功能导入数据，可以直接在选择数据下拉框中选择目标原始数据数据；

聚类变量选择：选择数据后，属性列表展示数据中所有属性字段，选中目标字段，点击，将字段添加到聚类列表，点击，将聚类列表中选中的字段移除；

参数设置：设置聚类列表、聚类器等参数；

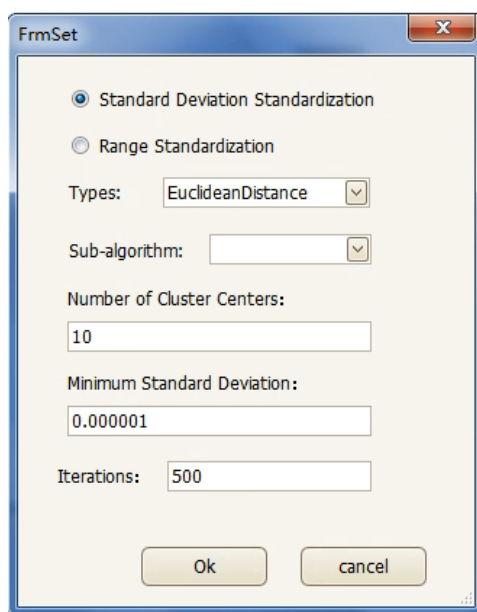


图 2.8 一级枝条聚类参数设置

设置分析结果保存路径：点击【保存】，设置聚类结果分析保存路径，保存文件格式为.xls。

聚类完成后，系统会自动加载聚类结果，用户可以直接浏览分析结果。完成一级枝条聚类后，关闭一级枝条聚类窗体，进行下一步二级枝条聚类分析。

## 2.4.2 二级枝条聚类

### 2.4.2.1 功能简述

对数据进行二级枝条聚类分析。

### 2.4.2.2 操作过程

点击【二级枝条聚类】，弹出二级枝条聚类分析对话框；二级聚类包括两种聚类方式，第一种是使用一级聚类方法再次进行聚类，如图 2.9 所示，第二种聚类方式是利用研究单元社会经济发展数据进行分析，如图 2.10。

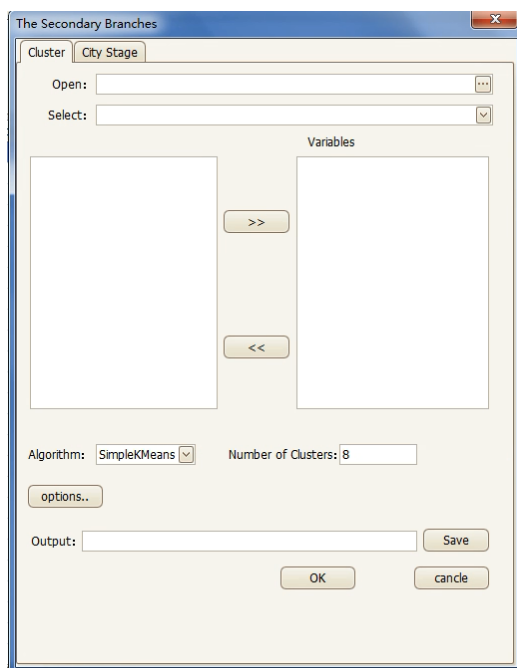


图 2.9 二级枝条聚类

聚类方法一：使用的是一级聚类分析方法进行数据聚类分析，操作过程参考一级枝条聚类过程。

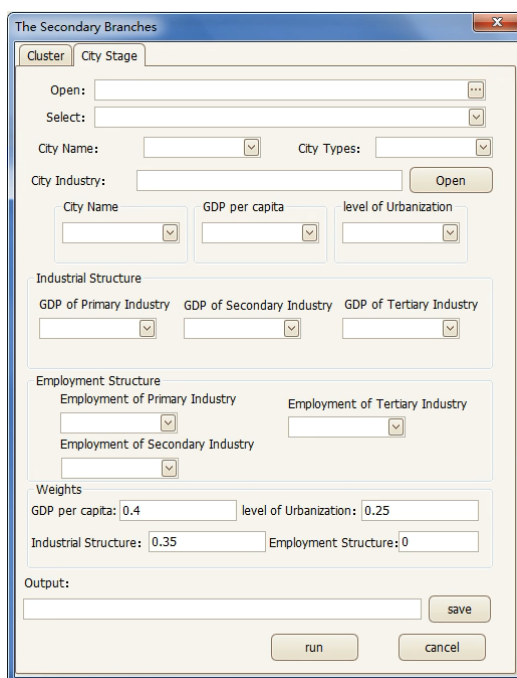


图 2.10 利用城市产业数据的二级枝条聚类

聚类方法二：

该功能的分析数据支持直接导入外部数据和选择系统当前打开的数据两种方式。

打开**研究单元社会经济发展数据**：点击【打开】，选择“.xls”格式的数据文件，导入**社会经济发展数据**。

参数设置：根据各数据框名称选择对应字段，注意**研究单元名称**应与一级枝条聚类结果研究单元名称一致；最后结合实际情况设置权重参数。

设置分析结果路径：点击【保存】，设置分析结果保存路径和文件名称，保存的文件格式为“.xls”。

二级枝条聚类分析：点击【运行】，运行二级枝条聚类分析。聚类完成后，系统会自动加载聚类结果，用户可以直接浏览分析结果。

## 2.5 可视化

### 2.5.1 生成地理演化树

#### 2.5.1.1 功能简述

用户可以导入数据或者选择已导入系统中的数据生成树。

#### 2.5.1.2 操作过程

点击【生成地理演化树】，弹出演化树数据导入界面。

导入数据生成演化树：选择【导入数据生成】，用户可以导入外部的聚类数据，用于生成地理演化树；

聚类结果生成演化树：系统可直接使用自身聚类分析的结果数据生成演化树；

选择数据：从打开的数据中选择数据生成树。

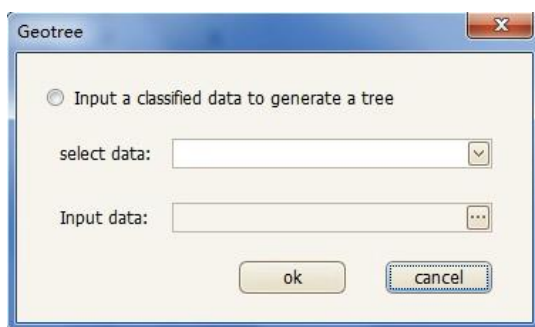


图 2.11 加载数据

点击【确定】，弹出参数设置界面，如下图 2.12:

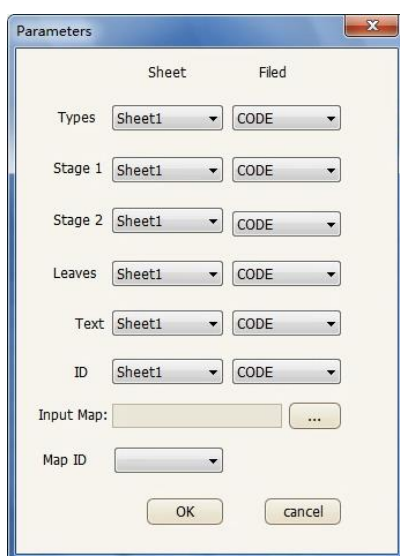


图 2.12 参数设置

参数设置：左侧展示打开的数据表（目前仅支持单表），右侧为对应的数据字段，用户通过字段选择，设置好 **Types**(一级枝条类型)、**Stage 1**（二级纸条类型）、**Stage 2**（不同时间点二级枝条类型，可为空）、**Leaves**（叶片颜色）、**Text**（叶子上的文本内容）；地图数据可以根据用户需求自行导入，如果导入地图数据，必须设置生成树的数据和地图数据的关联字段“ID”，地图数据的标记字段“Map ID”，并且 ID 字段中的数据不能出现重复。注意数据中字段名称不能含有空格。

点击【确定】，生成地理演化树，点击【取消】，取消生成树。图 2.13 为生成的地理演化树和对应地图：

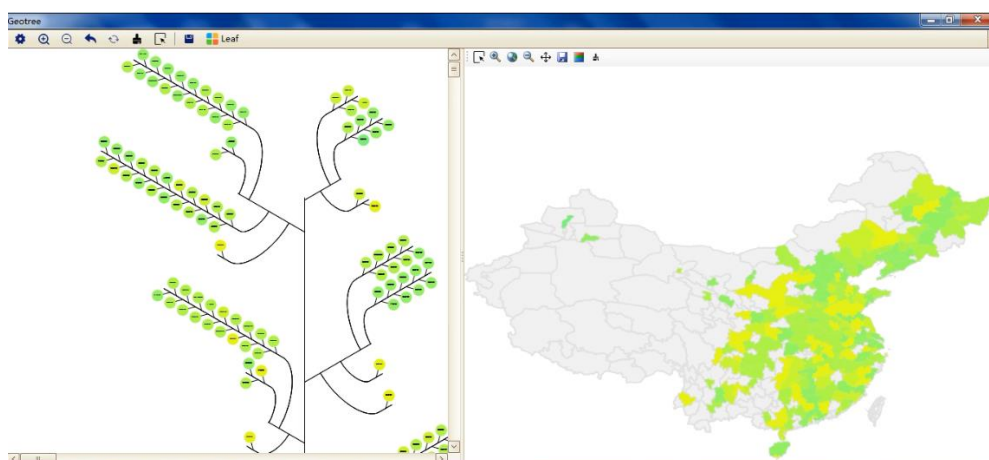



图 2.13 演化树与地图

左侧是生成的地理演化树，右侧是通过 ID 关联的地图数据。地图中研究单元的颜色和演化树中对应的叶子节点颜色保持一致，且叶子节点颜色变化后，地图相应单元的颜色也会相应调整。选择叶子节点，地图相应单元高亮居中显示；在地图中使用选择工具选择某一单元，相应叶子节点也会被选中。

演化树模块工具：演化树风格设置，演化树浏览、图片导出，重分类；

演化树风格设置：点击 ，弹出树风格设置窗体，如下图 2.14：

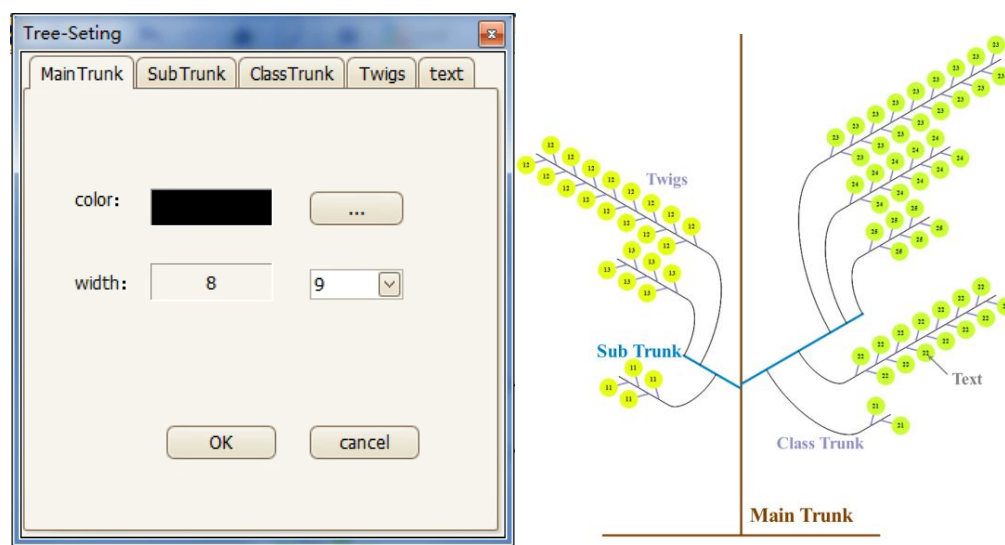


图 2.14 演化树风格设置

**MainTrunk:** 设置主枝干颜色和粗细；

**SubTrunk:** 设置二级枝干颜色和粗细；

**ClassTrunk:** 设置三级枝干颜色和粗细；

**Twigs:** 设置叶柄颜色和粗细；

**text:** 设置字体颜色；如下图 2.15，界面包含显示数字和文本两个单选，三个颜色设置按钮，一个文本大小设置按钮。当选择“text”时，叶片上显示单元名称，当选择数值选项时，叶片上显示单元对应的类型和发展阶段。可在下方设置叶片上文本的颜色和大小。

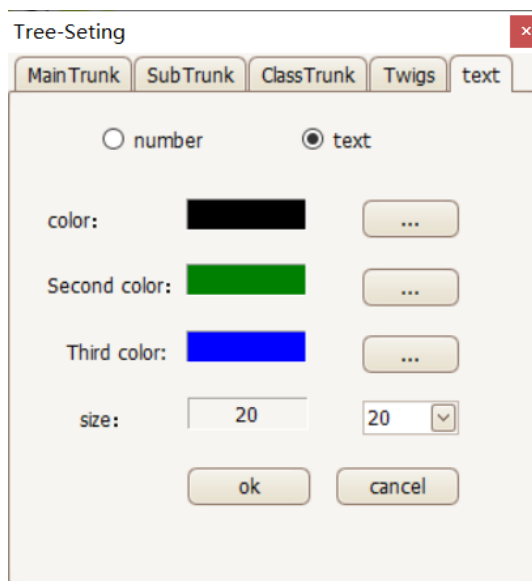






图 2.15 叶子文本风格设置

点击【OK】,应用设置,系统根据设置的风格重新绘制树,关联的地图也相应发生变化;

放大浏览: 点击 , 生成树按一定比例尺放大;

缩小浏览: 点击 , 生成树按一定比例尺缩小,

导出图片: 点击 , 弹出保存图片路径对话框, 设置文件路径和名称, 将生成树已图片的形式保存到相应路径下;

叶子渲染设置: 点击 , 弹出叶子分类渲染设置对话框, 如图 2.16;

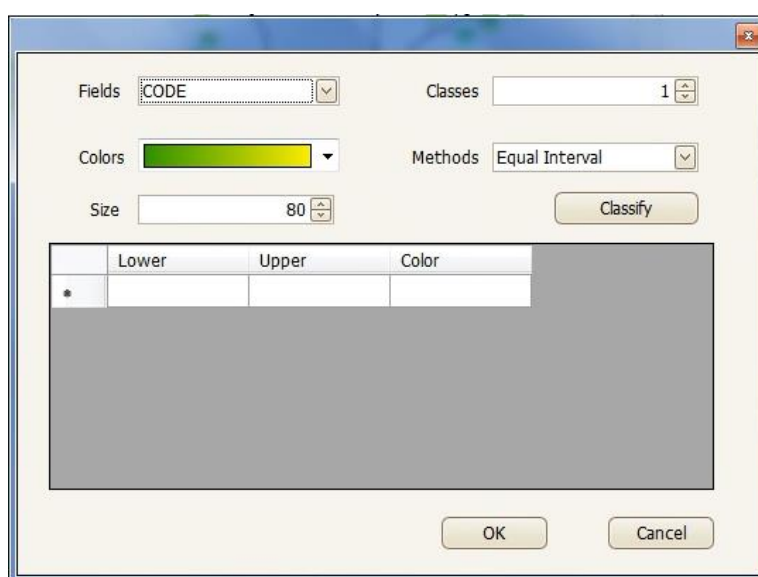


图 2.16 演化树叶子分类渲染

Fields: 选择分类字段;

Classes: 设置分类个数;

Colors: 选择分类渲染颜色带;

Methods:设置分类方法;

Size:设置叶子大小;

点击【Classify】，得出分类结果，如下图 2.17，划分好范围后，可对每分类的最大值、最小值、分类的颜色进行单独修改，设置 Remark 后，图例按照 Remark 显示。最后点击【OK】，应用上面设置的风格。

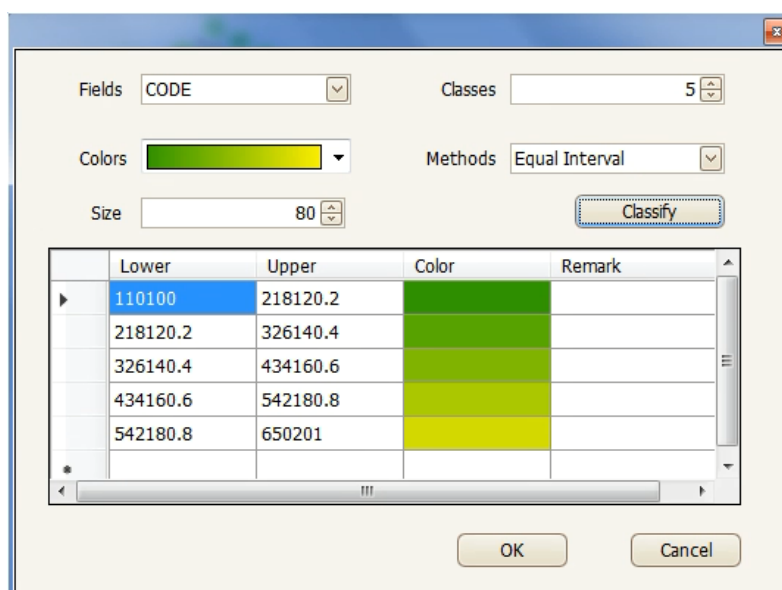


图 2.17 演化树分类渲染

生成树使用新的渲染设置重新绘制叶子颜色；同时地图也根据不同城市叶子节点颜色相应发生变化。

## 2.5.2 地图

### 2.5.2.1 功能简介

支持地图的放大、缩小，地图与树的联动，点击查询，地图导出为图片格式。

### 2.5.2.2 操作过程

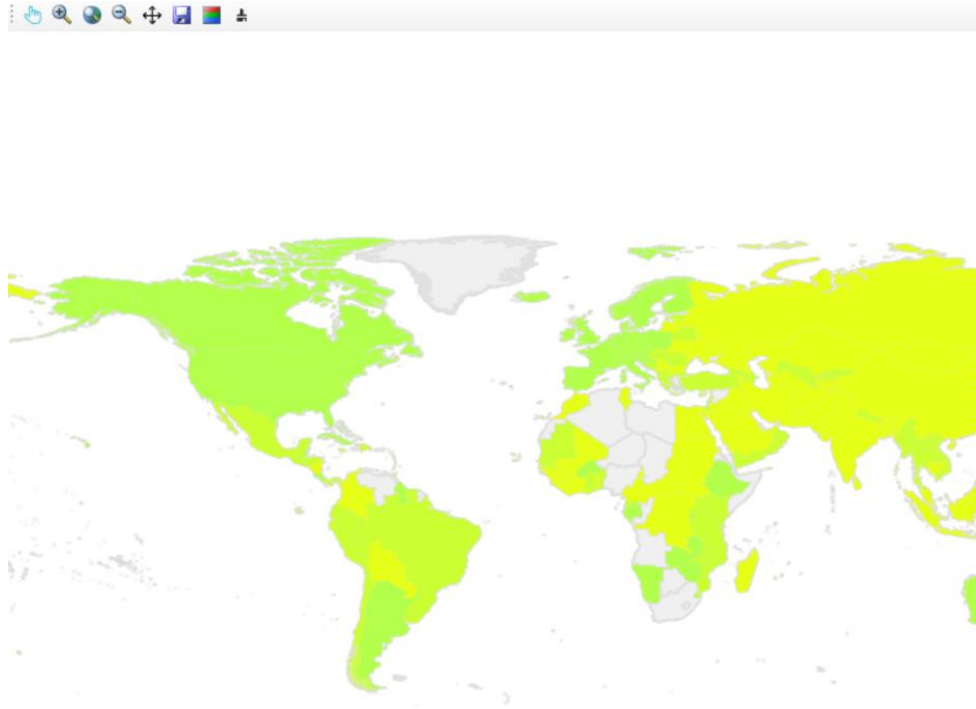




图 2.18 地图

地图查询：点击 ，在地图上点击想要查询的研究单元，本选中的研究单元处于高亮状态，左侧关联的演化树对应叶子也处于选中状态，界面下方弹出查询研究单元的聚类信息数据面板。如下图 2.19。


| id | Country                          | Code | type | stage | mortality ratio |
|----|----------------------------------|------|------|-------|-----------------|
| 27 | Burundi                          | BDI  | 1    | 2     | 31.3            |
| 18 | Benin                            | BEN  | 1    | 2     | 35.1            |
| 26 | Burkina Faso                     | BFA  | 1    | 2     | 32              |
| 32 | Central African Republic         | CAF  | 1    | 2     | 26.2            |
| 44 | Democratic Republic of the Co... | COD  | 1    | 2     | 27.2            |
| 52 | Eritrea                          | ERI  | 1    | 2     | 44.4            |
| 54 | Ethiopia                         | ETH  | 1    | 2     | 37.6            |
| 66 | Guinea                           | GIN  | 1    | 2     | 33.3            |

图 2.19 地图数据查询


地图放大：点击 ，地图拉框放大；

地图全图：点击 ，地图全图；

地图缩小：点击 ，地图拉框缩小；

数据漫游：点击 ，地图平移；

导出图片：点击 ，将地图保存为图片；

导出带有图例地图：点击  **地图图例**，弹出地图制图对话框，如下图 2.20，在图片上点击选择放置图例的位置，系统会在鼠标点击位置自动生成图例。点击【保存】，弹出地图保存对话框，选择保存路径和名称，将带图例的地图保存为图片；

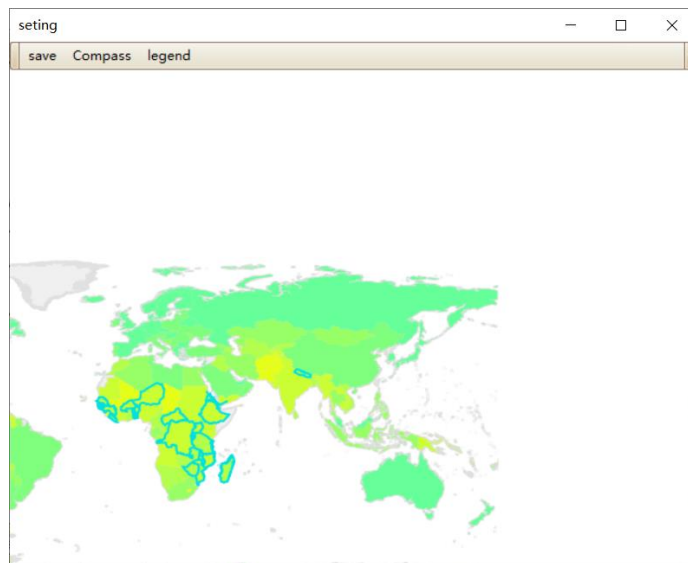


图 2.20 地图制图

Compass: 点击 **Compass** 弹出指北针样式选择框，选择目标指北针后点击【OK】，在图片上放置图例的位置点击鼠标，添加指北针。



图 2.21 选择指北针

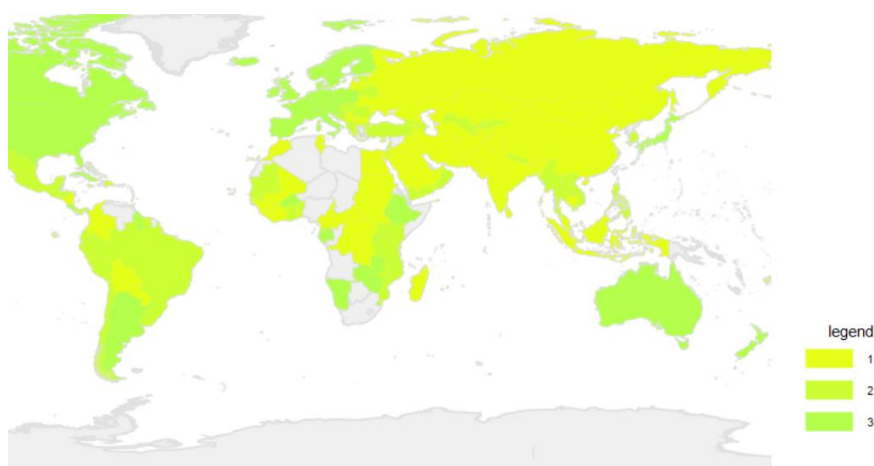


图 2.22 添加图例

Legend:添加图例，地图点击，添加图例。

Save: 保存地图。

## 2.5.1 马尔科夫链

### 2.5.1.1 功能简述

根据不同时间点研究单元的发展阶段变化，利用马尔科夫链分析各发展阶段之间的转移情况和概率矩阵。

### 2.5.1.2 操作过程

首先导入待分析数据，点击【马尔科夫链】，弹出马尔科夫链设置界面，如下图所示 2.23；

设置参数：在 **Table** 列，选择待分析的数据表（仅支持单表）；在 **Field** 列，设置 **Branch**（一级枝条类型）、**Twig-1**（时间点 1 二级枝条类型）、**Twig-2**（时间点 2 二级枝条类型）、**Statistics**（感兴趣的变量）；点击【确定】，生成马

尔科夫链。

结果的第一个页面是以示意图的形式展示二级纸条类型转变的研究单元数量和感兴趣变量的均值，如图 2.24；点击 ，去掉颜色设置。

第二个页面是二级枝条各类型间的概率转移矩阵，如图 2.25。

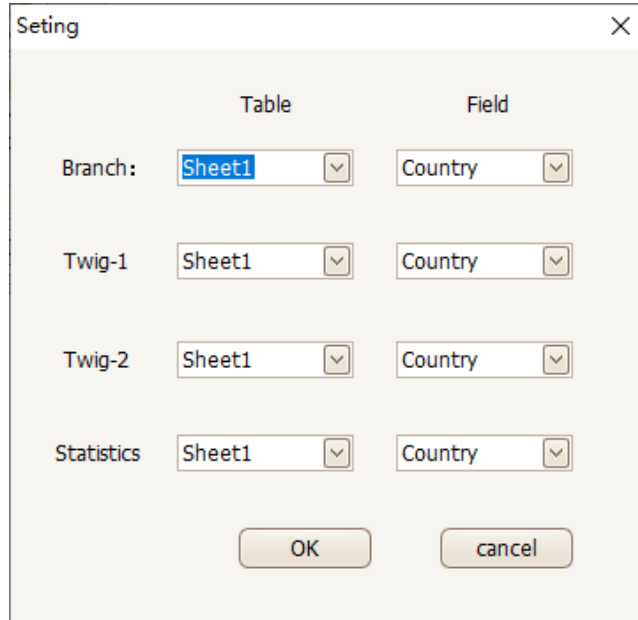


图 2.23 马尔科夫链参数设置

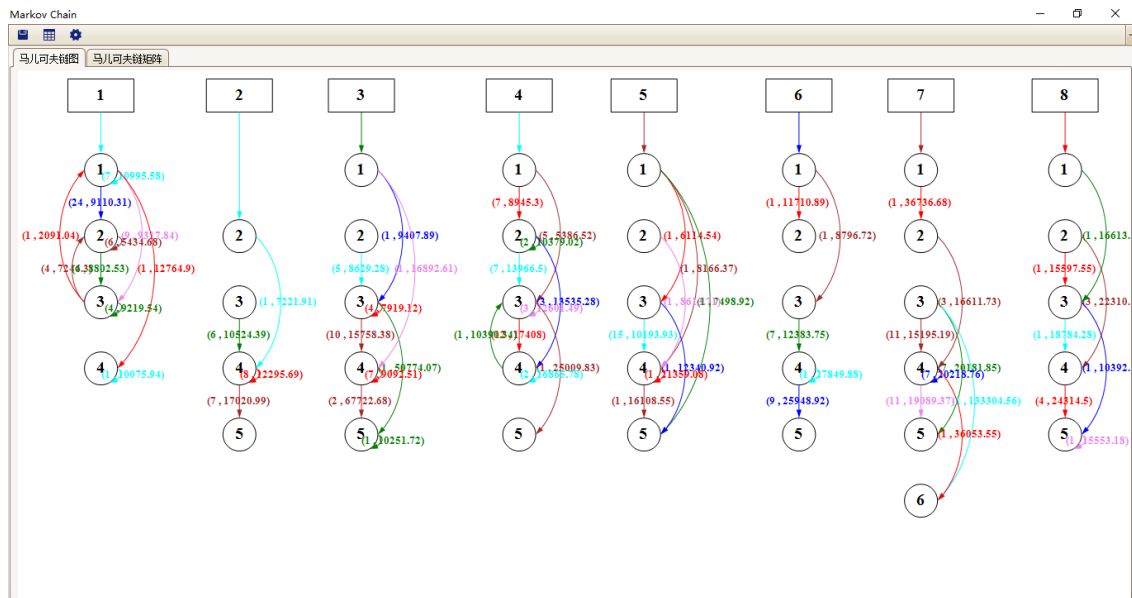
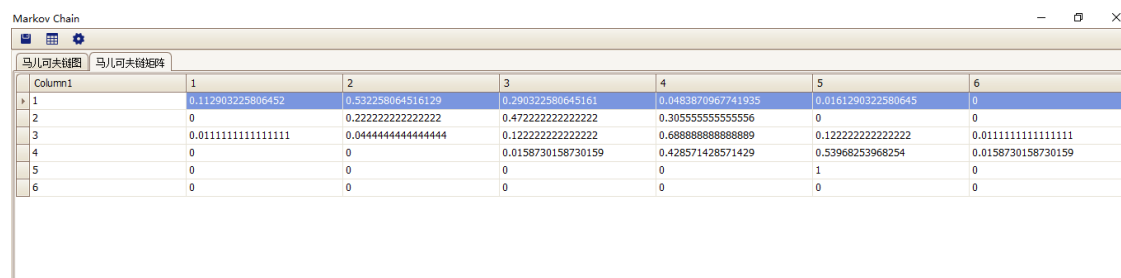




图 2.24 马尔科夫链



| Column1 | 1                  | 2                  | 3                  | 4                  | 5                  | 6                  |
|---------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 1       | 0.112903225806452  | 0.532258064516129  | 0.290322580645161  | 0.0483870967741935 | 0.0161290322580645 | 0                  |
| 2       | 0                  | 0.222222222222222  | 0.472222222222222  | 0.305555555555556  | 0                  | 0                  |
| 3       | 0.0111111111111111 | 0.0444444444444444 | 0.122222222222222  | 0.688888888888889  | 0.122222222222222  | 0.0111111111111111 |
| 4       | 0                  | 0                  | 0.0158730158730159 | 0.428571428571429  | 0.53968253968254   | 0.0158730158730159 |
| 5       | 0                  | 0                  | 0                  | 0                  | 1                  | 0                  |
| 6       | 0                  | 0                  | 0                  | 0                  | 0                  | 0                  |

图 2.25 概率转移矩阵

结果保存图片：点击 ，弹出保存图片对话框，设置保存的图片路径和文件名称，将结果保存为图片；

导出表格：点击 ，弹出导出文件选择对话框，设置文件保存的路径和名称，将概率转移矩阵结果保存为.xls 文件；

### 3 案例 1：中国城市地理演化

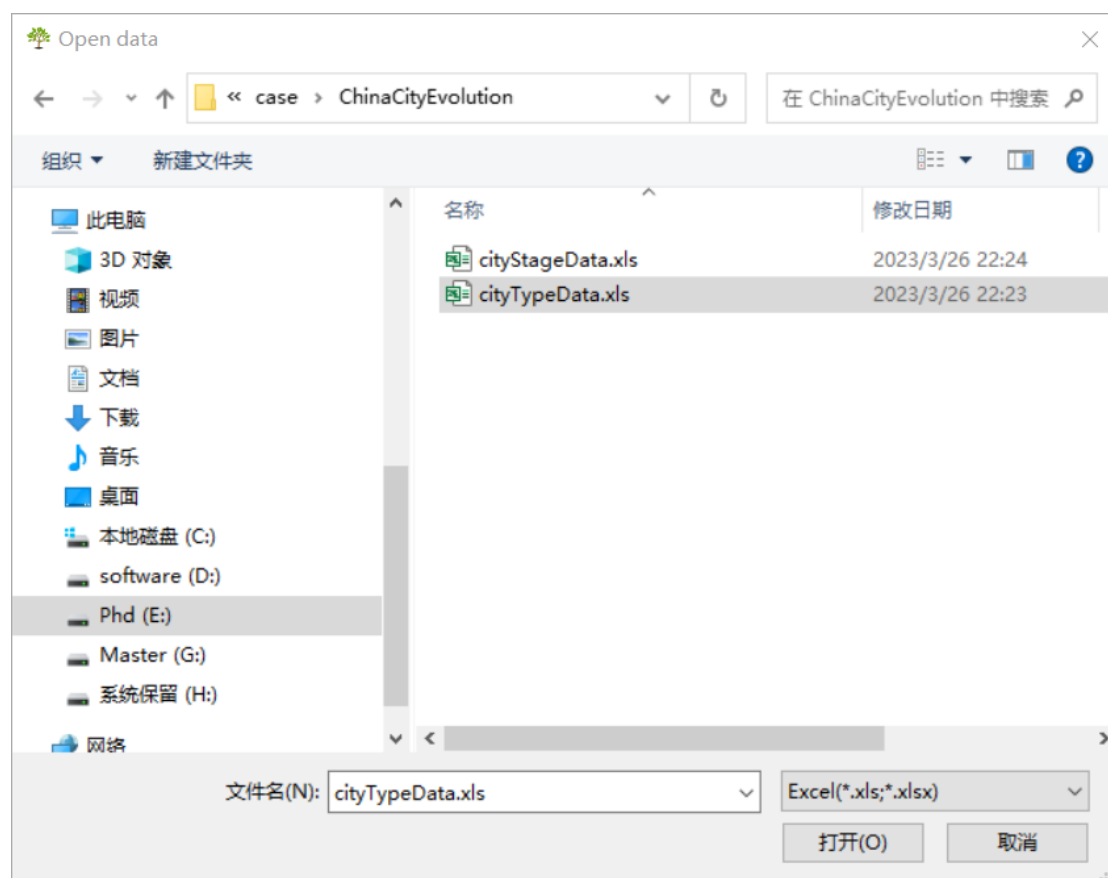
本案例采用地理演化树模型探究中国城市土地扩张与城市的类型和发展阶段之间的关系，一级枝条为城市类型，二级纸条为城市的发展阶段(WANG J 等, 2012)。详细请参见《空间分析教程》第二版第 19 章。

#### 3.1 一级枝条：城市类型划分

城市土地扩张与城市的职能类型有关，比如相同发达程度的工业城市应该比矿业城市具有更高的城市扩张率。因此首先对各城市按城市职能分类。

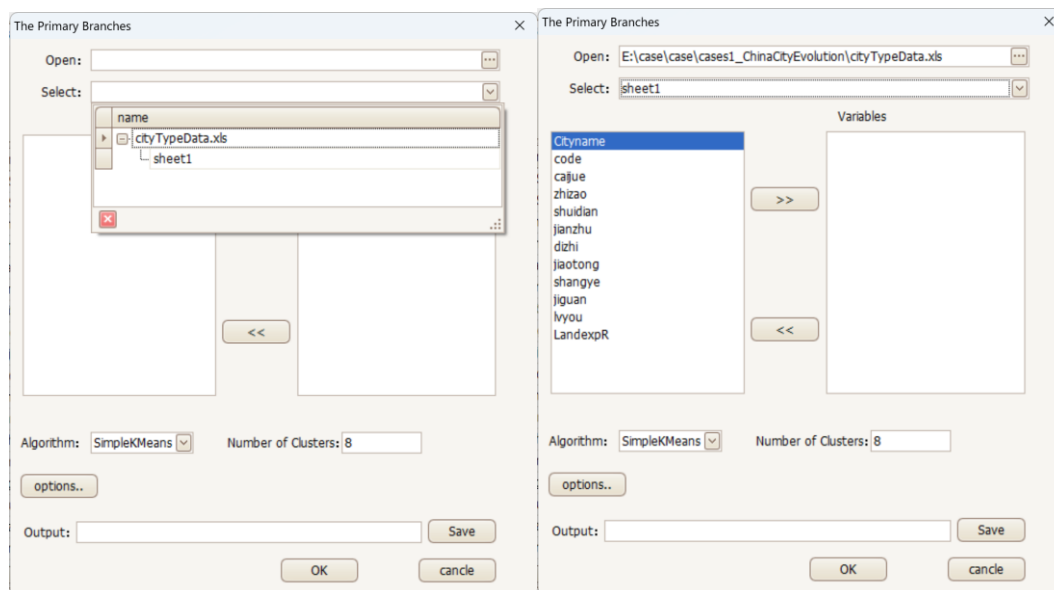
第五次人口普查资料将城市的经济活动共分为 16 个行业，本案例采用该数据划分城市的类型，由于共线性问题等问题，剔除部分数据并加入旅游职能指数，最后采用“采掘业”、“制造业”、“水电煤气业”、“建筑业”、“地质勘探业”、“交通邮电业”、“商业”、“机关团体”和“旅游职能指数”进行多元聚类。采用 k-means 方法依据分行业人口数据对城市进行聚类分析，具体操作如下：

首先切换到【File】模块，点击【Open】导入整理好的行业数据。

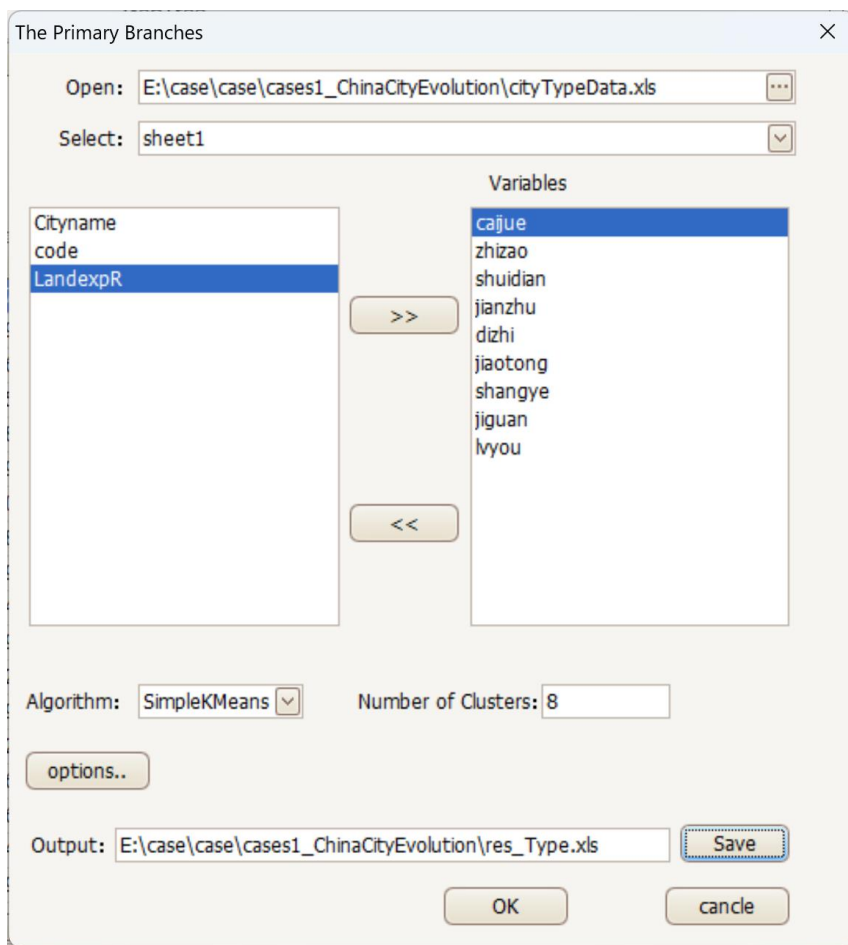


| Cityname     | code   | cajue       | zhizao      | shuidian    | jianzhu     | dizhi       | jaotong     | shangye     | jiguan      |
|--------------|--------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| BeijingShi   | 110000 | 0.008127... | 0.213973... | 0.008990... | 0.077769... | 0.001773... | 0.048357... | 0.181270... | 0.054480... |
| TianjinShi   | 120000 | 0.007039... | 0.287395... | 0.011914... | 0.041875... | 0.003502... | 0.053692... | 0.110126... | 0.038659... |
| Shijiazhu... | 130100 | 0.004056... | 0.142652... | 0.006134... | 0.036326... | 0.001021... | 0.030201... | 0.070066... | 0.029788... |
| TangshanShi  | 130200 | 0.039875... | 0.135245... | 0.008512... | 0.032086... | 0.001347... | 0.029664... | 0.058111... | 0.027975... |
| Qinhuang...  | 130300 | 0.010038... | 0.093767... | 0.006394... | 0.030394... | 0.000819... | 0.043009... | 0.064154... | 0.030723... |
| HandanShi    | 130400 | 0.025259... | 0.061474... | 0.005045... | 0.012728... | 0.001238... | 0.016476... | 0.031528... | 0.017974... |
| XingtaiShi   | 130500 | 0.011730... | 0.068560... | 0.003813... | 0.011092... | 0.000625... | 0.012628... | 0.031035... | 0.018155... |
| BaodingShi   | 130600 | 0.002708... | 0.104002... | 0.004163... | 0.038581... | 0.001438... | 0.018792... | 0.051963... | 0.020983... |
| Zhangjiak... | 130700 | 0.017269... | 0.090627... | 0.006166... | 0.029618... | 0.001289... | 0.027767... | 0.063123... | 0.033402... |
| ChengdeShi   | 130800 | 0.023504... | 0.069788... | 0.005258... | 0.038835... | 0.000579... | 0.028382... | 0.054650... | 0.032278... |
| CangzhouShi  | 130900 | 0.005949... | 0.076260... | 0.003588... | 0.018435... | 0.000888... | 0.018705... | 0.042977... | 0.022607... |
| LangfangShi  | 131000 | 0.005382... | 0.126470... | 0.004114... | 0.035121... | 0.001646... | 0.023223... | 0.064457... | 0.029110... |
| HengshuiShi  | 131100 | 0.000139... | 0.062927... | 0.003229... | 0.008974... | 0.000440... | 0.008684... | 0.031989... | 0.019824... |
| TaiyuanShi   | 140100 | 0.049972... | 0.242892... | 0.021065... | 0.049992... | 0.003692... | 0.065132... | 0.127979... | 0.056406... |
| DatongShi    | 140200 | 0.098716... | 0.085394... | 0.021231... | 0.023021... | 0.002371... | 0.059219... | 0.078877... | 0.037419... |
| Yangquan...  | 140300 | 0.172406... | 0.165805... | 0.025410... | 0.035469... | 0.000855... | 0.068634... | 0.094516... | 0.044708... |
| ChangzhiShi  | 140400 | 0.041244... | 0.088538... | 0.007890... | 0.022255... | 0.001043... | 0.037145... | 0.053227... | 0.029373... |
| JinchengShi  | 140500 | 0.101729... | 0.085487... | 0.008099... | 0.027236... | 0.000541... | 0.047197... | 0.063860... | 0.032767... |

选择【Analysis】模块，点击【The Primary Branches】，弹出如下对话框。  
在【Select】下拉框中选中上一步导入的产业数据。



左侧选中参与聚类的变量，点击 **>>**，加入 Variable 中。在 Algorithm 下拉框中选中聚类方法，Number of Cluster 处输入类别数量，在 Output 处设置结果的输出路径和名称，最后点【OK】得到聚类结果。



聚类结果会自动加载到系统中，并在聚类数据的基础上新加 Type 列，表示城市的类型。

| Cityname      | code   | cajue       | zhizao      | shuidian    | jianzhu     | dizhi       | jaotong     | shangye     | jiguan      | lyou        | Landexp...  | Type |
|---------------|--------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------|
| Beijing Shi   | 110100 | 0.008127... | 0.213973... | 0.00899007  | 0.077769... | 0.001773... | 0.048357... | 0.181270... | 0.05448087  | 250.4906... | 1.430327... | 8    |
| Tianjin Shi   | 120100 | 0.007039... | 0.287395... | 0.011914... | 0.041875... | 0.003502... | 0.053692... | 0.110126... | 0.038659... | 13.16402... | 0.779792... | 4    |
| Shijiazhua... | 130101 | 0.004056... | 0.142652... | 0.006134... | 0.036326... | 0.001021... | 0.030201... | 0.070066... | 0.029788... | 70.85938... | 0.8125      | 6    |
| Tangshan ...  | 130201 | 0.039875... | 0.135245... | 0.008512... | 0.032086... | 0.001347... | 0.029664... | 0.058111... | 0.027975... | 16.76009... | 0.918032... | 2    |
| Qinhuang...   | 130301 | 0.010038... | 0.093767... | 0.006394... | 0.030394... | 0.000819... | 0.043009... | 0.064154... | 0.030723... | 19.18401... | 0.253521... | 2    |
| Handan Shi    | 130401 | 0.025259... | 0.061474... | 0.005045... | 0.012728... | 0.001238... | 0.016476... | 0.031528... | 0.017974... | 36.08942... | 0.3875      | 3    |
| Xingtai Shi   | 130501 | 0.011730... | 0.068560... | 0.003813... | 0.011092... | 0.000625... | 0.012628... | 0.031035... | 0.018155... | 42.78438... | 0.891891... | 3    |
| Baoding Shi   | 130601 | 0.002708... | 0.104002... | 0.004163... | 0.038581... | 0.001438... | 0.018792... | 0.051963... | 0.020983... | 172.4751... | 0.1         | 6    |
| Zhangjiak...  | 130701 | 0.017269... | 0.090627... | 0.006166... | 0.029618... | 0.001289... | 0.027767... | 0.063123... | 0.033402... | 67.94401... | 0.217391... | 2    |
| Chengde Shi   | 130801 | 0.023504... | 0.069788... | 0.005258... | 0.038835... | 0.000579... | 0.028382... | 0.054650... | 0.032278... | 86.32330... | 1.857142... | 6    |
| Cangzhou ...  | 130901 | 0.005949... | 0.076260... | 0.00358899  | 0.018435... | 0.000888... | 0.018705... | 0.042977... | 0.022607... | 4.765672... | 0.352941... | 7    |
| Langfang ...  | 131001 | 0.005382... | 0.126470... | 0.004114... | 0.035121... | 0.001646... | 0.023223... | 0.064457... | 0.029110... | 0.130718... | 0.053571... | 6    |
| Hengshui ...  | 133001 | 0.000139... | 0.062927... | 0.003229... | 0.008974... | 0.000440... | 0.008684... | 0.031989... | 0.019824... | 5.873355... | 0.76        | 3    |
| Taiyuan Shi   | 140101 | 0.049972... | 0.242892... | 0.021065... | 0.049992... | 0.003692... | 0.065132... | 0.127979... | 0.056406... | 24.55399... | 0.384180... | 8    |
| Datong Shi    | 140201 | 0.098716... | 0.085394... | 0.021231... | 0.023021... | 0.002371... | 0.059219... | 0.078877... | 0.037419... | 111.8743... | 0.402597... | 5    |
| Yangquan...   | 140301 | 0.172406... | 0.165805... | 0.025410... | 0.035469... | 0.000855... | 0.068634... | 0.094516... | 0.044708... | 3.317351... | 0.238095... | 5    |
| Changzhi Shi  | 140401 | 0.041244... | 0.088538... | 0.007890... | 0.022255... | 0.001043... | 0.037145... | 0.053227... | 0.029373... | 304.049332  | 0.475       | 1    |
| Jincheng Shi  | 140501 | 0.101729... | 0.085487... | 0.008099... | 0.027236... | 0.000541... | 0.047197... | 0.063860... | 0.032767... | 580.5097... | 0.366666... | 1    |
| Shuozhou...   | 140602 | 0.045044... | 0.058174... | 0.017666... | 0.017682... | 0.001615... | 0.042807... | 0.058858... | 0.039808... | 10.05530... | 1           | 2    |
| Xinzhou Shi   | 142201 | 0.026832... | 0.056426... | 0.006940... | 0.029063... | 0.001397... | 0.027583... | 0.048356... | 0.037277... | 136.4322... | 1.142857... | 2    |
| Jinzhong Shi  | 142401 | 0.043236... | 0.137100... | 0.007345... | 0.028104... | 0.002433... | 0.039071... | 0.064463... | 0.031586... | 396.2331... | 0.56        | 1    |
| Linfen Shi    | 142601 | 0.039592... | 0.087864... | 0.008563... | 0.021354... | 0.001644... | 0.039013... | 0.057043... | 0.041282... | 132.6211... | 0.681818... | 2    |
| Yuncheng...   | 142701 | 0.005549... | 0.072221... | 0.004544... | 0.011867... | 0.000923... | 0.018500... | 0.036938... | 0.021688... | 428.7021... | 1.2         | 1    |
| Hohhot Shi    | 150101 | 0.002340... | 0.118095... | 0.013919... | 0.065539... | 0.004155... | 0.046078... | 0.115394... | 0.047962... | 21.83886... | 1           | 8    |
| Baotou Shi    | 150201 | 0.019533... | 0.203391... | 0.021845... | 0.070836... | 0.003223... | 0.065125... | 0.117164... | 0.029448... | 9.558931... | 0.228187... | 8    |
| Wuhan Shi     | 150301 | 0.134927... | 0.210459... | 0.034060... | 0.082417... | 0.002785... | 0.085256... | 0.135453... | 0.046885... | 0           | 0.125       | 8    |
| Chengfeng Shi | 150401 | 0.021283... | 0.047918... | 0.007197... | 0.028923... | 0.001043... | 0.02806849  | 0.049688... | 0.021842... | 85.97816... | 1.025       | 7    |
| Tongliao ...  | 152301 | 0.003196... | 0.026762... | 0.007585... | 0.010520... | 0.001667... | 0.026941... | 0.042036... | 0.023664... | 3.348120... | 1.275862... | 7    |

### 3.2 二级枝条：城市发展阶段划分

由农业经济向工业经济再向服务经济的过渡，是经济发展的一般规律。伴随着工业化进程，社会经济结构表现出一定的阶段性特征，城市扩张随经济发展阶段也应该表现出阶段性特征。

采用钱纳里和有关城市化阶段理论推导得到判断工业化阶段的指标体系（表 3.1）。根据城市的人均 GDP、产业结构、就业结构和城市化水平数据，计算出 2000 年和 2010 年中国 242 个城市所处的经济阶段。

表 3.1 城市经济阶段划分标准

| 阶段 | 人均 GDP<br>(1980 年<br>美元) | 产业结构/% |      |      | 就业结构/% |      |      | 城市化<br>水平/% | 经济发展阶段   |        |
|----|--------------------------|--------|------|------|--------|------|------|-------------|----------|--------|
|    |                          | 第一产业   | 第二产业 | 第三产业 | 第一产业   | 第二产业 | 第三产业 |             |          |        |
| 1  | 300~600                  | 39     | 26   | 36   | 65     | 17   | 18   | 5           | 初级产品生产阶段 |        |
| 2  | 600~1200                 | 29     | 32   | 39   | 57     | 20   | 23   | 30          | 初级       |        |
| 3  | 1200~2400                | 20     | 40   | 40   | 50     | 22   | 28   | 40          | 中级       | 工业化阶段  |
| 4  | 2400~4500                | 13.5   | 46   | 40.5 | 36.5   | 25.5 | 38   | 54          | 高级       |        |
| 5  | 4500~7200                | 9      | 51   | 40   | 20     | 30   | 50   | 70          | 初级       | 发达经济阶段 |
| 6  | 7200~10800               | 3      | 47   | 50   | 8      | 30   | 62   | 80          | 高级       |        |

首先选择【Analysis】模块，点击【The Secondary Branches】，选择【City Stage】界面。

点击【Select】下拉框，选择上一步的聚类结果，并设置好城市名称和类型字段。

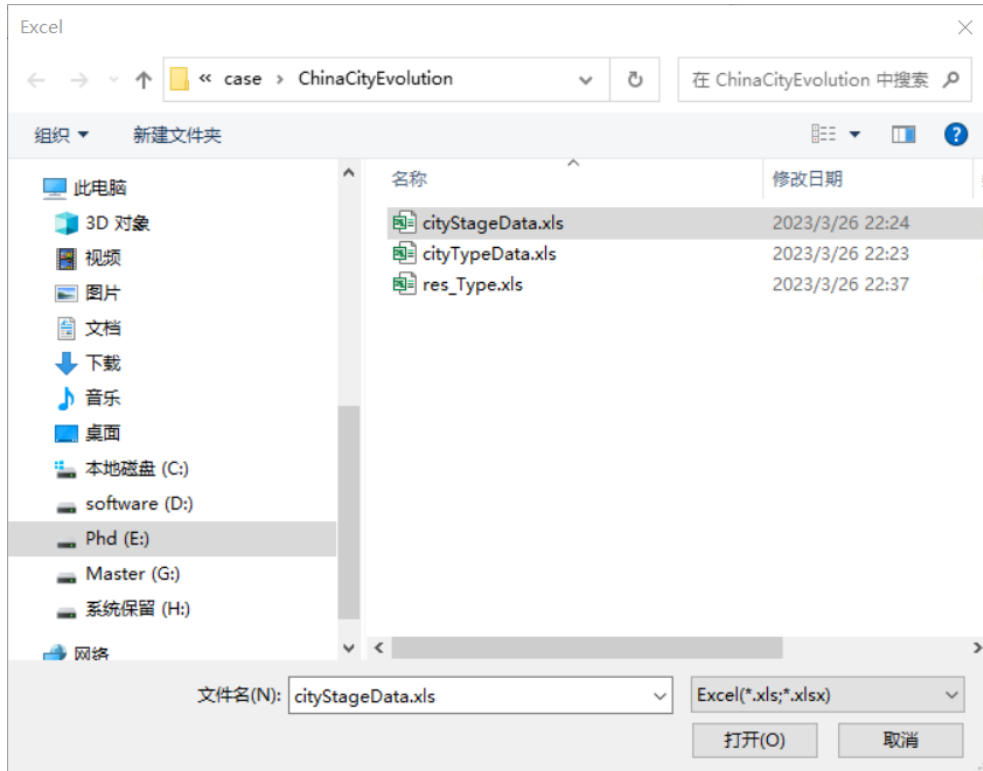
Open: E:\case\ChinaCityEvolution\res\_Type.xls

Select: Clustering\_Results

City Name: Cityname

City Types: Type

点击【Open】导入判断城市发展阶段的数据，并按照下图设置相应字段。



City Industry: E:\case\ChinaCityEvolution\cityStageData.xls

City Name: Cityname

GDP per capita: pGDP20001980u

level of Urbanization: urbR2000

Industrial Structure

GDP of Primary Industry: firGDP2000

GDP of Secondary Industry: sedGDP2000

GDP of Tertiary Industry: thiGDP2000

Employment Structure

Employment of Primary Industry: firEr2000

Employment of Tertiary Industry: thiEr2000

Employment of Secondary Industry: sedEr2000

Open

结合具体情况，配置权重，计算城市最终的发展阶段。本案例权重配置如下：

| Weights               |                                   |                        |                                   |
|-----------------------|-----------------------------------|------------------------|-----------------------------------|
| GDP per capita:       | <input type="text" value="0.25"/> | level of Urbanization: | <input type="text" value="0.25"/> |
| Industrial Structure: | <input type="text" value="0.25"/> | Employment Structure:  | <input type="text" value="0.25"/> |

点击【Save】，设置结果输出路径和文件名。

| Output:   |
|---|
| <input type="text" value="E:\case\ChinaCityEvolution\res_Stage2000.xls"/> |
| <input type="button" value="save"/>                                       |

所有参数设置如下图。

| The Secondary Branches  |   |  |
|---|---|--|
| Cluster   | City Stage  |  |
| Open:   | <input type="text" value="E:\case\ChinaCityEvolution\res_Type.xls"/>      |  |
| Select:   | <input type="text" value="Clustering_Results"/>                           |  |
| City Name:  | <input type="text" value="Cityname"/>                                     | City Types: <input type="text" value="Type"/>            |
| City Industry:  | <input type="text" value="E:\case\ChinaCityEvolution\cityStageData.xls"/> | <input type="button" value="Open"/>                      |
| City Name   | GDP per capita  | level of Urbanization                                    |
| <input type="text" value="Cityname"/>                                     | <input type="text" value="pGDP20001980u"/>                                | <input type="text" value="urbR2000"/>                    |
| Industrial Structure  |   |  |
| GDP of Primary Industry   | GDP of Secondary Industry   | GDP of Tertiary Industry                                 |
| <input type="text" value="firGDPPr2000"/>                                 | <input type="text" value="sedGDPPr2000"/>                                 | <input type="text" value="thiGDPPr2000"/>                |
| Employment Structure  |   |  |
| Employment of Primary Industry  | Employment of Tertiary Industry   |  |
| <input type="text" value="firEr2000"/>                                    | <input type="text" value="thiEr2000"/>                                    |  |
| Employment of Secondary Industry  |   |  |
| <input type="text" value="sedEr2000"/>                                    |   |  |
| Weights   |   |  |
| GDP per capita:   | <input type="text" value="0.25"/>   | level of Urbanization: <input type="text" value="0.25"/> |
| Industrial Structure:   | <input type="text" value="0.25"/>   | Employment Structure: <input type="text" value="0.25"/>  |
| Output:   |   |  |
| <input type="text" value="E:\case\ChinaCityEvolution\res_Stage2000.xls"/> |   |  |
| <input type="button" value="save"/>                                       |   |  |
| <input type="button" value="run"/> <input type="button" value="cancel"/>  |   |  |

最后，点击【run】运行，得到城市发展阶段结果。城市发展阶段结果会自动加载到系统中，在原始数据的基础上新加 Stage 列，表示城市的发展阶段。

The screenshot shows the GeoTree software interface with a data table. The 'stage' column is highlighted in red. The table contains the following data:

|    | p GDP2...   | fr GDPr... | sed GD... | thi GDP... | fr Er2010 | sed Er2... | thi Er20... | urb R20...  | Landex...   | stage | Type |
|----|-------------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-------------|-------------|-------------|-------|------|
| 7  | 5080.952... | 0.88       | 24.01     | 75.11      | 5.45      | 23.64      | 70.9        | 0.859594... | 1.430327... | 4     | 8    |
| 4  | 4736.218... | 1.58       | 52.47     | 45.95      | 20.43     | 38.63      | 40.94       | 0.794353... | 0.779792... | 3     | 4    |
| 4  | 2201.808... | 10.87      | 48.63     | 40.51      | 50.97     | 21.78      | 27.25       | 0.506221... | 0.8125      | 2     | 6    |
| 9  | 3853.457... | 9.44       | 58.14     | 32.42      | 48.65     | 26.26      | 25.1        | 0.508225... | 0.918032... | 2     | 2    |
| 5  | 2024.088... | 13.62      | 39.53     | 46.86      | 57.27     | 16.63      | 26.09       | 0.475125... | 0.253521... | 2     | 2    |
| 3  | 1696.289... | 13.04      | 54.21     | 32.75      | 67.81     | 16.54      | 15.65       | 0.434422... | 0.3875      | 2     | 3    |
| 1  | 1903.142... | 15.65      | 55.61     | 28.74      | 71.66     | 14.85      | 13.49       | 0.400161... | 0.891891... | 2     | 3    |
| 1  | 3170.996... | 14.81      | 51.6      | 33.59      | 57.98     | 22.92      | 19.1        | 0.387724... | 1           | 2     | 6    |
| 7  | 1461.016... | 15.83      | 42.96     | 41.21      | 53.8      | 17.87      | 28.33       | 0.451606... | 0.217391... | 2     | 2    |
| 8  | 1667.415... | 15.68      | 51.04     | 33.28      | 57.01     | 17.65      | 25.34       | 0.386704... | 1.857142... | 2     | 6    |
| 3  | 4483.101... | 11.47      | 50.62     | 37.91      | 63.31     | 18.87      | 17.82       | 0.408258... | 0.352941... | 2     | 7    |
| 5  | 2499.047... | 11.66      | 53.57     | 34.77      | 48.6      | 25.48      | 25.92       | 0.485253... | 0.053571... | 2     | 6    |
| 15 | 2428.971... | 19.72      | 50.65     | 29.63      | 76.57     | 11.16      | 12.26       | 0.381887... | 0.76        | 2     | 3    |
| 9  | 3008.005... | 1.7        | 44.91     | 53.39      | 12.65     | 30.79      | 56.57       | 0.825398... | 0.384180... | 3     | 8    |
| 6  | 1385.035... | 5.21       | 48.69     | 46.1       | 44.03     | 21.75      | 34.22       | 0.549150... | 0.402597... | 2     | 5    |
| 8  | 2069.702... | 1.53       | 59.46     | 39.01      | 24.08     | 34.59      | 41.33       | 0.600078... | 0.238095... | 3     | 5    |
| 10 | 1770.063... | 4.37       | 65.38     | 30.24      | 54.09     | 18.75      | 27.16       | 0.418354... | 0.475       | 2     | 1    |
| 2  | 2053.092... | 4.2        | 63.6      | 32.19      | 44.56     | 24.32      | 31.11       | 0.510417... | 0.366666... | 2     | 1    |
| 7  | 2667.229... | 6.05       | 56.56     | 37.39      | 47.03     | 18.47      | 34.5        | 0.462755... | 1           | 2     | 2    |
| 2  | 909.8179... | 11.25      | 44.59     | 44.15      | 60.34     | 13.19      | 26.47       | 0.378587... | 1.142857... | 1     | 2    |
| 4  | 1456.279... | 8.5        | 54.76     | 36.74      | 42.38     | 24.61      | 33.01       | 0.441244... | 0.56        | 2     | 1    |
| 1  | 1326.963... | 7.48       | 58.34     | 34.18      | 55.34     | 15.87      | 28.79       | 0.407787... | 0.681818... | 2     | 2    |
| 6  | 1018.435... | 17.1       | 44.15     | 38.75      | 70.73     | 11.33      | 17.94       | 0.375642... | 1.2         | 2     | 1    |
| 2  | 2860.910... | 4.9        | 36.39     | 58.71      | 29.36     | 21.26      | 49.38       | 0.624667... | 1           | 2     | 8    |
| 9  | 3279.873... | 2.7        | 54.11     | 43.19      | 20.39     | 31.05      | 48.56       | 0.794893... | 0.228187... | 3     | 8    |
| 3  | 4973.632... | 0.95       | 71.72     | 27.33      | 5.78      | 46.91      | 47.3        | 0.943332... | 0.125       | 3     | 8    |
| 5  | 1162.415... | 16.33      | 51.24     | 32.43      | 66.76     | 11.79      | 21.45       | 0.411610... | 1.025       | 1     | 7    |
| 8  | 1399.440... | 15.15      | 58.62     | 26.23      | 74.41     | 6.35       | 19.24       | 0.403861... | 1.275862... | 1     | 7    |
| 7  | 2844.365... | 4.64       | 50.42     | 44.94      | 29.34     | 21.71      | 48.95       | 0.770733... | 0.898617... | 3     | 6    |
| 10 | 5205.077... | 6.69       | 50.88     | 42.43      | 33.59     | 28.4       | 38.01       | 0.744218... | 0.666666... | 3     | 6    |
| 6  | 3790.973... | 4.38       | 54.32     | 41.3       | 36.78     | 25.51      | 37.72       | 0.671733... | 0.196969... | 3     | 6    |
| 0  | 2712.842... | 6.12       | 59.7      | 25.18      | 21.44     | 26.22      | 41.82       | 0.716431... | 0.111111... | 2     | 2    |

按照上述相同步骤，得到 2010 年城市发展阶段，参数设置和结果如下图。

The screenshot shows the 'The Secondary Branches' dialog box with the following configuration:

- Cluster: City Stage
- Open: E:\case\ChinaCityEvolution\res\_Type.xls
- Select: Clustering\_Results
- City Name: Cityname
- City Types: Type
- City Industry: E:\case\ChinaCityEvolution\cityStageData.xls
- City Name: Cityname
- GDP per capita: pGDP20101980u
- level of Urbanization: urbR2010
- Industrial Structure:
  - GDP of Primary Industry: firGDP2010
  - GDP of Secondary Industry: sedGDP2010
  - GDP of Tertiary Industry: thiGDP2010
- Employment Structure:
  - Employment of Primary Industry: firEr2010
  - Employment of Tertiary Industry: thiEr2010
  - Employment of Secondary Industry: sedEr2010
- Weights:
  - GDP per capita: 0.25
  - level of Urbanization: 0.25
  - Industrial Structure: 0.25
  - Employment Structure: 0.25
- Output: E:\case\ChinaCityEvolution\res\_Stage2010.xls
- Buttons: run, cancel, save

|    | p GDP2...   | fr GDPr... | sed GD... | thi GDP... | fr Er2010 | sed Er2... | thi Er20... | urb R20...  | Landex...   | stage | Type |
|----|-------------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-------------|-------------|-------------|-------|------|
| 9  | 3853.457... | 9.44       | 58.14     | 32.42      | 48.65     | 26.26      | 25.1        | 0.508225... | 0.918032... | 4     | 2    |
| 5  | 2024.088... | 13.62      | 39.53     | 46.86      | 57.27     | 16.63      | 26.09       | 0.475125... | 0.253521... | 4     | 2    |
| 3  | 1696.289... | 13.04      | 54.21     | 32.75      | 67.81     | 16.54      | 15.65       | 0.434422... | 0.3875      | 4     | 3    |
| 1  | 1903.142... | 15.65      | 55.61     | 28.74      | 71.66     | 14.85      | 13.49       | 0.400161... | 0.891891... | 4     | 3    |
| 1  | 3170.996... | 14.81      | 51.6      | 33.59      | 57.98     | 22.92      | 19.1        | 0.387724... | 1           | 3     | 6    |
| 7  | 1461.016... | 15.83      | 42.96     | 41.21      | 53.8      | 17.87      | 28.33       | 0.451606... | 0.217391... | 3     | 2    |
| 8  | 1667.415... | 15.68      | 51.04     | 33.28      | 57.01     | 17.65      | 25.34       | 0.386704... | 1.857142... | 3     | 6    |
| 3  | 4483.101... | 11.47      | 50.62     | 37.91      | 63.31     | 18.87      | 17.82       | 0.408258... | 0.352941... | 4     | 7    |
| 5  | 2499.047... | 11.66      | 53.57     | 34.77      | 48.6      | 25.48      | 25.92       | 0.485253... | 0.053571... | 4     | 6    |
| 5  | 2428.971... | 19.72      | 50.65     | 29.63      | 76.57     | 11.16      | 12.26       | 0.381887... | 0.76        | 3     | 3    |
| 9  | 3008.005... | 1.7        | 44.91     | 53.39      | 12.65     | 30.79      | 56.57       | 0.825398... | 0.384180... | 4     | 8    |
| 6  | 1385.035... | 5.21       | 48.69     | 46.1       | 44.03     | 21.75      | 34.22       | 0.549150... | 0.402597... | 4     | 5    |
| 8  | 2069.702... | 1.53       | 59.46     | 39.01      | 24.08     | 34.59      | 41.33       | 0.600078... | 0.238095... | 4     | 5    |
| 10 | 1770.063... | 4.37       | 65.38     | 30.24      | 54.09     | 18.75      | 27.16       | 0.418354... | 0.475       | 4     | 1    |
| 2  | 2053.092... | 4.2        | 63.6      | 32.19      | 44.56     | 24.32      | 31.11       | 0.510417... | 0.366666... | 4     | 1    |
| 7  | 2667.229... | 6.05       | 56.56     | 37.39      | 47.03     | 18.47      | 34.5        | 0.462755... | 1           | 4     | 2    |
| 2  | 909.8179... | 11.25      | 44.59     | 44.15      | 60.34     | 13.19      | 26.47       | 0.378587... | 1.142857... | 3     | 2    |
| 4  | 1456.279... | 8.5        | 54.76     | 36.74      | 42.38     | 24.61      | 33.01       | 0.441244... | 0.56        | 4     | 1    |
| 1  | 1326.963... | 7.48       | 58.34     | 34.18      | 55.34     | 15.87      | 28.79       | 0.407787... | 0.681818... | 4     | 2    |
| 6  | 1018.435... | 17.1       | 44.15     | 38.75      | 70.73     | 11.33      | 17.94       | 0.375642... | 1.2         | 3     | 1    |
| 2  | 2860.910... | 4.9        | 36.39     | 58.71      | 29.36     | 21.26      | 49.38       | 0.624667... | 1           | 4     | 8    |
| 9  | 3279.873... | 2.7        | 54.11     | 43.19      | 20.39     | 31.05      | 48.56       | 0.794893... | 0.228187... | 4     | 8    |
| 3  | 4973.632... | 0.95       | 71.72     | 27.33      | 5.78      | 46.91      | 47.3        | 0.943332... | 0.125       | 4     | 8    |
| 5  | 1162.415... | 16.33      | 51.24     | 32.43      | 66.76     | 11.79      | 21.45       | 0.411610... | 1.025       | 3     | 7    |
| 8  | 1399.440... | 15.15      | 58.62     | 26.23      | 74.41     | 6.35       | 19.24       | 0.403861... | 1.275862... | 3     | 7    |
| 7  | 2844.365... | 4.64       | 50.42     | 44.94      | 29.34     | 21.71      | 48.95       | 0.770733... | 0.898617... | 4     | 6    |
| 10 | 5205.077... | 6.69       | 50.88     | 42.43      | 33.59     | 28.4       | 38.01       | 0.744218... | 0.666666... | 4     | 6    |
| 16 | 3790.973... | 4.38       | 54.32     | 41.3       | 36.78     | 25.51      | 37.72       | 0.671733... | 0.196969... | 4     | 6    |
| 0  | 2712.843... | 6.12       | 58.7      | 35.18      | 31.44     | 26.73      | 41.83       | 0.716421... | 0.111111... | 4     | 5    |
| 2  | 3283.961... | 5.04       | 62.3      | 32.66      | 28.1      | 28.82      | 43.08       | 0.743619... | 0.550724... | 4     | 8    |
| 3  | 1939.608... | 13.73      | 51.2      | 35.07      | 44.1      | 22.02      | 33.87       | 0.603395... | 0.081632... | 3     | 6    |
| 4  | 1008.705... | 16.58      | 47.67     | 35.8       | 61.55     | 13.46      | 35.00       | 0.478634... | 0.100275... | 2     | 2    |

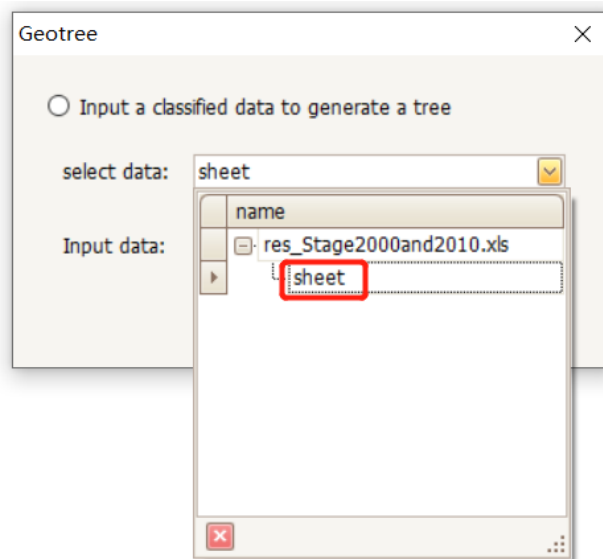
### 3.3 演化树构建

基于上述步骤得到城市的发展类型及发展阶段，构建二维树模型。具体步骤如下：

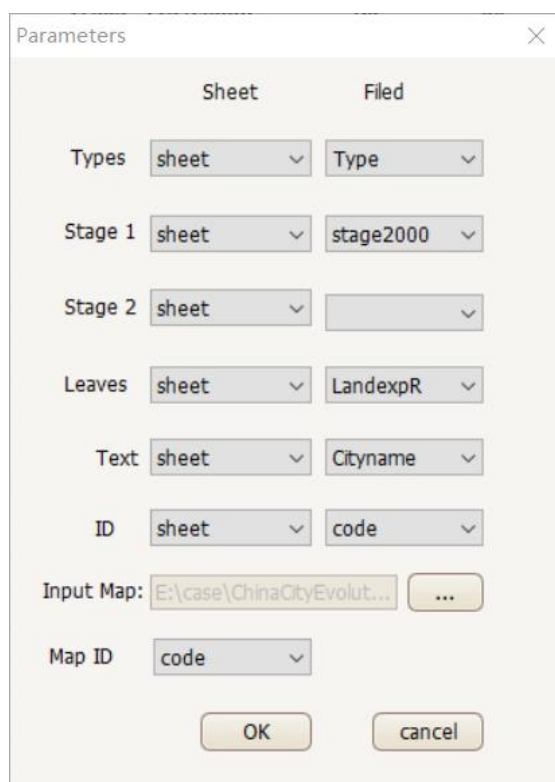
首先将得到的城市发展类型和发展阶段导入系统。

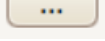
|    | sed GD... | thi GDP... | fr Er2010 | sed Er2... | thi Er20... | urb R20...  | Landex...   | stage2... | stage2... | Type |
|----|-----------|------------|-----------|------------|-------------|-------------|-------------|-----------|-----------|------|
| 1  | 24.01     | 75.11      | 5.45      | 23.64      | 70.9        | 0.859594... | 1.430327... | 4         | 4         | 8    |
| 3  | 52.47     | 45.95      | 20.43     | 38.63      | 40.94       | 0.794353... | 0.779792... | 3         | 4         | 4    |
| 7  | 48.63     | 40.51      | 50.97     | 21.78      | 27.25       | 0.506221... | 0.8125      | 2         | 4         | 6    |
| 9  | 58.14     | 32.42      | 48.65     | 26.26      | 25.1        | 0.508225... | 0.918032... | 2         | 4         | 2    |
| 5  | 39.53     | 46.86      | 57.27     | 16.63      | 26.09       | 0.475125... | 0.253521... | 2         | 4         | 2    |
| 3  | 54.21     | 32.75      | 67.81     | 16.54      | 15.65       | 0.434422... | 0.3875      | 2         | 4         | 3    |
| 1  | 55.61     | 28.74      | 71.66     | 14.85      | 13.49       | 0.400161... | 0.891891... | 2         | 4         | 3    |
| 6  | 51.6      | 33.59      | 57.98     | 22.92      | 19.1        | 0.387724... | 1           | 2         | 3         | 6    |
| 2  | 42.96     | 41.21      | 53.8      | 17.87      | 28.33       | 0.451606... | 0.217391... | 2         | 3         | 2    |
| 8  | 51.04     | 33.28      | 57.01     | 17.65      | 25.34       | 0.386704... | 1.857142... | 2         | 3         | 6    |
| 4  | 50.62     | 37.91      | 63.31     | 18.87      | 17.82       | 0.408258... | 0.352941... | 2         | 4         | 7    |
| 7  | 53.57     | 34.77      | 48.6      | 25.48      | 25.92       | 0.485253... | 0.053571... | 2         | 4         | 6    |
| 5  | 50.65     | 29.63      | 76.57     | 11.16      | 12.26       | 0.381887... | 0.76        | 2         | 3         | 3    |
| 9  | 44.91     | 53.39      | 12.65     | 30.79      | 56.57       | 0.825398... | 0.384180... | 3         | 4         | 8    |
| 6  | 48.69     | 46.1       | 44.03     | 21.75      | 34.22       | 0.549150... | 0.402597... | 2         | 4         | 5    |
| 8  | 59.46     | 39.01      | 24.08     | 34.59      | 41.33       | 0.600078... | 0.238095... | 3         | 4         | 5    |
| 10 | 65.38     | 30.24      | 54.09     | 18.75      | 27.16       | 0.418354... | 0.475       | 2         | 4         | 1    |
| 2  | 63.6      | 32.19      | 44.56     | 24.32      | 31.11       | 0.510417... | 0.366666... | 2         | 4         | 1    |
| 7  | 56.56     | 37.39      | 47.03     | 18.47      | 34.5        | 0.462755... | 1           | 2         | 4         | 2    |
| 9  | 44.59     | 44.15      | 60.34     | 13.19      | 26.47       | 0.378587... | 1.142857... | 1         | 3         | 2    |
| 4  | 54.76     | 36.74      | 42.38     | 24.61      | 33.01       | 0.441244... | 0.56        | 2         | 4         | 1    |
| 1  | 58.34     | 34.18      | 55.34     | 15.87      | 28.79       | 0.407787... | 0.681818... | 2         | 4         | 2    |
| 6  | 44.15     | 38.75      | 70.73     | 11.33      | 17.94       | 0.375642... | 1.2         | 2         | 3         | 1    |

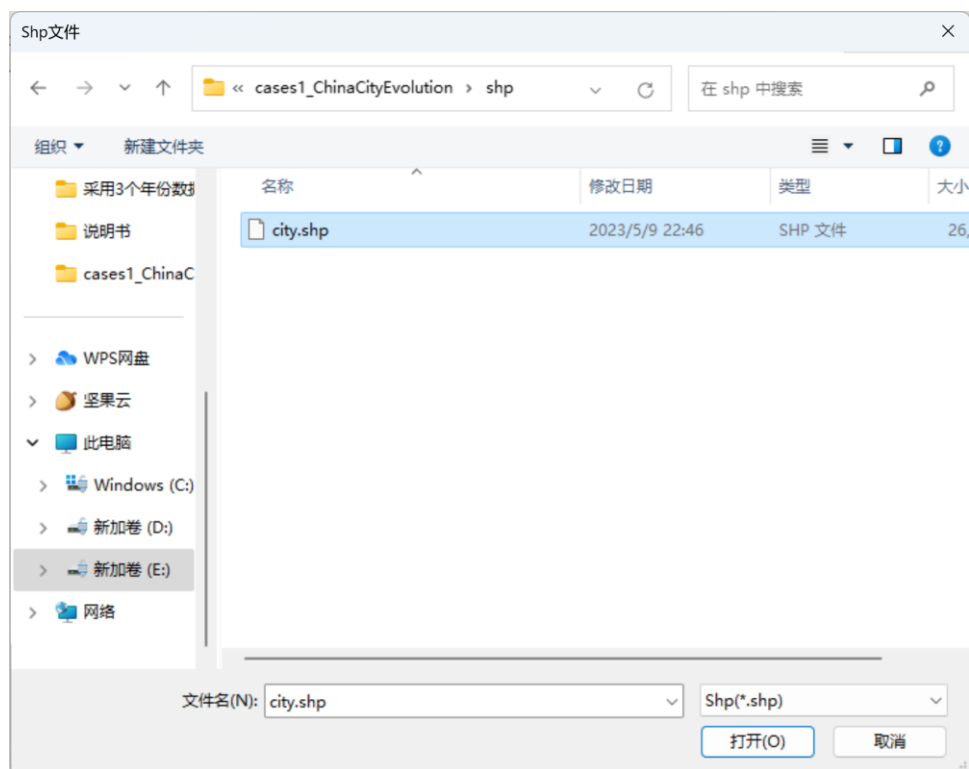
选择【Visualization】模块，点击【Geotree】，弹出以下界面，选择上一步导入的包含城市类型和发展阶段的数据，点击【ok】，并弹出树模型参数设置框。



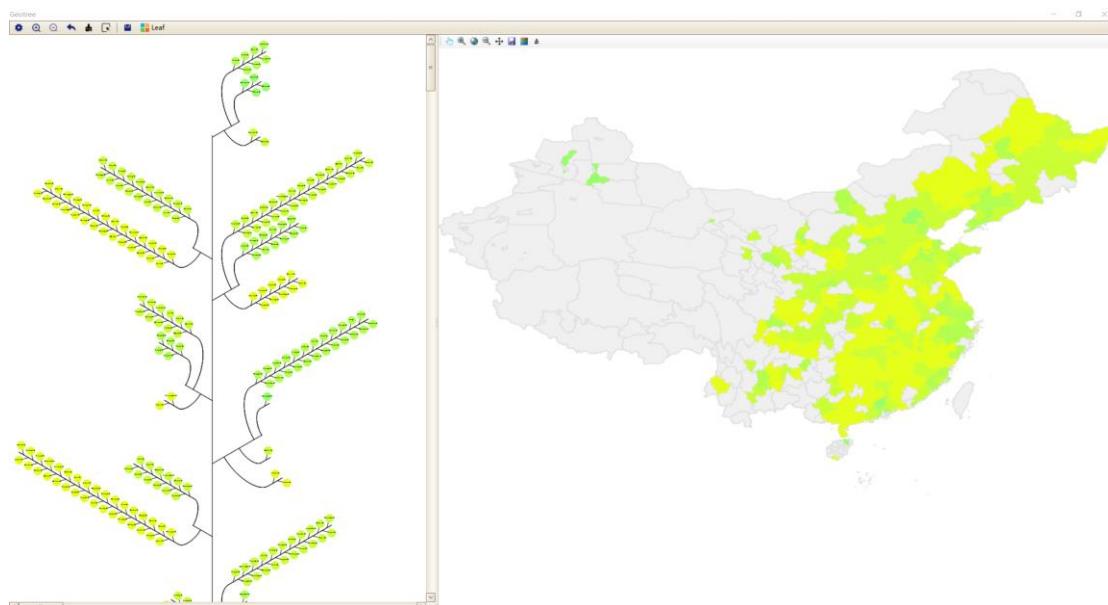
设置演化树各项参数：Type 为城市类型，Stage1 为 2000 年城市发展阶段，Stage2 设置为空，叶片为城市扩张率，Text 为城市名称，ID 为城市的唯一标识符。



点击 Input Map 后的 ，导入地市的矢量图层，Map ID 设置成与上述 ID 对应的字段。



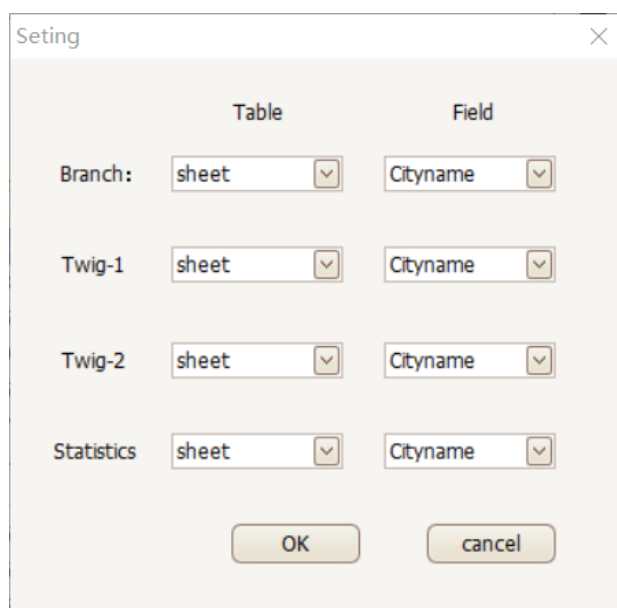
最后点击【OK】，生成下图所示的树模型和对应地图。



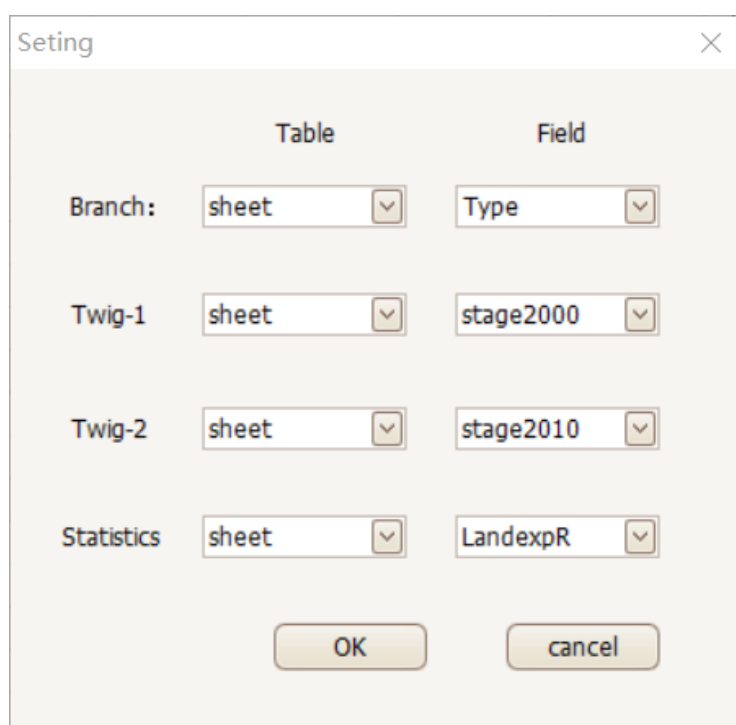
### 3.4 发展阶段转化

在假设 2000 至 2010 年城市类型不变的前提下，利用马尔科夫链分析 2000 年至 2010 年城市发展阶段的变化情况。

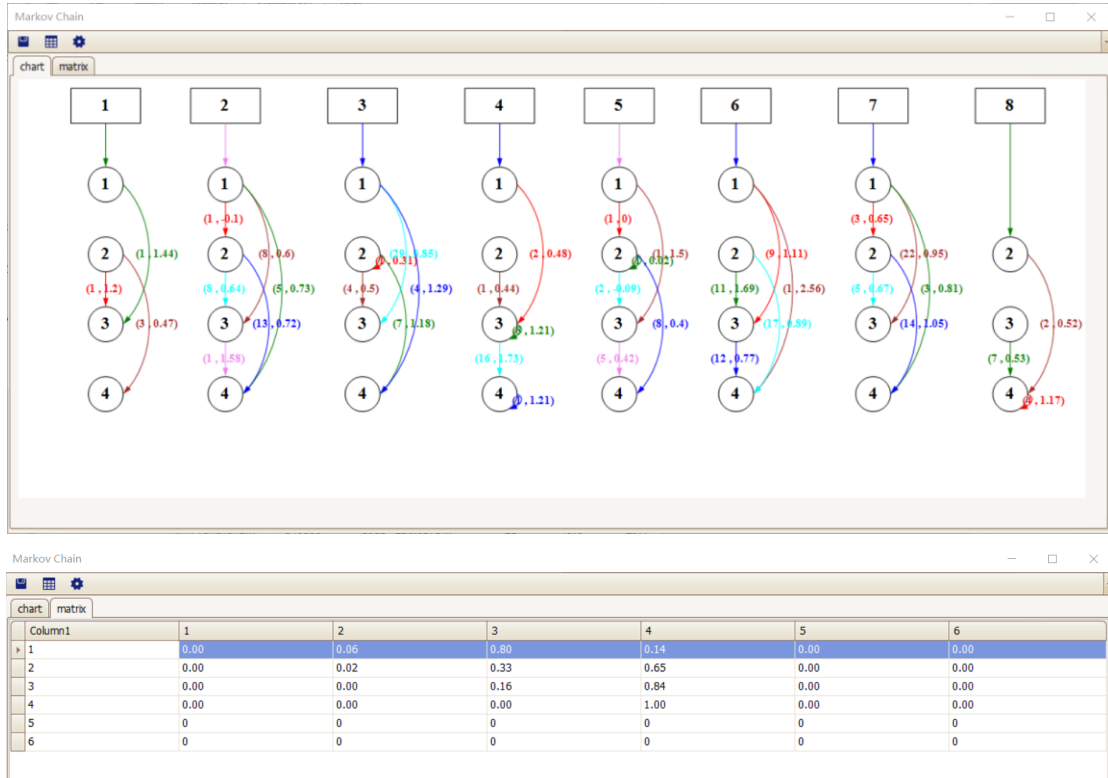
在【Visualization】模块，点击【Markov Chain】，弹出以下窗口。



设置马尔科夫链参数：Branch 设置为城市类型字段，Twig-1 为 2000 年城市发展阶段，Twig-2 为 2010 年城市发展阶段，Statistics 为城市用地扩张率。



设置好上述参数后，点击【OK】，得到马尔科夫链结果。第一张图是展示了各类型的城市中发展阶段转变的城市数量和城市土地扩张率的均值，第二张图是城市经济发展的概率转移矩阵。



## 4 案例 2：全球非传染性疾病发病率地理演化树

非传染性疾病是人类面临的主要健康和发展挑战，与社会经济发展密不可分，所以非传染性疾病造成的死亡在不同的社会经济发展阶段应该有所不同。本案例根据社会经济类型和发展阶段构建全球非传染性疾病演化树(WANG Y 等, 2020)。

### 4.1 一级枝条：国家类型划分

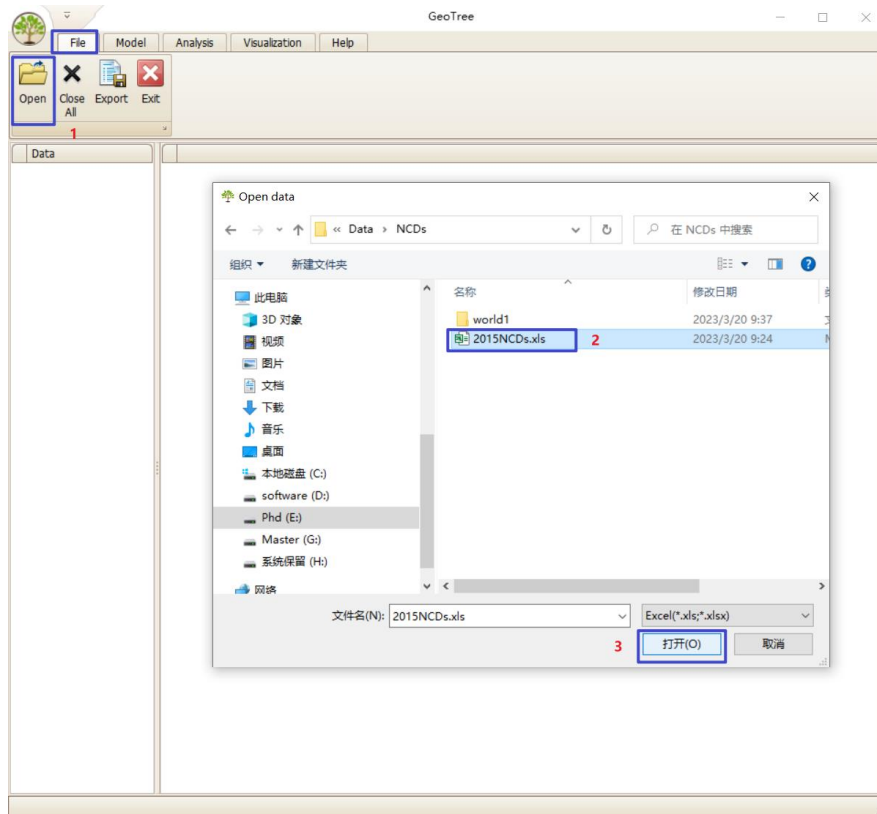
根据世界银行 2018 年的收入标准，2018 年人均国民总收入在 1025 美元或以下的经济体为低收入经济体，在 1026-3995 美元之间的经济体为中低收入经济体，在 3996-12375 美元之间的经济体为中等上收入经济体；在 12376 美元或以上的经济体为高收入经济体。因人均国内生产总值大致相当于人均国民总收入，所以将 176 个国家按其人均 GDP 水平分为 4 个不同的国家类型。四种国家类型分别为：(I) 低收入经济（26 个国家）、(II) 低中等收入经济（50 个国家）、(III) 中上收入经济（51 个国家）和 (IV) 高收入经济（49 个国家）。

### 4.2 二级枝条：发展阶段划分

国家发展阶段采用了衡量社会发展水平和医疗保健水平的城市化和新生儿婴儿死亡率作为计算指标。采用自然不连续法将每个指标分为 6 个层次，通过计算影响因素对 NCD 死亡的解释力来解释权重，最终综合为总发育阶段。

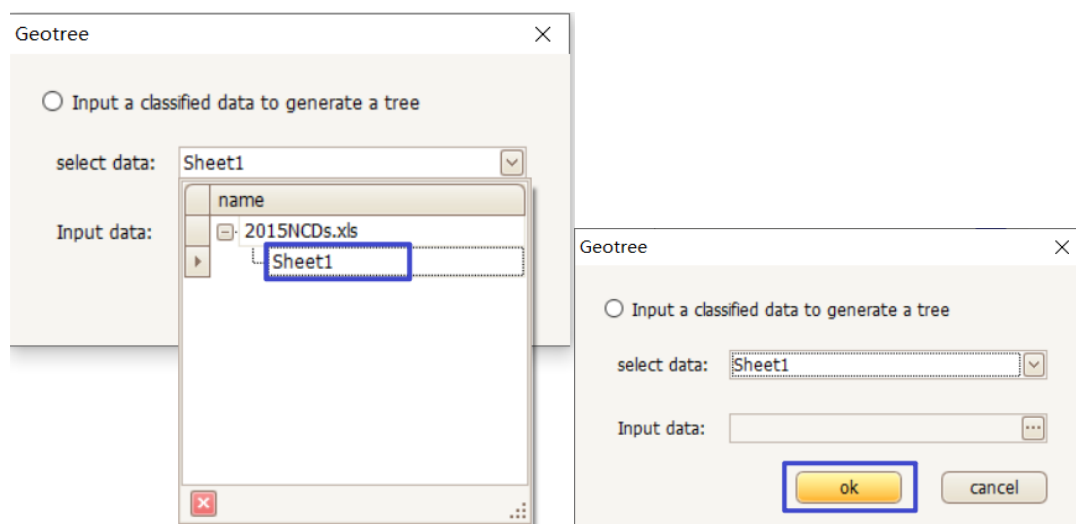
### 4.3 二维树模型构建

首先打开 GeoTree 软件，软件打开默认在【File】模块，点击【Open】导入数据。



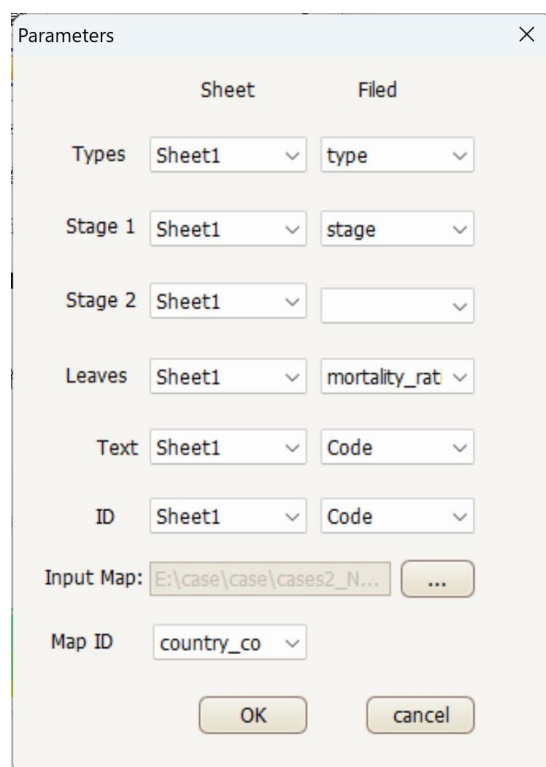
| id | Country               | Code | Age-standard... | type | stage | mortality ratio |
|----|-----------------------|------|-----------------|------|-------|-----------------|
| 1  | Afghanistan           | AFG  | 848.6           | 1    | 1     | 44.8            |
| 2  | Albania               | ALB  | 569.5           | 3    | 5     | 93.1            |
| 3  | Algeria               | DZA  | 451.7           | 3    | 4     | 75              |
| 4  | Angola                | AGO  | 549.1           | 2    | 2     | 27.2            |
| 5  | Antigua and Bar...    | ATG  | 544.8           | 4    | 4     | 81.1            |
| 6  | Argentina             | ARG  | 433.3           | 3    | 5     | 78.1            |
| 7  | Armenia               | ARM  | 618             | 2    | 5     | 92.9            |
| 8  | Australia             | AUS  | 300.5           | 4    | 6     | 89.6            |
| 9  | Austria               | AUT  | 350.6           | 4    | 5     | 92.2            |
| 10 | Azerbaijan            | AZE  | 665.6           | 3    | 3     | 86.2            |
| 11 | Bahamas               | BHS  | 422.6           | 4    | 5     | 74.6            |
| 12 | Bahrain               | BHR  | 452.8           | 4    | 6     | 82.9            |
| 13 | Bangladesh            | BGD  | 515.8           | 2    | 3     | 65.4            |
| 14 | Barbados              | BRB  | 527.9           | 4    | 4     | 82.8            |
| 15 | Belarus               | BLR  | 643.9           | 3    | 6     | 90.8            |
| 16 | Belgium               | BEL  | 341.3           | 4    | 6     | 85.9            |
| 17 | Belize                | BLZ  | 718.2           | 3    | 4     | 67.3            |
| 18 | Benin                 | BEN  | 644.1           | 1    | 2     | 35.1            |
| 19 | Bhutan                | BTN  | 592             | 2    | 3     | 68.2            |
| 20 | Bolivia (Plurinatl... | BOL  | 498.2           | 2    | 3     | 63.8            |
| 21 | Bosnia and Herz...    | BIH  | 528.5           | 3    | 4     | 94.4            |
| 22 | Botswana              | BWA  | 646             | 3    | 3     | 43.9            |
| 23 | Brazil                | BRA  | 462.3           | 3    | 5     | 74              |
| 24 | Brunei Darussalam     | BRN  | 541.6           | 4    | 6     | 84.4            |
| 25 | Bulgaria              | BGR  | 633.5           | 3    | 6     | 95.2            |
| 26 | Burkina Faso          | BFA  | 735.9           | 1    | 2     | 32              |
| 27 | Burundi               | BDI  | 662.1           | 1    | 2     | 31.3            |
| 28 | Cabo Verde            | CPV  | 564.8           | 2    | 4     | 69.8            |
| 29 | Cambodia              | KHM  | 679.6           | 2    | 2     | 63.2            |
| 30 | Cameroon              | CMR  | 702.7           | 2    | 3     | 34              |
| 31 | Canada                | CAN  | 297.5           | 4    | 6     | 88.4            |
| 32 | Central African ...   | CAF  | 678.8           | 1    | 2     | 26.2            |
| 33 | Chad                  | TCD  | 755.5           | 1    | 1     | 26.7            |

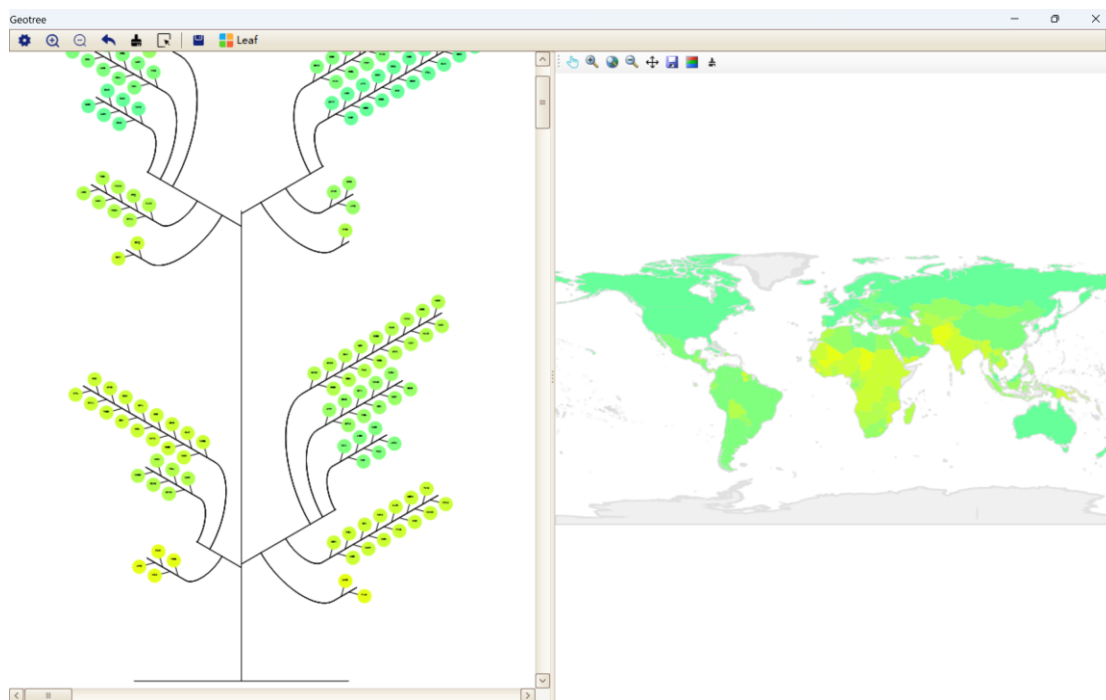
切换到【Visualization】模块，点击【Geotree】开始构建演化树。点击下拉框，选择上一步导入的数据，然后按【ok】。





在弹出的 Parameters 框中设置演化树参数。Types 设置为国家类型字段, Stage 1 为国家的发展阶段字段, Stage 2 为其他年份的国家发展阶段, 在此案例设置为空, Text 字段设置为国家的名称, ID 为每个国家的唯一标识符。点击【Input Map】后的 [...] 按钮导入地图数据, 然后设置与上述 ID 对应的 Map ID, 否则生成树无法与地图交互使用。

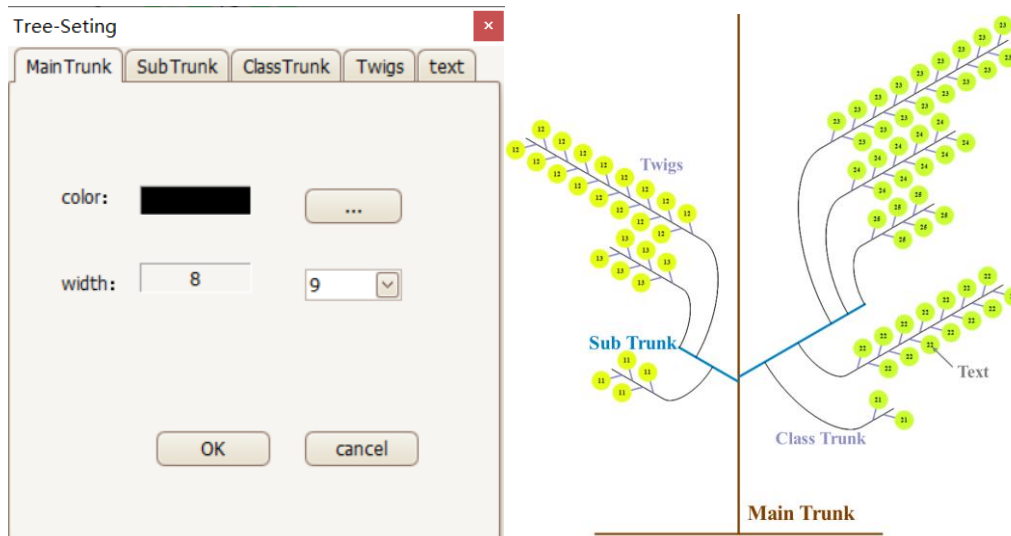
最后, 点击下方【OK】按钮, 弹出结果窗口, 页面左侧为树视图, 右侧是地图视图。



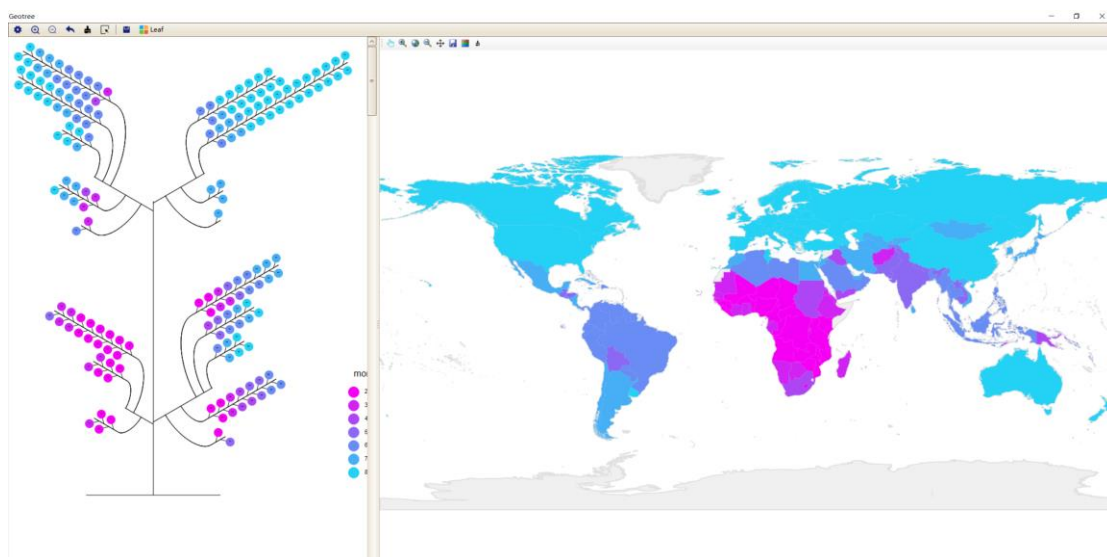
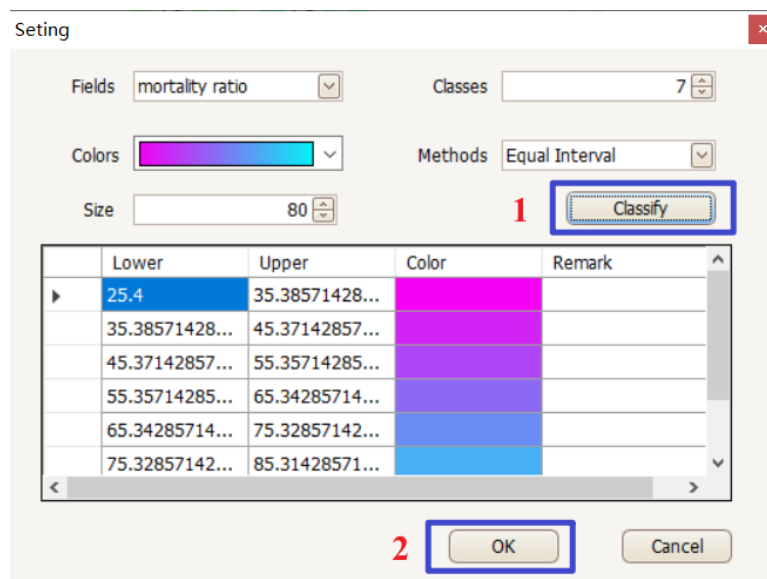




在树视图上方菜单栏中，通过点击  和  设置树风格。

在设置  中，可设置各级枝条的颜色和粗细。



在叶片设置中，在 Fields 下拉框中选择分层设色的字段，在 Classes 处设置分类数量，在 Colors 处选择色带，在 Methods 处设置分类方法，在 Sizes 处设置叶片大小。设置好以上参数后，点击【Classify】，下框中生成当前分类方法各区间的上下限和颜色，可直接在生成的类别上修改区间的上限和下限。最后点击【OK】，将当前分类方法应用到树模型中。



设置好树风格后，点击，将当前树模型输出为jpg 图片。右侧地图试图中点击，也可将当前地图输出为jpg 图片。

## 5 案例 3: 全球国家土地扩张地理演化树

城市土地扩张影响全球可持续发展, 并与社会经济增长密切相关。工业化和城市化是全球社会经济增长的主要特征, 工业和城市人口的增加需要足够的城市土地来提供空间, 因此全球的城镇用地一直在急剧扩张。

本案例结合 2005 年和 2015 年 162 个国家的社会经济数据, 采用地理演化树模型探究全球城镇用地扩张与国家类型和发展阶段之间的关系, 一级枝条为产业结构类型, 二级枝条为国家的发展阶段(JING 等, 2022)。

### 5.1 枝条划分

根据第一产业和第三产业占比将产业结构将 162 个国家划分为以下四种类型: (I) 初始、(II) 加速、(III) 成熟和 (IV) 后工业化类型。参考城市化进程和世界银行发布的国家经济分类, 根据城市人口和人均 GDP 分别将 162 个国家分为低、中、中上、高四个发展阶段。根据表格 5.1, 对国家产业类型和发展阶段进行划分。

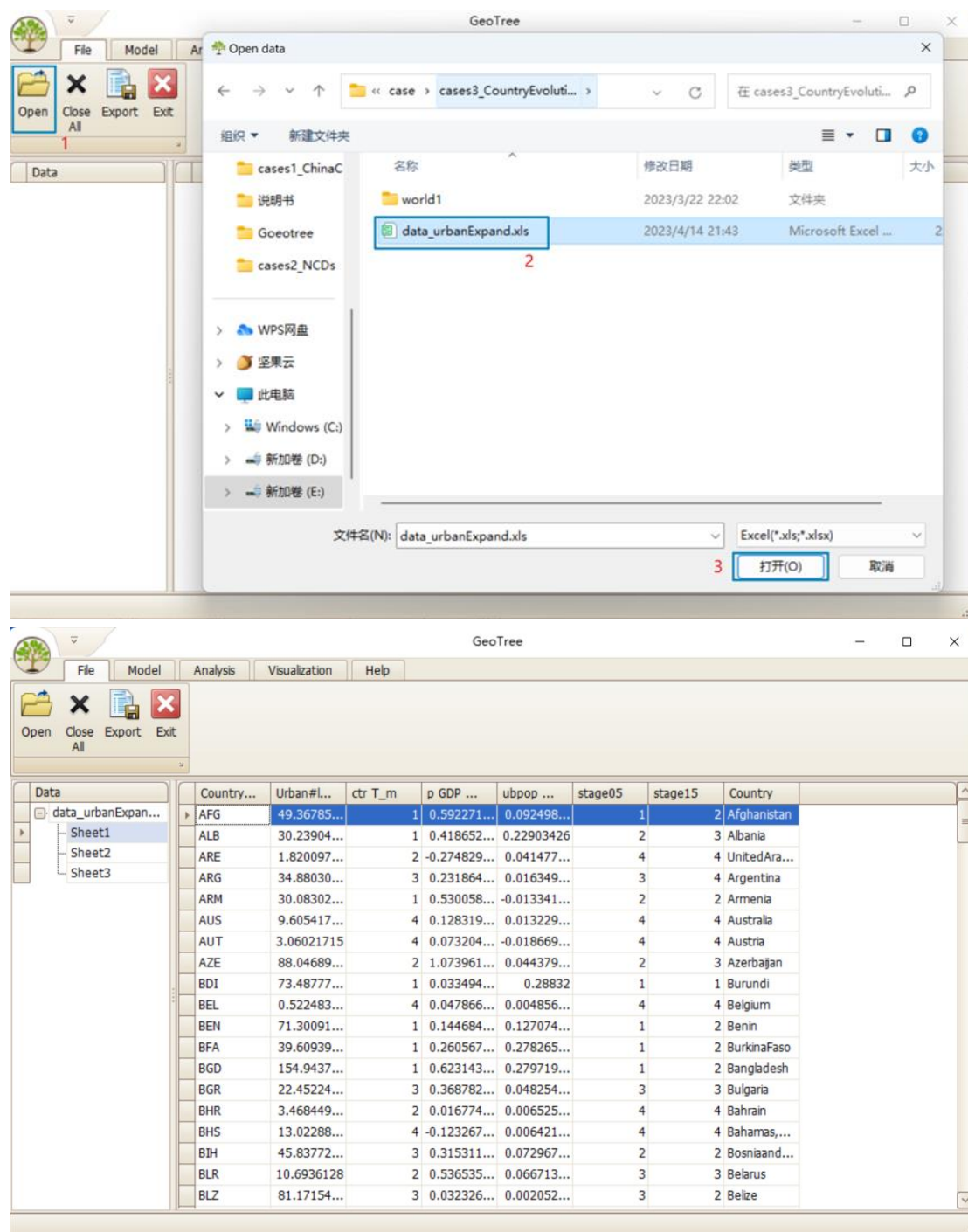
表 5.1 产业结构类型及发展阶段的指标

| 产业结构类型<br>(发展阶段) | 产业结构类型        |               | 发展阶段        |                |
|------------------|---------------|---------------|-------------|----------------|
|                  | 第一产业占比<br>(%) | 第三产业占比<br>(%) | 城镇化率<br>(%) | 人均 GDP<br>(\$) |
| I (1)            | >15           | <62           | <19         | <1025          |
| II (2)           | <15           | <62           | 19-50       | 1025-3995      |
| III (3)          | >3            | >62           | 50-81       | 3995-12375     |
| IV (4)           | <3            | >62           | >81         | >12375         |

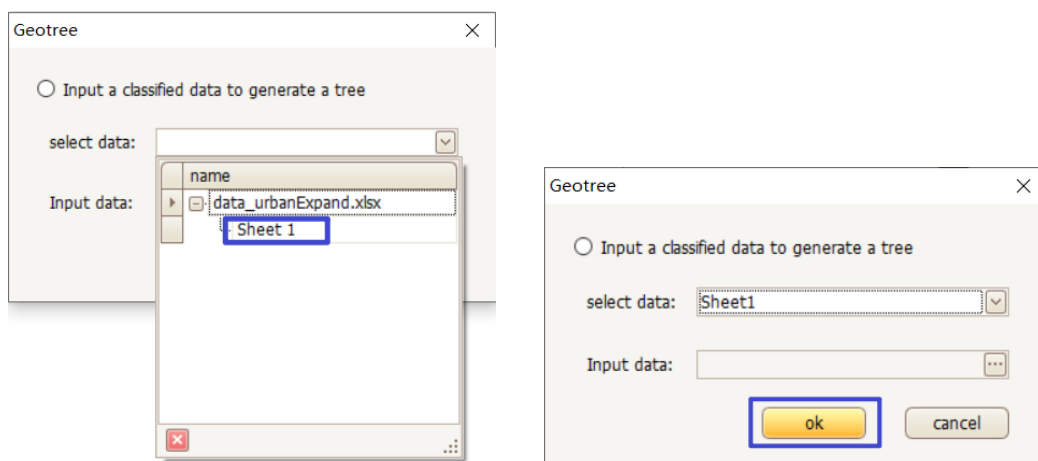
注: 人均 GDP 均转化为 2005 年美元。


### 5.2 演化树构建

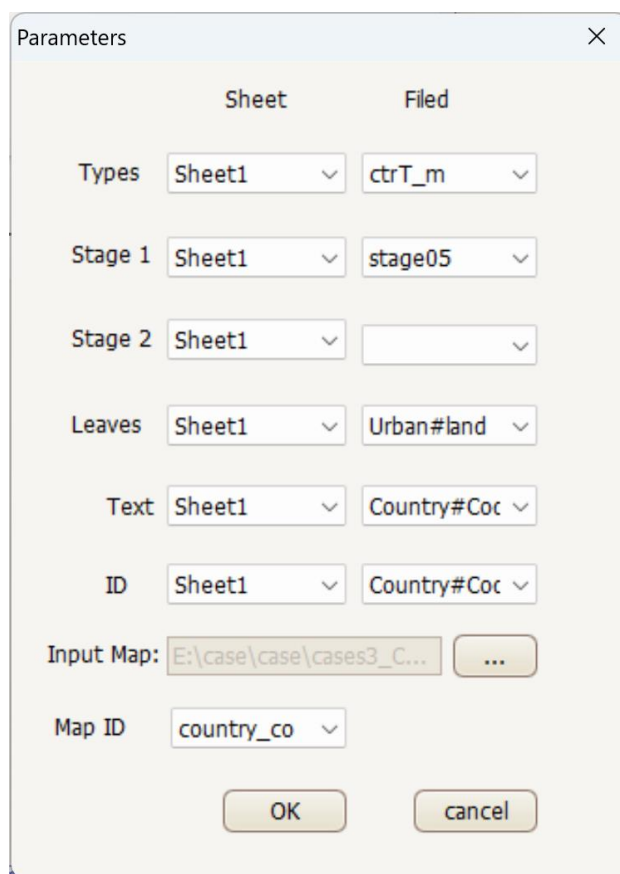
首先导入数据。打开【File】模块, 点击【Open】, 弹出文件选择框。选择整理好的数据后, 点击【打开】, 即可将数据导入系统。



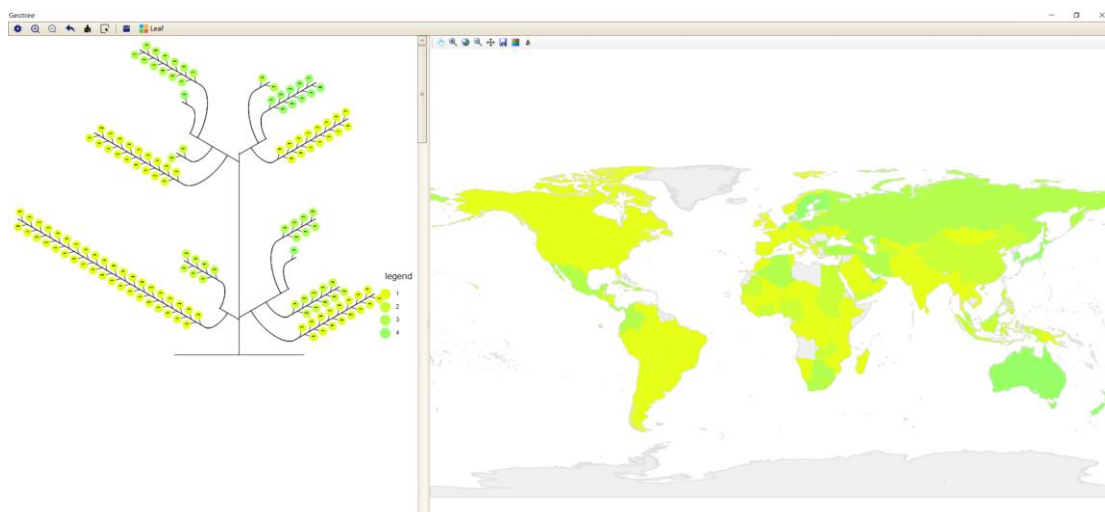
切换到【Visualization】模块，点击【Geotree】弹出以下窗口。点击下拉框，选择上一步导入的数据，然后按【ok】。



在弹出的 Parameters 框中设置演化树参数。Types 设置为国家的产业结构类型，Stage1 为 2005 年各国家的发展阶段，Stage 2 设置为空，Leaves 选择城镇用地扩张率，Text 设置为国家编码，ID 为每个国家的唯一标识符。点击【Input Map】后的  按钮导入地图数据，然后设置与上述 ID 对应的 Map ID，否则生成树无法与地图交互使用。



最后点击【OK】，生成树模型，结果下图所示。页面左侧为树视图，右侧是地图视图。



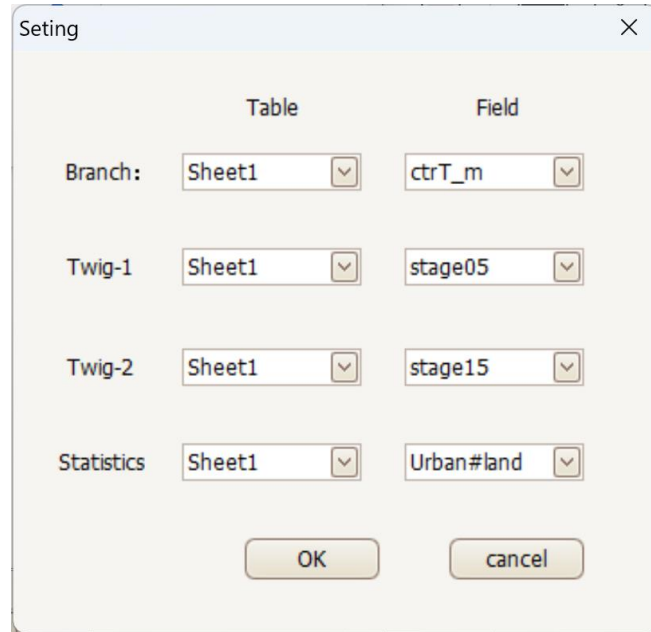
### 5.3 发展阶段转化

利用马尔科夫链分析 2005 年至 2015 年，国家发展阶段转化情况。

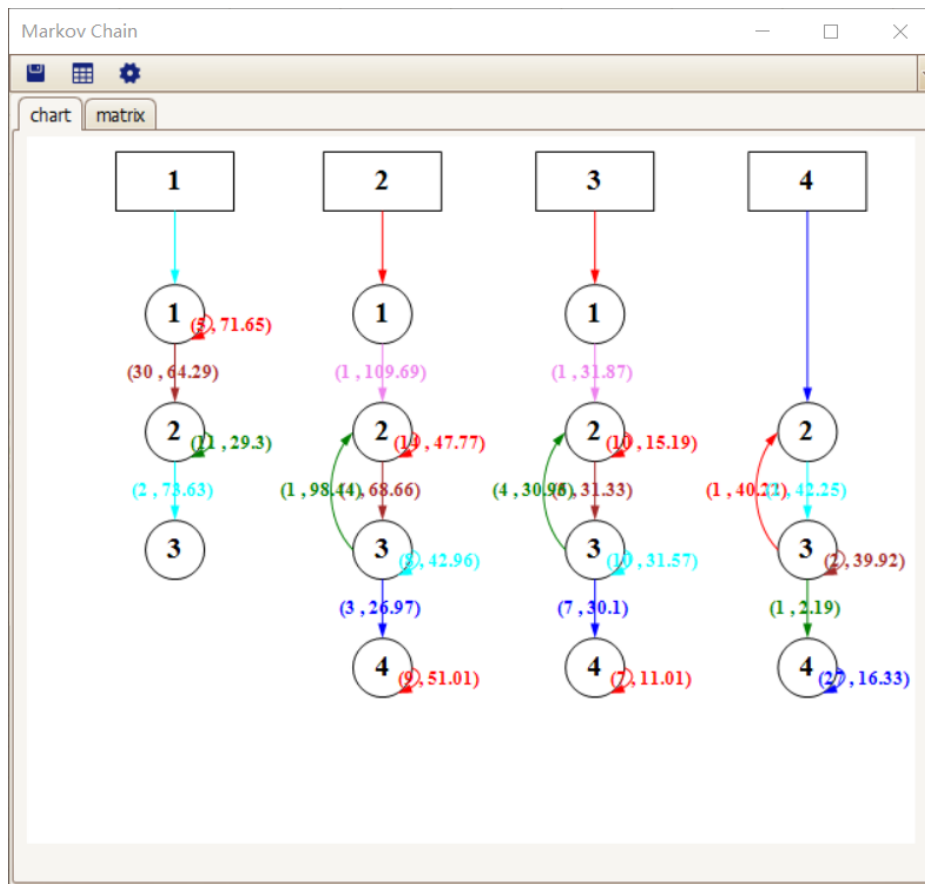
在【Visualization】模块，点击【Markov Chain】，弹出以下窗口。

|            | Table  | Field        |
|------------|--------|--------------|
| Branch:    | Sheet1 | Country#Code |
| Twig-1     | Sheet1 | Country#Code |
| Twig-2     | Sheet1 | Country#Code |
| Statistics | Sheet1 | Country#Code |

设置马尔科夫链参数：Branchs 设置为国家产业结构类型，Twig-1 为 2005 年国家发展阶段，Twig-2 为 2015 年国家发展阶段，Statistics 为国家城镇用地扩张率。



设置好上述参数后，点击【OK】，得到马尔科夫链结果。第一张图是展示了各类型的国家中发展阶段转变的国家数量和城市土地扩张率的均值，第二张图是国家经济发展的概率转移矩阵。



Markov Chain

chart matrix

| Column1 | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    |
|---------|------|------|------|------|------|------|
| 1       | 0.14 | 0.86 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2       | 0.00 | 0.78 | 0.22 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 3       | 0.00 | 0.16 | 0.54 | 0.30 | 0.00 | 0.00 |
| 4       | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.00 | 0.00 | 0.00 |
| 5       | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| 6       | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |

## 6 参考文献

- 2012 Wang JF, Liu XH, Peng L, Chen HY, Driskell L, Zheng XY, 2012. Cities evolution tree and applications to predicting urban growth. **Population and Environment**, 33(2): 186-201.
- 2020 Wang Y, Wang JF, 2020. Modelling and prediction of global non-communicable diseases. **BMC Public Health**, 20(1): 822.
- 2022 Jing SQ, Wang JF, Xu CD, Yang JT, 2022. Tree-like evolution pathways of global urban land expansion. **Journal of Cleaner Production**, 378: 134562.
- 2023 Lei YH, Wang JF, Wang Y, Xu CD. 2023. Geographical evolutionary pathway of global tuberculosis incidence trends. **BMC Public Health**, 23:755

## 7 研发人员

**学术指导:** 王劲峰 (wangjf@lreis.ac.cn)

**研发人员:** 类延辉 (leiyh@lreis.ac.cn)、封雨晴 (fengyq.19s@igsnr.ac.cn)、  
魏宇光 (weiyugaung20@mails.ucas.ac.cn)、汪洋 (wangyang622@lreis.ac.cn)

**网站设计与维护:** 魏宇光 (weiyugaung20@mails.ucas.ac.cn)、封雨晴  
(fengyq.19s@igsnr.ac.cn)