

# **ElliShape**

(形态分析工具)

## 用户指南

引言 .....	3
下载和编译 .....	4
软件功能 .....	5
参考文献 .....	17

## 引言

椭圆傅里叶分析 (Elliptic Fourier Analysis, EFA) 最初由 Kuhl 和 Giardina 于 1982 年提出, 该方法将任意二维闭合曲线转换为椭圆傅里叶描述子 (Elliptic Fourier Descriptors, EFDs), 用于图像中的目标识别。EFA 是一种强大的数学工具, 广泛应用于植物科学、海洋生物学、进化生物学和人类学等领域, 用于形状分析、分类、重建和建模。

采用 EFA 的几何形态测量流程包括轮廓提取、EFD 计算和 EFD 归一化。尽管 EFA 已得到广泛应用, 但仍存在一些挑战, 包括轮廓提取效率低下以及可用数据集有限等问题。特别是 EFD 归一化, 现有方法无法在各种基本变换下持续产生一致性结果 (Haines 和 Crampton, 2000; Bonhomme 等, 2014; Wishkerman 等, 2018)。提高 EFA 的计算效率以实现真正的 EFD 归一化, 并开发用户友好的软件用于数字标本的器官标注和几何特征提取, 是当前的重要研究方向。

在本研究中, 我们推出了 ElliShape 软件, 该软件旨在提供改进的轮廓提取、高效的 EFD 计算以及所有基本轮廓变换下实现真正的 EFD 归一化。

## 下载和编译

该软件基于 Python 开发，需 Python 3.8 或更高版本进行编译与运行。安装文件（包括.whl 安装包、download\_ptn.py 脚本、示例数据文件夹及 README.md）可从官方网站：<https://www.plantplus.cn/ElliShape> 及 GitHub 仓库：[ellishape \(https://github.com/wpwupingwp/ellishape\)](https://github.com/wpwupingwp/ellishape) 下载。

安装提供两种方式：使用 Conda 包管理器或直接通过 Python 环境安装。若使用 Conda，请新建环境（`conda create -n ElliShape python=3.8`），激活环境（`conda activate ElliShape`），并通过 `pip install ElliShape` 安装软件包。若使用 Python 环境（版本 3.8 或更高），可直接通过 `pip install ElliShape` 安装软件。安装完成后，请运行 `python path/to/download_ptn.py` 下载模型权重文件，随后可通过终端输入 `ElliShape` 命令启动软件。

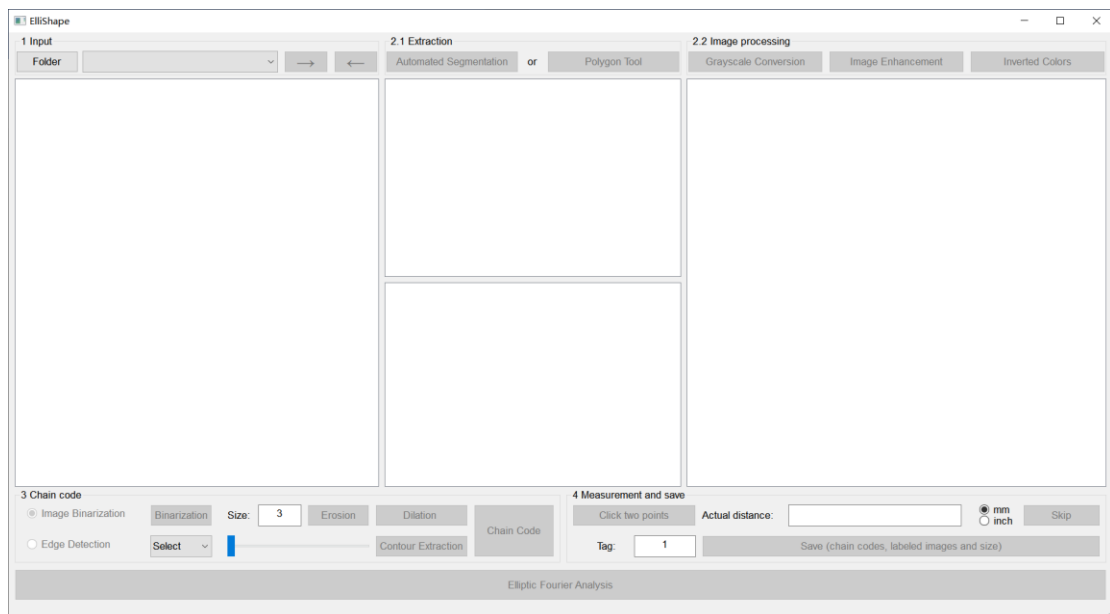


图 1 软件界面

## 软件功能

该软件包含轮廓提取与椭圆傅里叶分析两大功能模块。轮廓提取包含四个步骤：人工目标选择、自动分割、自动轮廓勾勒的人工校正以及自动链码生成。针对标本保存与数字化过程中常见的轮廓提取难题（如因白边导致的边缘残缺、图像对比度不足，以及破碎、重叠、受损器官产生的噪声干扰），软件提供了多种处理功能。

### 步骤 1：加载图像

点击"Folders"按钮，选择包含图像文件的文件夹。程序将自动列出所有扩展名为.jpg、.png、.tif 和.bmp 的文件。选择目标图像文件加载至程序（图 2），并通过"→"（下一张）和"←"（上一张）按钮切换已加载图像。测试图像（samples）位于下载的'ElliShape'文件夹内。

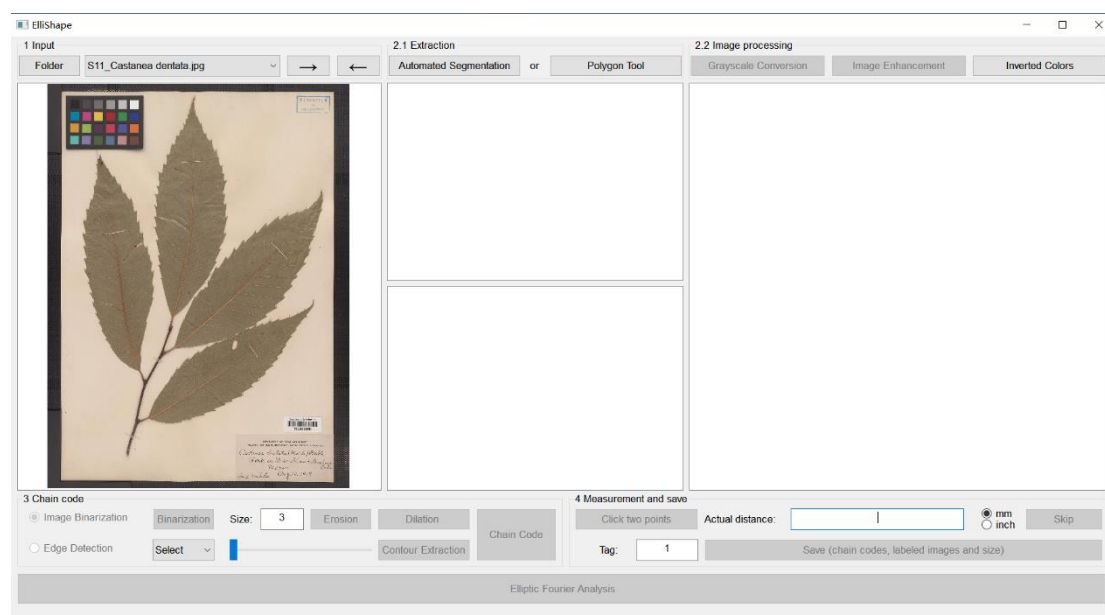


图 2 图像加载

### 步骤 2.1：对象选择

用户可通过鼠标滚轮进行缩放，并通过拖动滑块左右导航，从而快速定位目标对象（图 3）。对象选择提供两种方式：自动化分割与手动多边形选择。

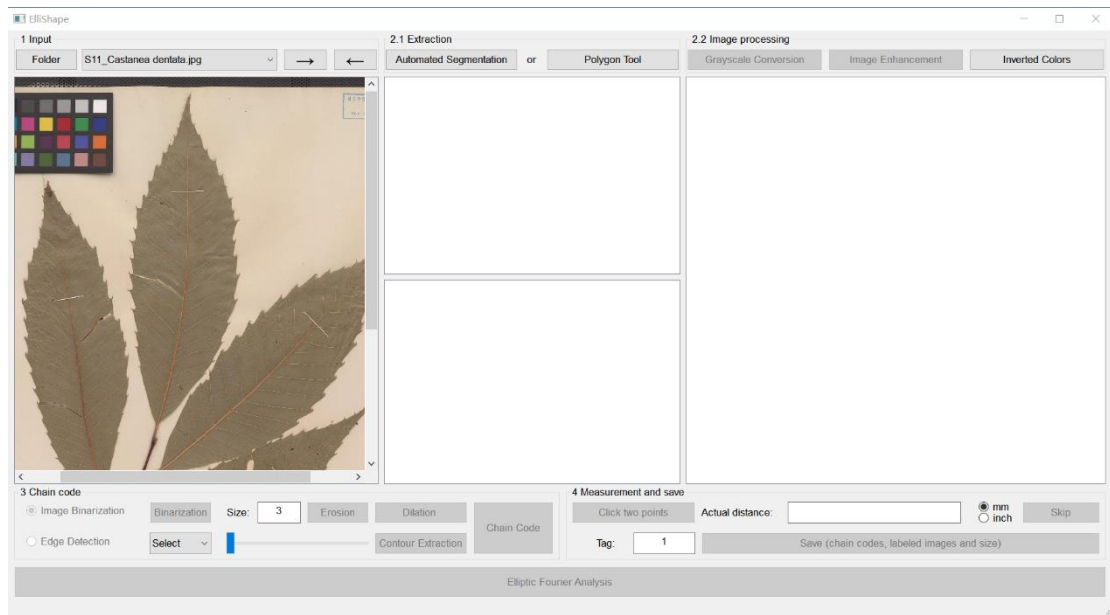


图 3 对象选择

### 方法一：通过"Automated Segmentation"选择对象

在左侧窗口中的目标区域绘制矩形框后，点击"automated segmentation"（自动分割）按钮。分割后的对象将以二值图像形式显示于中下部和右侧窗口（图 4），该结果可直接用于链码生成。

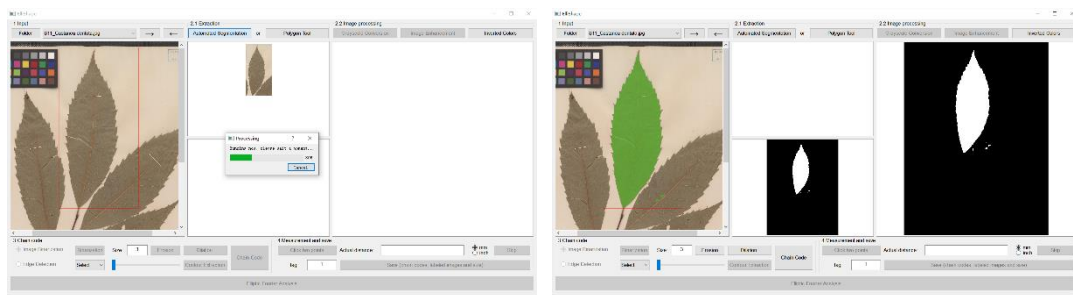


图 4 通过"Automated Segmentation"选择对象

### 方法二：通过"Polygon Tool"选择对象

选择感兴趣区域（ROI）时，请点击"Polygon Tool"（多边形工具）按钮。左键单击围绕叶片轮廓创建多边形顶点并连接各点，右键单击可闭合多边形并在中上方图像窗口显示所选对象（图 5）。如需开始新的选择，需再次右键单击结束当前操作。

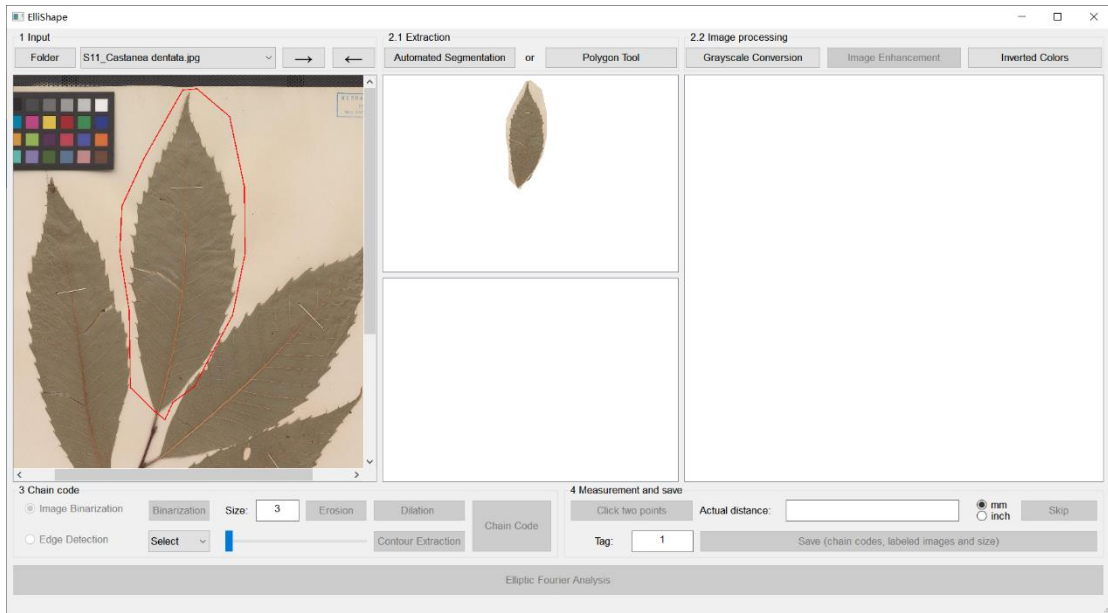


图 5. 通过"多边形工具"选择对象

### 步骤 2.2: 颜色反转

若前景对象呈现高灰度值且与背景对比鲜明，则无需使用"Inverted Colors"（颜色反转）功能；反之则需启用该功能。

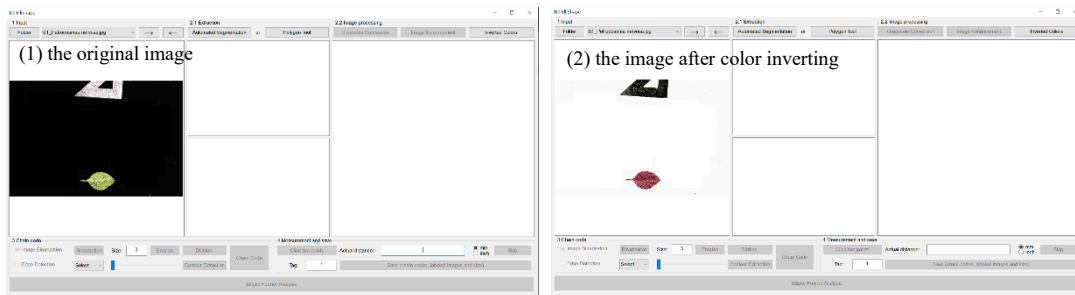


图 6. 颜色反转效果示意图

### 步骤 2.3: 图像增强与灰度转换

若前景对象与背景缺乏明显对比度时，请按图 7 所示启用本步骤。

注意：多次点击"Image Enhancement"（图像增强）按钮将叠加增强效果。如需恢复原始灰度图像，请点击"Grayscale Conversion"（灰度转换）按钮。

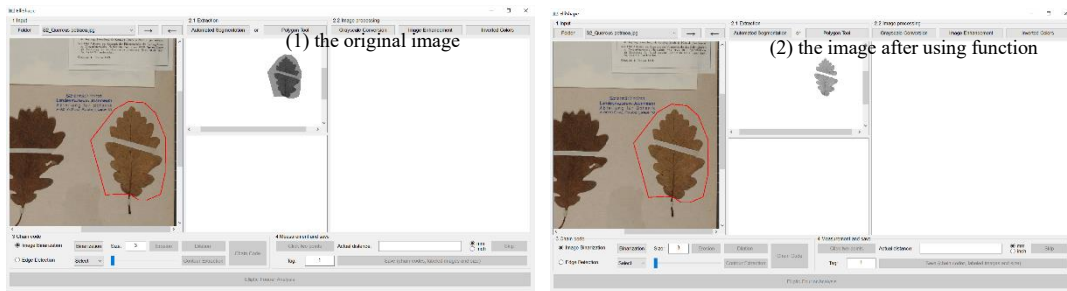


图 7. 图像增强

### 步骤 3: 链码生成

获取对象轮廓提供两种方法: 'Image Binarization' (图像二值化) 或 'Edge Detection' (边缘检测), 可通过单选按钮选择 (图 8)。'Image Binarization' (图像二值化) 是轮廓提取的默认方法。

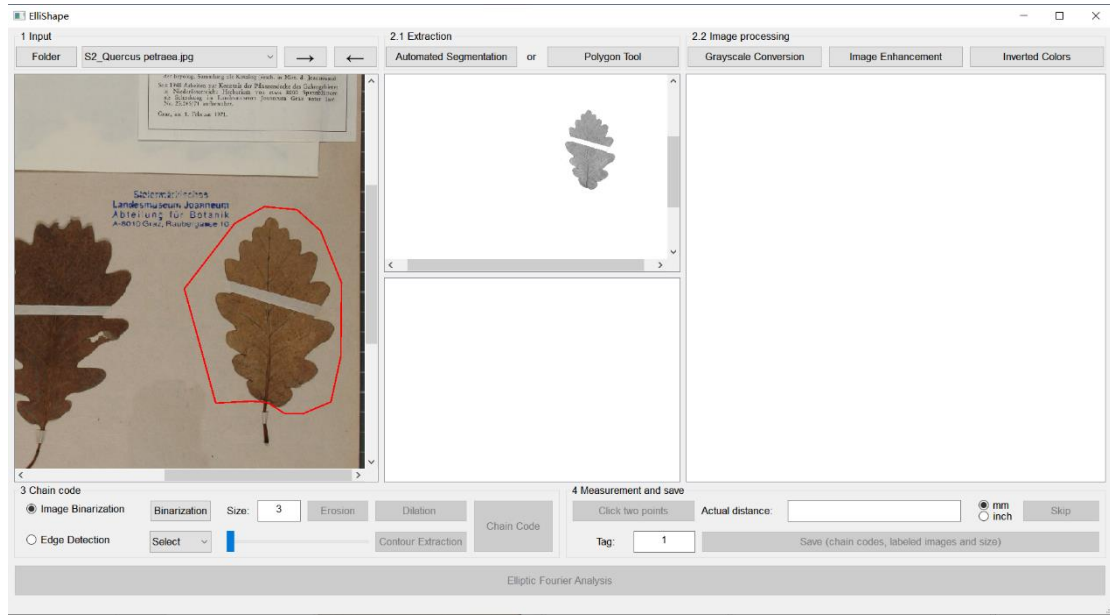


图 8. 对象轮廓获取的两种方法示意图

#### 方法一: 通过"图像二值化"提取轮廓

点击"Binarization" (二值化) 按钮, 将处理后的灰度图像转换为二值图像。结果将显示在中间部分下方的窗口及右侧放大视图窗口中 (图 9)。

若图像链码长度过短 (如提示"长度为 2"), 可点击"Erosion" (腐蚀) 按钮以减少噪声 (图 10)。通过调整按钮旁数值框的数值, 可控制腐蚀操作强度以获得理想效果。

当提示"链码未闭合"且目标区域存在阻碍闭合曲线形成的小间隙或孔洞时, 点击"Dilation" (膨胀) 按钮以闭合边界 (图 11)。

若提示"链码未闭合"且编辑窗口显示边缘顶部因单个像素点导致连接线中断, 点击"Corrosion" (腐蚀) 或"Dilation" (膨胀) 按钮以闭合边界 (图 12)。如目标对象断裂, 请使用右侧窗口的"Editing" (编辑) 功能: 通过鼠标滚轮放大图像并平移视图, 长按左键拖动绘制白线连接断裂部分 (图 13)。亦可使用左键绘制黑线断开连接 (线条颜色与背景值相反)。右键点击弹出"Reset" (重

置)按钮可撤销所有编辑操作。

注意事项:

- (1) 膨胀操作次数越多,对象失真越严重,请酌情使用;
- (2) 编辑前需放大至单个像素清晰可见,以避免位置偏差(图13);
- (3) 请根据实际情况决定是否使用腐蚀、膨胀及编辑功能。

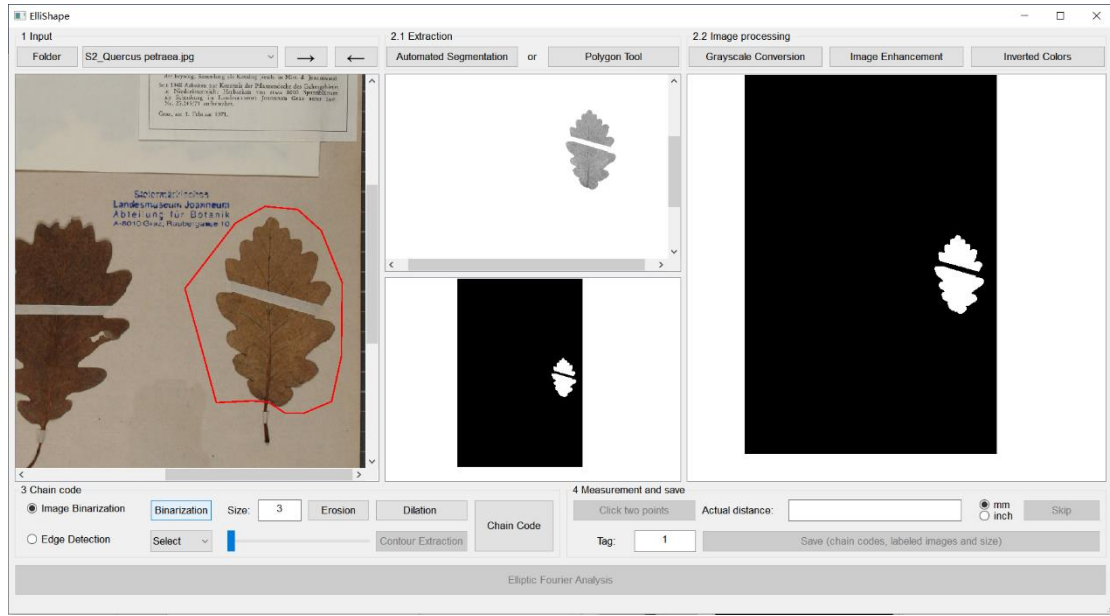


图9. 二值化结果

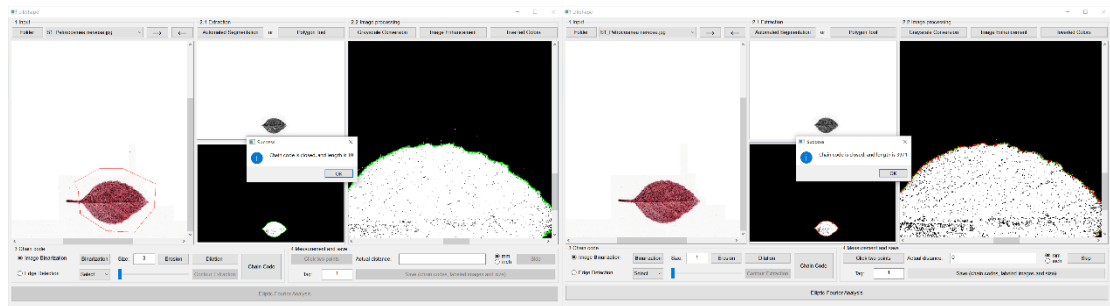


图10. 腐蚀操作示意图。当提示信息显示链码长度过短(如"长度为2")时,点击"Erosion"(腐蚀)按钮即可获得修正后的边界。

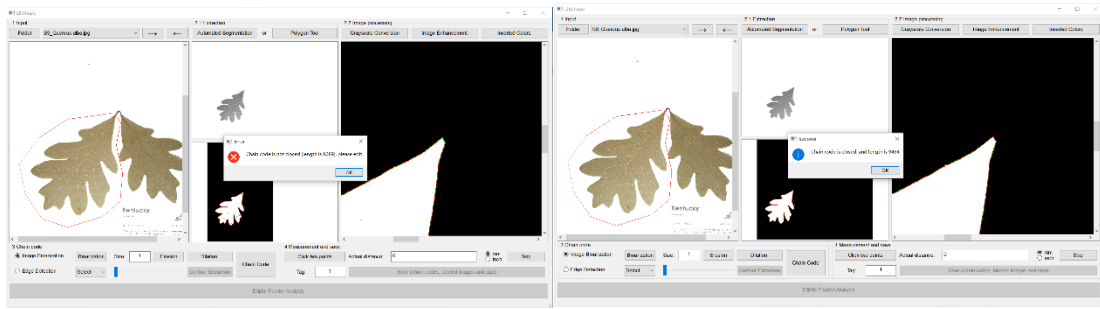


图 11. 膨胀操作示意图。当提示"链码未闭合"且目标区域存在阻碍闭合曲线形成的小间隙或孔洞时，点击"Dilation"（膨胀）按钮可闭合边界。

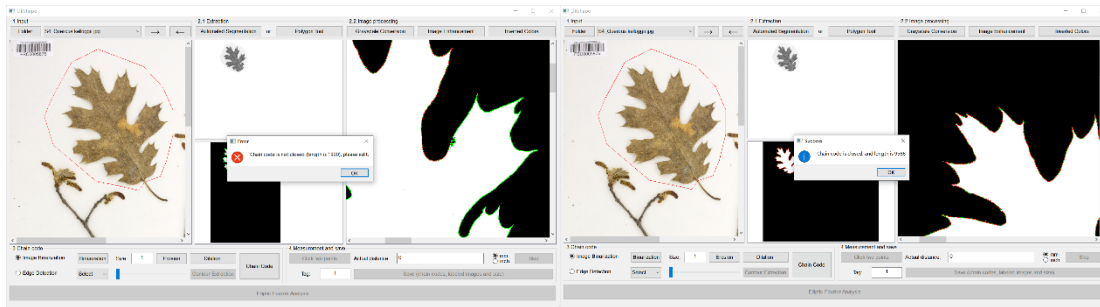


图 12. 膨胀操作示意图。当系统提示"链码未闭合"且编辑窗口显示顶部边缘因单个像素点导致连接线中断时，点击"Dilation"（膨胀）按钮可闭合边界间隙。

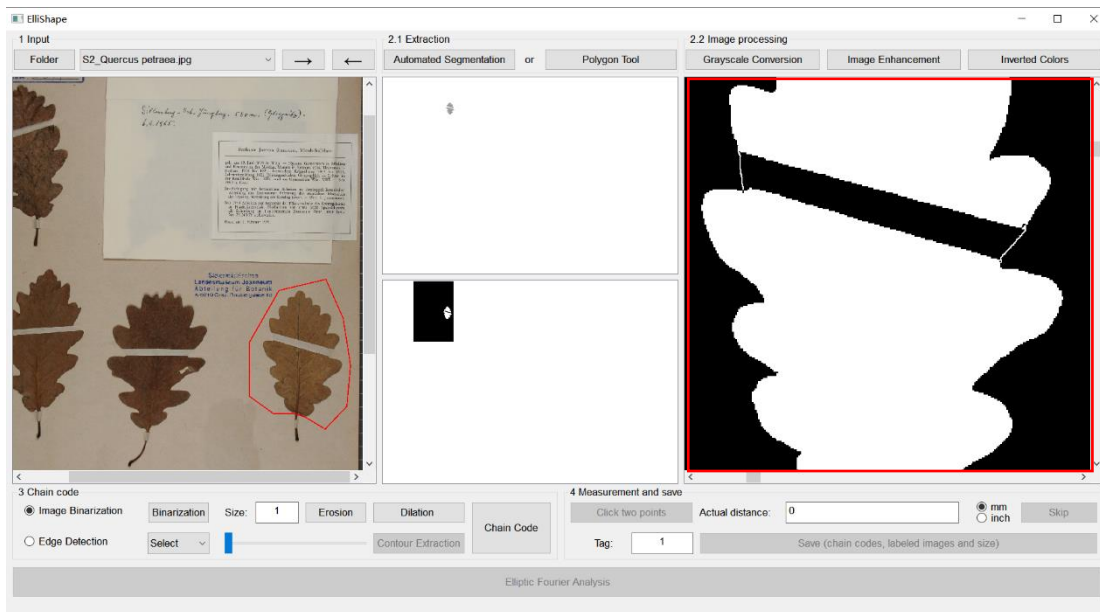


图 13. 编辑操作示意图。当目标对象断裂时，长按鼠标左键并拖动绘制白线连接断裂部分。

点击"Chain Code"（链码）按钮启动链码提取操作，成功时将显示确认消息框（图 14）。链码的正确性与闭合性可通过其长度及中右窗口红色连线的完整性进行判断。若链码未闭合，编辑窗口将自动放大显示断裂位置供用户修改；

需重复点击"Chain Code"（链码）按钮直至获得正确结果。

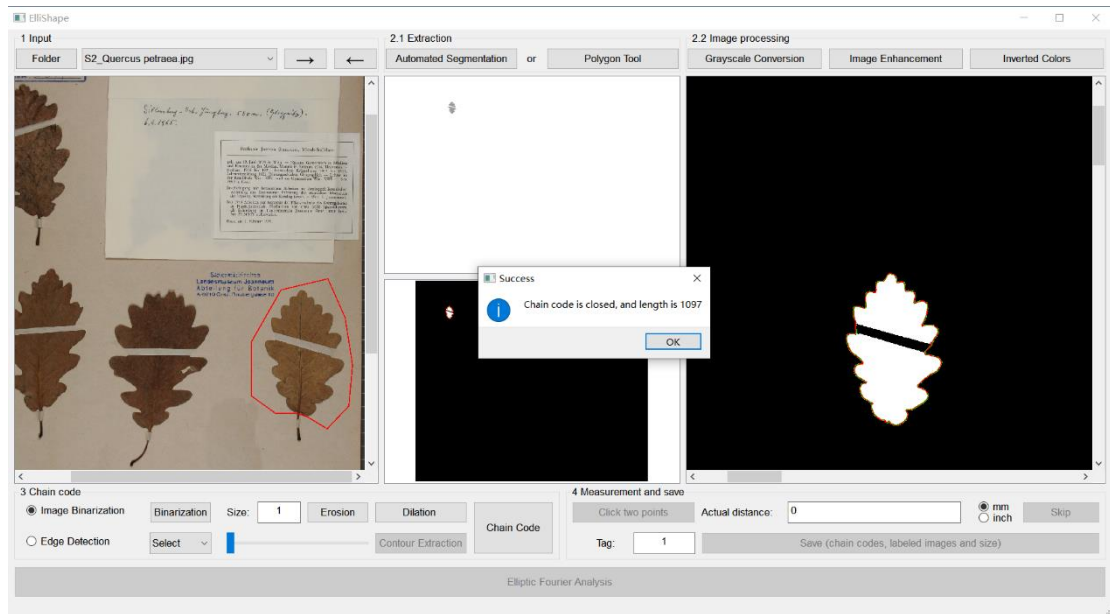


图 14. 链码成功提取示意图

### 方法二：通过"边缘检测"提取轮廓

弹出菜单中提供多种边缘检测方法（图 15），包括 Canny、Sobel、Prewitt、Roberts 算子以及 log 和 zero-cross detectors。选择所需方法后，可通过滑块调整阈值：较低阈值可显示更多细节，较高阈值则检测较少细节。当清晰显示边缘轮廓时即为最佳阈值（图 16）。

在编辑窗口中，用户可连接不连续的轮廓并校正轮廓误差（图 17）。点击"Chain Code"（链码）按钮，即可获得正确的边缘轮廓（绿色线条）及链码（红色线条），效果如图 18 所示。

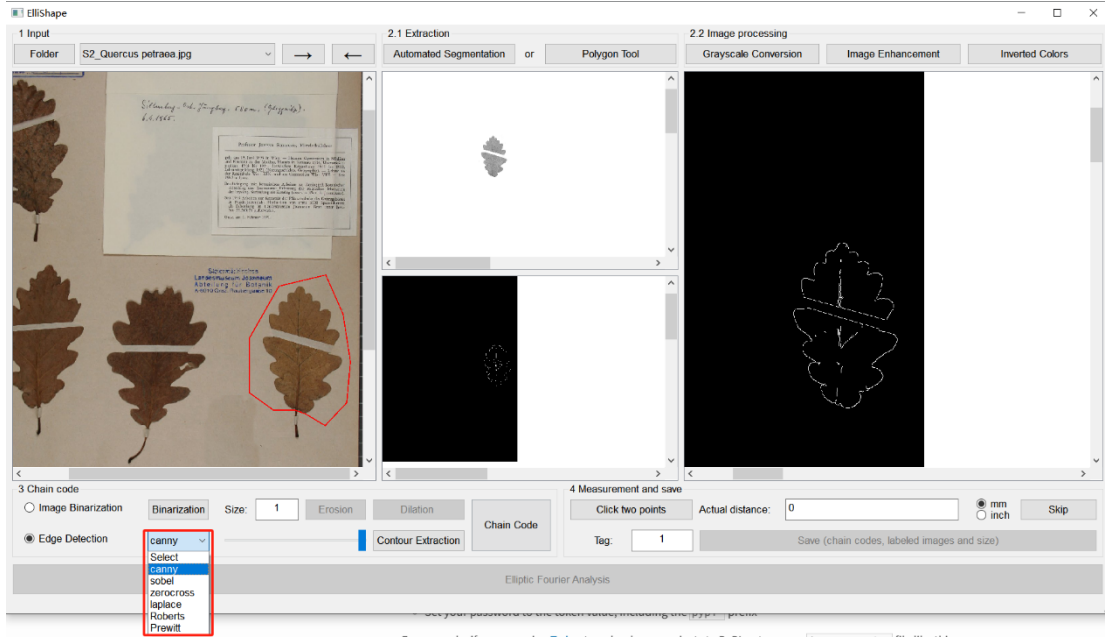


图 15. 边缘检测方法选择界面示意图

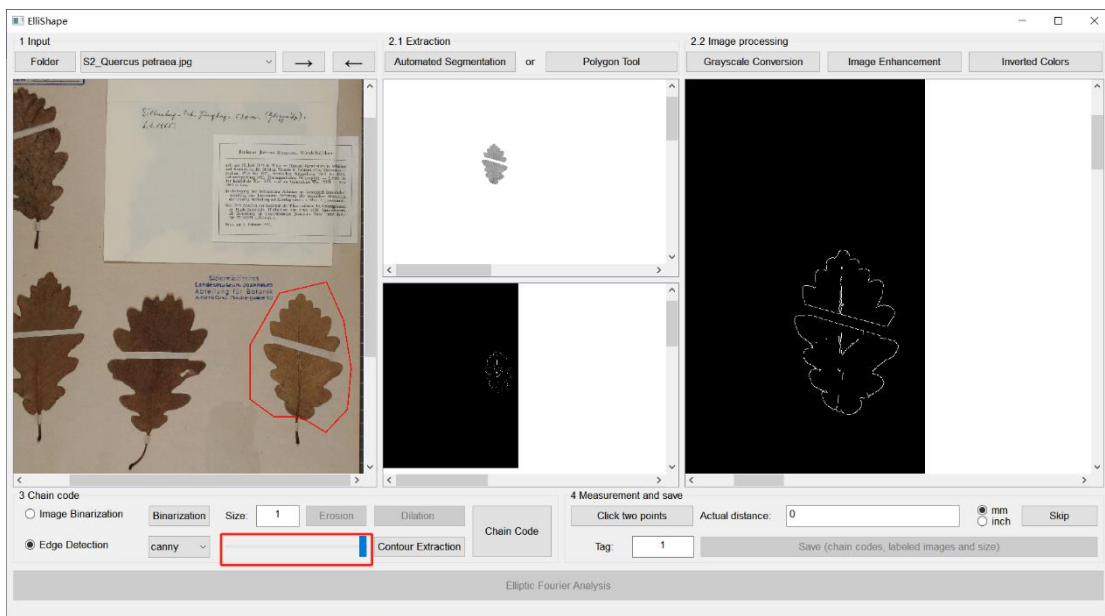


图 16. 阈值调整

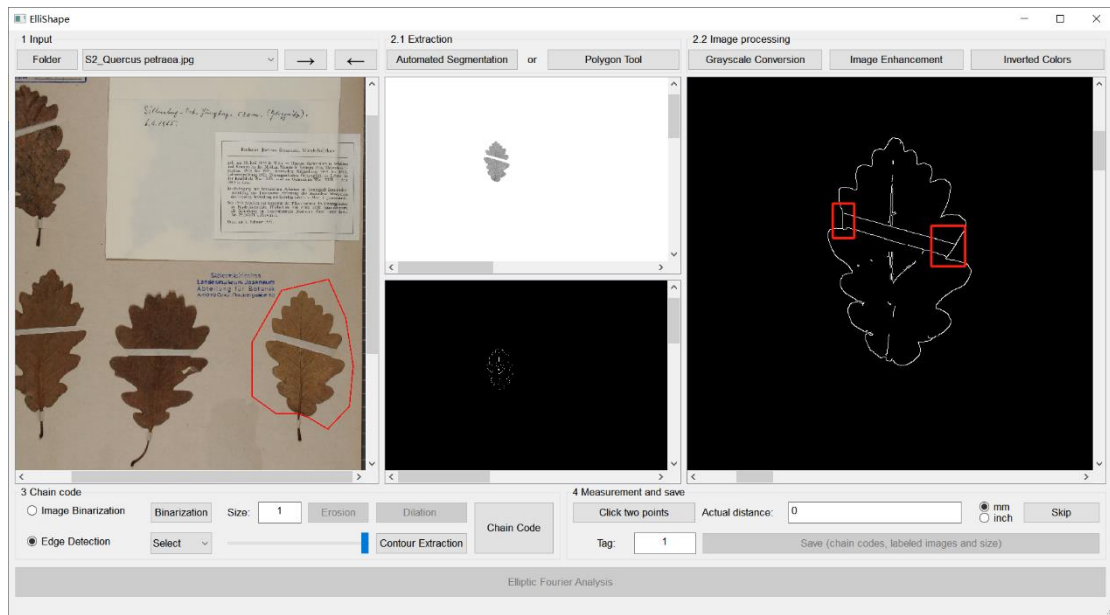


图 17. 轮廓连接

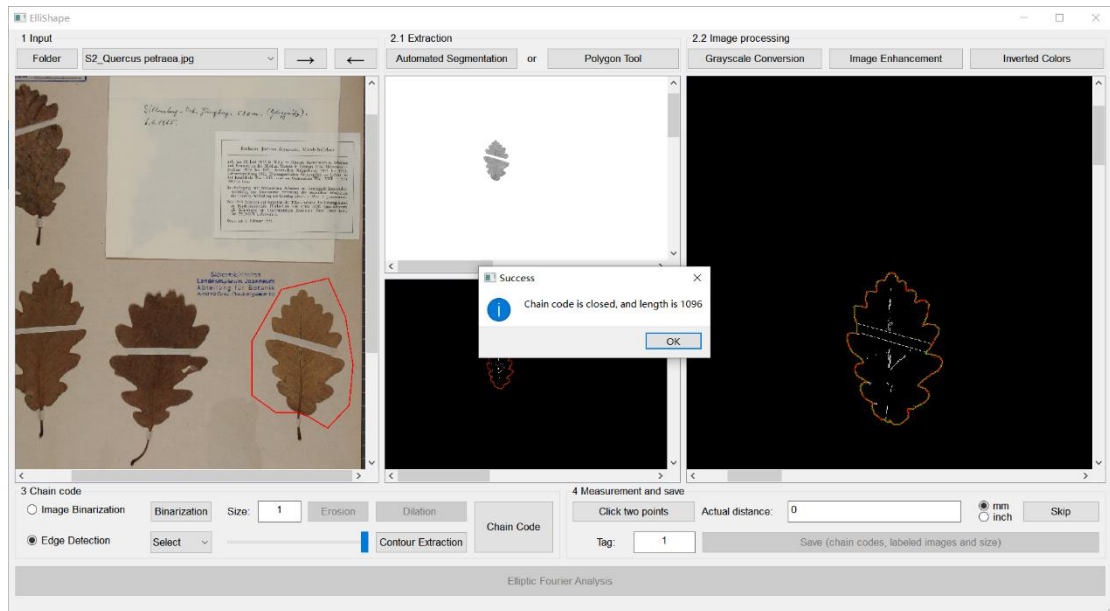


图 18. 链式编码提取成功

#### 步骤 4: 大小计算与保存

若图像包含标尺，请先放大左侧窗口中标尺所在区域。点击"Click Two Points"（标定两点）按钮，通过左键单击选择起点与终点，系统将自动获取两点坐标。在右侧文本框中输入两点间的实际距离（例如输入"10"），并在下拉菜单中选择测量单位（"mm"或"inch"）（图 19）。若无标尺，请点击"Skip"（跳过）按钮。

为对象添加标签后，点击"Save (Chain code, Labeled images, and size)"（保

存链码、标注图像及尺寸) 按钮, 输出文件将自动附加用户自定义标签并保存。文件将存储于程序运行路径下的"results"和"label"目录中, 具体输出包括:

1. 边界坐标: 输入文件名\_用户自定义标签\_b.txt
2. 链码: 输入文件名\_用户自定义标签\_c.txt
3. 尺寸数据: 输入文件名\_用户自定义标签\_info.xlsx (工作表 1)
4. 标注图像: 输入文件名\_用户自定义标签.png

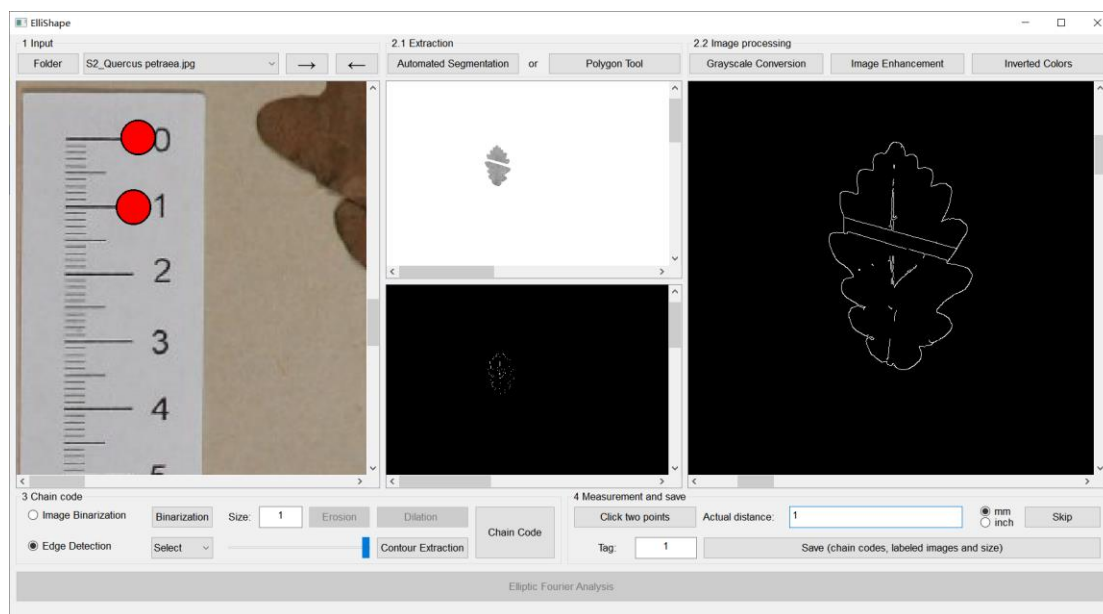


图 19. 尺寸计算

### 步骤 5: 椭圆傅里叶分析页面

点击"Elliptic Fourier Analysis" (椭圆傅里叶分析) 按钮进入新页面, 可获取归一化 EFD 数据并可视化重建形状 (图 20)。

点击"Calculate and Save" (计算并保存) 按钮保存 EFD 数据。用户可输入任意整数作为谐波系数数量, 默认值设为 35 (图 21)。

通过点击"Plot Curve" (绘制曲线) 按钮调整 EFD 可视化数量 (需确保不大于最大值), 结果如图 22 所示。点击"Save Curve" (保存曲线) 按钮可选择曲线存储路径 (图 23)。

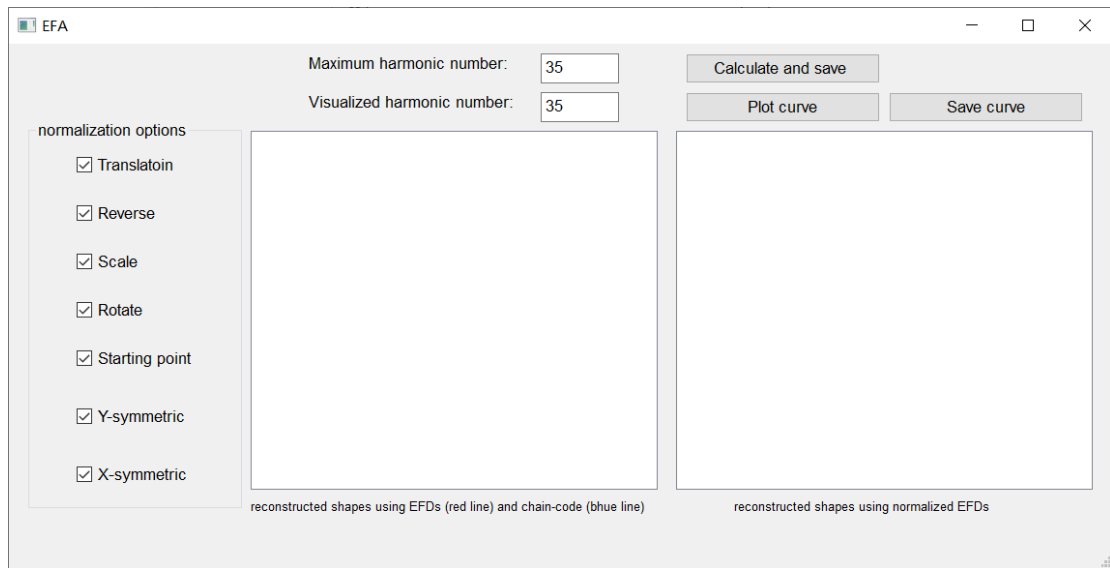


图 20. EFA 界面

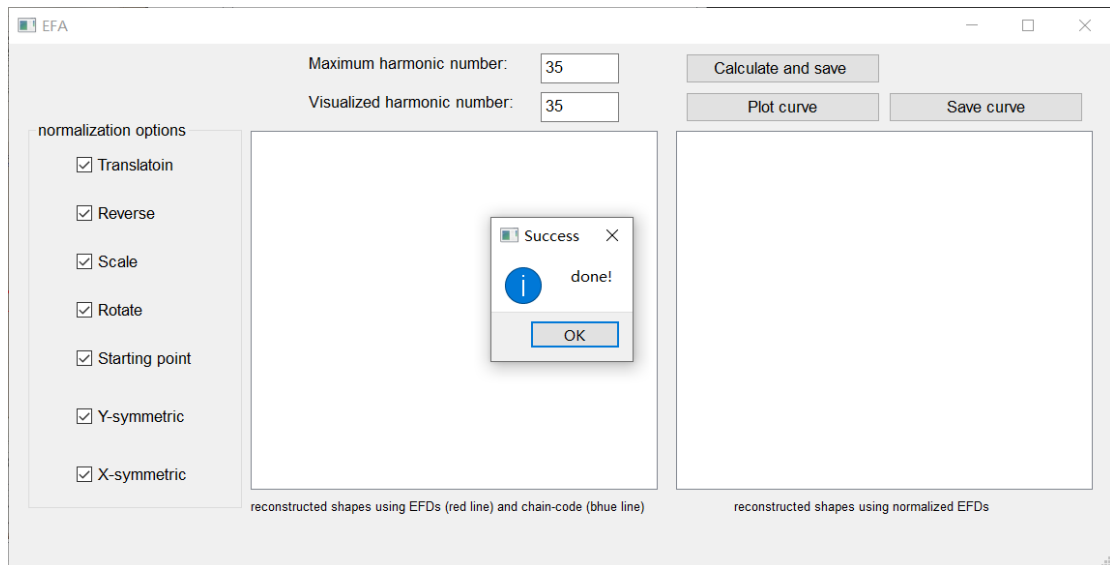


图 21. EFD 计算

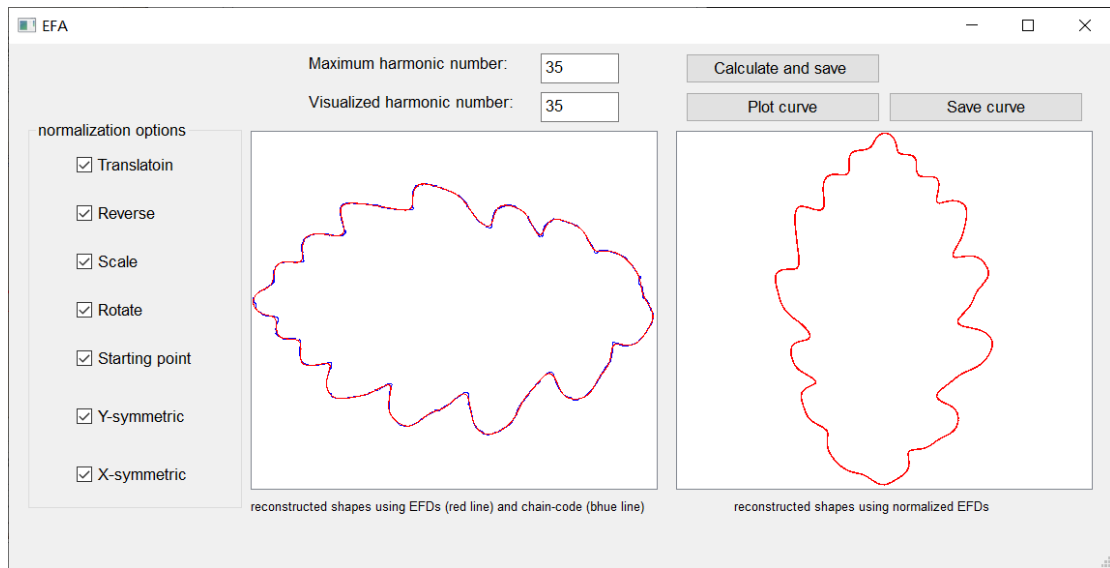


图 22. 轮廓重建

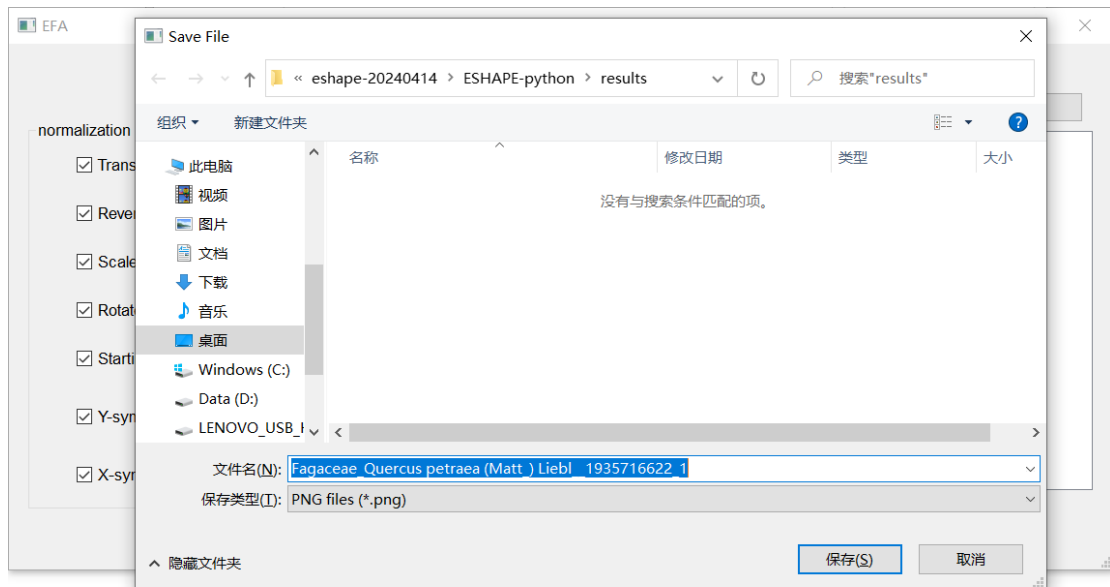


图 23. 轮廓保存

## 参考文献

Kuhl, F. P. , & Giardina, C. R. . (1982). Elliptic fourier features of a closed contour. *Computer Graphics & Image Processing*, 18(3):236-258. [https://doi.org/10.1016/0146-664X\(82\)90034-X](https://doi.org/10.1016/0146-664X(82)90034-X).

Haines, A. J., & Crampton, J. S. (2000). Improvements to the method of Fourier shape analysis as applied in morphometric studies. *Palaeontology*, 43(4):765-783. <https://doi.org/10.1111/1475-4983.00148>.

Bonhomme, V., Picq, S., Gaucherel, C. and Claude, J. (2014). Momocs: Outline Analysis Using R. *Journal of Statistical Software*, 56(13):1–24. <https://doi.org/10.18637/jss.v056.i13>.

Wishkerman, A., & Hamilton, P. B. (2018). Shape outline extraction software (DiaOutline) for elliptic Fourier analysis application in morphometric studies. *Applications in Plant Sciences*, 6(12): e01204. <https://doi.org/10.1002/aps3.1204>