

树木特征评价软件用户手册

MSpace

2023.09.26

目录

1. 引言	4
1.1 编写目的	4
1.2 背景	4
1.3 参考资料	4
2. 软件概述	4
2.1 目标	4
2.2 功能	5
3. 运行环境	5
3.1 硬件设备	5
3.2 支持软件	5
4. 功能介绍	5
4.1 输入数据	5
4.1.1 文件	5
4.1.2 参数	7
4.2 处理方法	8
4.2.1 树木基本特征预测结果评价	8
4.2.2 树木干曲线预测结果评价	9
4.3 输出结果	10
4.3.1 树木基本特征预测结果评价	10
4.3.2 树木干曲线预测结果评价	13

5. 使用说明	16
5.1 安装与初始化.....	16
5.2 软件界面说明.....	17
5.3 使用方法	18
5.3.1 树木特征预测结果评价	18
5.3.2 树木干曲线预测结果评价	20
附录I.....	21
附录II.....	23

1. 引言

1.1 编写目的

编写该手册的目的是为了方便用户了解树木特征评价软件。手册中会详细阐明软件的工作原理，同时向用户讲解软件中每个功能的使用方法。

预期的用户为林地调查领域研究技术人员以及软件的开发测试人员。

1.2 背景

开发软件的名称：Feature Evaluation。

项目任务的提出者：MSpace 成员。

软件开发者：MSpace 成员。

产品用户：该软件项目的任务提出者、软件开发者及 MSpace 成员授权安装此软件的单位。

1.3 参考资料

[1] Liang X, Hyypä J, Kaartinen H, et al. International benchmarking of terrestrial laser scanning approaches for forest inventories[J]. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 2018, 144.

2. 软件概述

2.1 目标

该软件旨在使用样地的参考数据对样地树木特征（如树高、胸径和干曲线等）的预测结果进行评价。

2.2 功能

- (1) 具备根据预测结果和参考数据计算树木匹配关系的功能。
- (2) 具备利用相关公式对树木特征预测结果进行评估的功能，评估内容包括但不限于坐标、树高、胸径和干曲线等。
- (3) 具备全局语言翻译功能，当前阶段支持中文和英文两种语言。

3. 运行环境

3.1 硬件设备

可运行 Windows10 操作系统的硬件设备。

3.2 支持软件

以下列出为运行本软件所需要的支持软件系统：

- (1) 操作系统： Windows10 操作系统。

4. 功能介绍

4.1 输入数据

4.1.1 文件

- (1) 树木基本特征文件

树木基本特征预测文件和树木基本特征参考文件的格式如表 1 所示。每一行代表每棵树的基本特征数据。第一列为每棵树独有的 ID 编号；第二列至第四列表示每棵树的位置坐标；随后的每一列表示每棵树的一维特征，如树高、胸径等。树木基本特征文件的扩展名应为 .txt。有关文件格式的详细示

例请参照附录 I。

注意：树木基本特征预测文件应与树木基本特征参考文件中的每列数据具有相同的语义信息。若预测文件中缺少部分坐标或特征信息，请用“NaN”或者“nan”作为填充符表示缺失的数据。每行数据之间用制表符或空格隔开。

表 1 树木基本特征文件格式

数据名称	ID	X（m）	Y（m）	Z（m）	特征 1	特征 2	...
数据类型	int64	double	double	double	double	double	...

（2）干曲线文件

干曲线预测文件和干曲线参考文件的格式如表 2 所示。

每四行代表一棵树的干曲线数据，其中胸径位于第一行，X 坐标位于第二行，Y 坐标位于第三行，高度位于第四行。在每棵树的干曲线数据中，第一列为该树独有的四个相同的 ID 编号；在随后的每一列中，分别代表该树在不同高度处的胸径、X 坐标和 Y 坐标。干曲线文件的扩展名应为 .txt。有关文件格式的详细示例请参照附录 II。

注意：若干曲线预测文件中缺少部分坐标或特征信息，请用“NaN”或者“nan”作为填充符表示缺失的数据。每行数据之间用制表符或空格隔开。

表 2 干曲线文件格式

数据名称	ID	数据 1	数据 2	...
数据类型	int64	double	double	double
直径				
X (m)				
Y (m)				
高度				

(3) 匹配关系文件

匹配关系文件的格式如表 3 所示。每行数据表示一组匹配关系，其中第一列表示预测文件中树木的 ID，第二列表示参考文件中树木的 ID。匹配关系文件扩展名为 .txt。

注意：匹配关系文件为可选文件。每行数据之间用制表符或空格隔开。

表 3 匹配关系文件的文件格式

数据名称	预测文件 ID	参考文件 ID
数据类型	int64	int64
示例数据	6	1
	8	2
	⋮	⋮

4.1.2 参数

(1) **匹配搜索半径 (m)：**该参数的输入数据为正数，用于确定

预测文件中每棵树在执行邻域搜索时的范围。

- (2) **匹配特征列号：**该参数为“树木基本特征预测结果评价”功能的输入数据，数据为小于树木基本特征文件列数的正整数。

它的作用是指定树木基本特征文件中用作匹配特征的列。

- (3) **胸径和坐标的提取高度：**该参数为“树木干曲线预测结果评价”功能的输入数据，数据为正数。用户输入数据后，程序从每棵树的干曲线数据中提取离指定高度最近的直径和圆心坐标作为该树的胸径和坐标。

4.2 处理方法

4.2.1 树木基本特征预测结果评价

该功能可用于计算树木基本特征的预测结果和参考数据之间的匹配关系，同时根据匹配关系对树木基本特征预测结果进行评价，该功能流程图如图 1 所示。

注意：预测结果和参考数据应在同一坐标系下。

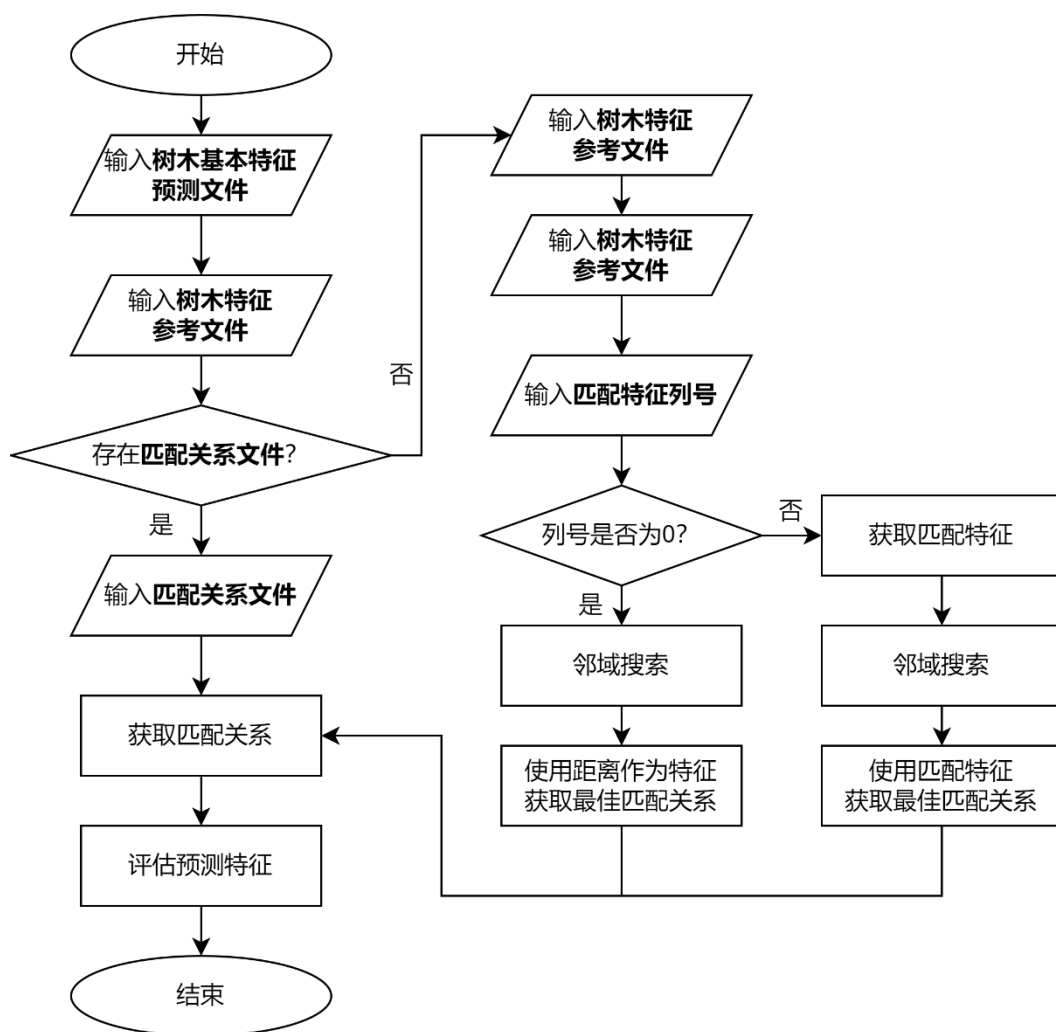


图 1 树木基本特征预测结果评价流程图

4.2.2 树木干曲线预测结果评价

该功能可用于计算树木干曲线的预测结果和参考数据之间的匹配关系，同时根据匹配关系对树木干曲线预测结果进行评价，该功能流程图如图 2 所示。

注意：预测结果和参考数据应在同一坐标系下。

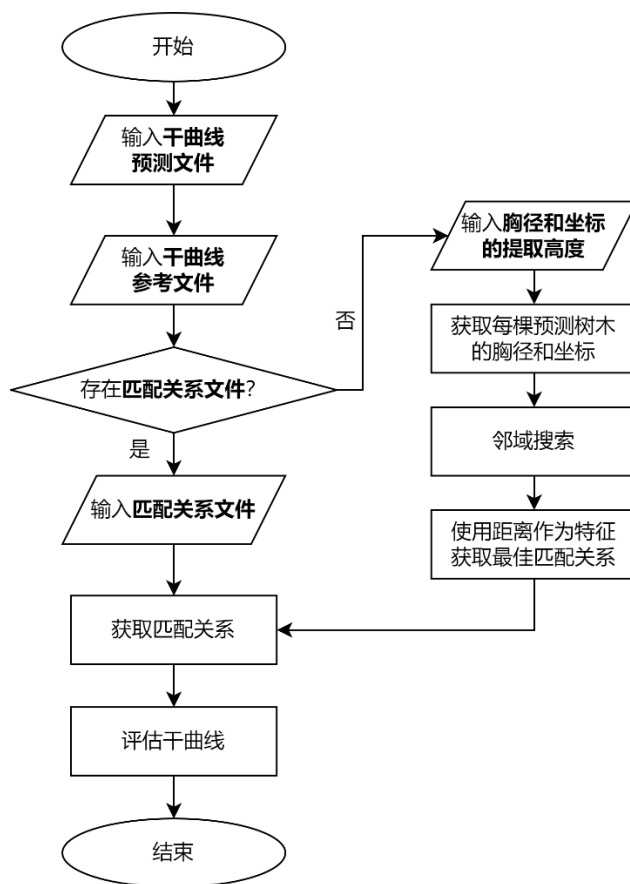


图 2 干曲线评估流程图

4.3 输出结果

4.3.1 树木基本特征预测结果评价

获取预测结果和参考数据之间的匹配关系后，软件采用公式（1）-（11）分别对匹配结果、位置精度和树木基本特征预测结果进行评价，结果如图 3 所示：

（1）匹配结果评价

$$TP = \hat{n}_T \quad (1)$$

其中， TP 表示真正例（Ture Positive）， \hat{n}_T 表示预测结果中能够与参考数据匹配的树木数量。

$$FP = \hat{n}_F \quad (2)$$

其中， FP 表示假正例（False Positive）， \hat{n}_F 表示预测结果中未能与参考数据匹配的树木数量。

$$FN = n_F \quad (3)$$

其中， FN 表示假反例（False Negative）， n_F 表示参考数据中未能与预测结果匹配的树木数量。

$$R = \frac{TP}{TP + FN} = \frac{\hat{n}_T}{\hat{n}_T + n_F} \quad (4)$$

其中， R 表示召回率（Recall）。

$$P = \frac{TP}{TP + FP} = \frac{\hat{n}_T}{\hat{n}_T + \hat{n}_F} \quad (5)$$

其中， P 表示精确率（Precision）。

$$MA = \frac{TP + TN}{TP + FN + FP + TN} = \frac{\hat{n}_T + n_T}{\hat{n} + n} \quad (6)$$

其中， MA 表示准确率（Mean Accuracy）。 \hat{n}_T 表示预测结果中能够与参考数据匹配的树木数量。 n_T 表示参考数据中能够与预测结果匹配的树木数量。 \hat{n} 表示预测结果中树木的数量。 n 表示参考数据中树木的数量。

（2）位置精度评价

$$RMSE_{loc} = ||\hat{L} - L||_2 = \sqrt{\frac{1}{n_{match}} \sum_{i=1}^{n_{match}} (\hat{L}_i - L_i)^2} \quad (7)$$

其中， $RMSE_{loc}$ 表示位置的均方根误差（Root Mean Square Error）。 \hat{L} 表示预测结果中树的位置。 L 表示参考数据

中树的位置。 n_{match} 表示预测结果与参考数据中具有匹配关系的树木数量。

(3) 基本特征预测结果精度评价

$$RMSE_f = ||\hat{F} - F||_2 = \sqrt{\frac{1}{n_{match}} \sum_{i=1}^{n_{match}} (\hat{F}_i - F_i)^2} \quad (8)$$

其中， $RMSE_f$ 表示树木基本特征预测结果的均方根误差（Root Mean Square Error）。 \hat{F} 表示预测结果中树的特征。 F 表示参考数据中树的特征。 n_{match} 表示预测结果与参考数据中具有匹配关系且不缺少特征信息的树木数量。

$$Bias_f = \frac{\sum_{i=1}^{n_{match}} (\hat{F}_i - F_i)}{n_{match}} \quad (9)$$

其中， $Bias_f$ 表示树木基本特征预测结果的偏差。 \hat{F} 表示预测结果中树的特征。 F 表示参考数据中树的特征。 n_{match} 表示预测结果与参考数据中具有匹配关系且不缺少特征信息的树木数量。

$$RMSE_f \% = \frac{RMSE_f}{\bar{F}} \times 100\% = \frac{\sqrt{\frac{1}{n_{match}} \sum_{i=1}^{n_{match}} (\hat{F}_i - F_i)^2}}{\frac{1}{n_{match}} \sum_{i=1}^{n_{match}} F_i} \times 100\% \quad (10)$$

其中， $RMSE_f \%$ 表示树木基本特征预测结果的相对均方根误差（Relative Root Mean Square Error）。 \hat{F} 表示预测结果中树的特征。 F 表示参考数据中树的特征。 n_{match} 表示预测结果与参考数据中具有匹配关系且不缺少特征信息的树木数量。

$$Bias_f\% = \frac{Bias_f}{\bar{F}} \times 100\% = \frac{\sum_{i=1}^N (\hat{F} - F)}{\frac{1}{n_{match}} \sum_{i=1}^{n_{match}} F_i} \times 100\% \quad (11)$$

其中， $Bias_f\%$ 表示树木基本特征预测结果的相对偏差（Relative Bias）。 \hat{F} 表示预测结果中树的特征。 F 表示参考数据中树的特征。 n_{match} 表示预测结果与参考数据中具有匹配关系且不缺少特征信息的树木数量。

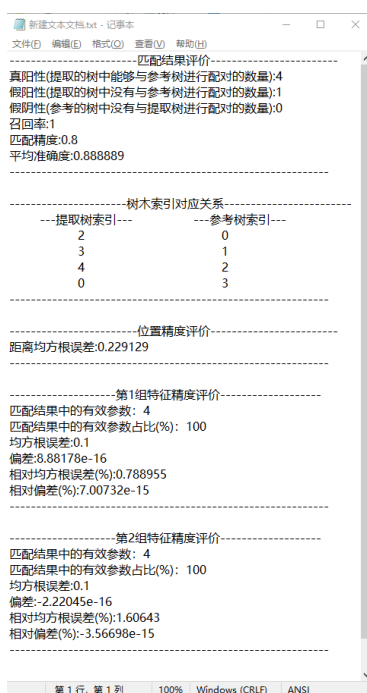


图 3 “树木参数预测结果评价”输出文本结果

4.3.2 树木干曲线预测结果评价

获取预测结果和参考数据之间的匹配关系后，软件采用公式（12）-（17）分别对匹配结果、位置精度和树木干曲线预测结果进行评价，结果如图 4 所示：

（1）匹配结果评价

该评价方法与树木基本特征预测结果功能中匹配结果评

价方法相同。

(2) 位置精度评价

该评价方法与树木基本特征预测结果功能中位置精度评价方法相同。

(3) 干曲线预测结果精度评价

对于单个树木来说，使用公式（12）和（14）对于干曲线预测精度进行评价：

$$RMSE_i = \sqrt{\frac{1}{m_i} \sum_{j=1}^{m_i} (\hat{d}_i(\hat{z}_{i,j}) - d_i^{interp}(\hat{z}_{i,j}))^2} \quad (12)$$

其中， i 是树木的索引， j 是第 i 棵树中直径的索引。

$RMSE_i$ 表示第 i 棵树的干曲线均方根误差。 m_i 表示第 i 棵树提取的直径的数量。 $\hat{d}_i(\hat{z}_{i,j})$ 表示在高度 $\hat{z}_{i,j}$ 处的预测直径。 $d_i^{interp}(\hat{z}_{i,j})$ 表示根据参考数据进行线性插值得到的在高度 $\hat{z}_{i,j}$ 处的参考直径。

$$MAE_i = \frac{1}{m_i} \sum_{j=1}^{m_i} |\hat{d}_i(\hat{z}_{i,j}) - d_i^{interp}(\hat{z}_{i,j})| \quad (13)$$

其中， i 是树木的索引， j 是第 i 棵树中直径的索引。 MAE_i 表示第 i 棵树的干曲线平均绝对误差（Mean Absolute Error）。 m_i 表示第 i 棵树提取的直径的数量。 $\hat{d}_i(\hat{z}_{i,j})$ 表示在高度 $\hat{z}_{i,j}$ 处

的预测直径。 $d_i^{interp}(\hat{z}_{i,j})$ 表示根据参考数据进行线性插值得到的在高度 $\hat{z}_{i,j}$ 处的参考直径。

$$Bias_i = \frac{1}{m_i} \sum_{j=1}^{m_i} (\hat{d}_i(\hat{z}_{i,j}) - d_i^{interp}(\hat{z}_{i,j})) \quad (14)$$

其中， i 是树木的索引， j 是第 i 棵树中直径的索引。 $Bias_i$ 表示第 i 棵树的干曲线偏差。 m_i 表示第 i 棵树提取的直径的数量。 $\hat{d}_i(\hat{z}_{i,j})$ 表示在高度 $\hat{z}_{i,j}$ 处的预测直径。 $d_i^{interp}(\hat{z}_{i,j})$ 表示根据参考数据进行线性插值得到的在高度 $\hat{z}_{i,j}$ 处的参考直径。

对于块地来说，使用公式（15）-（17）对干曲线预测精度进行评价：

$$\overline{RMSE} = \frac{1}{n_{match}} \sum_{i=1}^{n_{match}} RMSE_i \quad (15)$$

其中， \overline{RMSE} 表示所有树木的平均均方根误差， n_{match} 表示预测结果与参考数据中具有匹配关系且不缺少特征信息的树木数量。 $RMSE_i$ 表示第 i 棵树的干曲线均方根误差。

$$\overline{MAE} = \frac{1}{n_{match}} \sum_{i=1}^{n_{match}} MAE_i \quad (16)$$

其中， \overline{MAE} 表示所有树木的平均绝对误差， n_{match} 表示预测结果与参考数据中具有匹配关系且不缺少特征信息的树木数量。 MAE_i 表示第 i 棵树的干曲线绝对误差。

$$\overline{Bias} = \frac{1}{n_{match}} \sum_{i=1}^{n_{match}} Bias_i \quad (17)$$

其中， \overline{Bias} 表示所有树木的平均偏差， n_{match} 表示预测结果与参考数据中具有匹配关系且不缺少特征信息的树木数量。 $Bias_i$ 表示第*i*棵树的干曲线偏差。

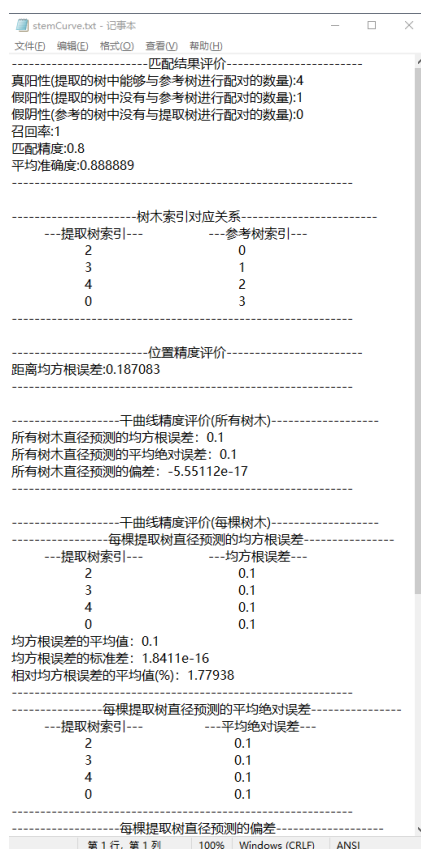



图 4 “干曲线预测结果评价”输出文本结果

5. 使用说明

5.1 安装与初始化

该软件为免安装文件，打开压缩包后双击  Feature Evaluation.exe 文件，即可进入软件的主界面，主界面如图 5 所示：

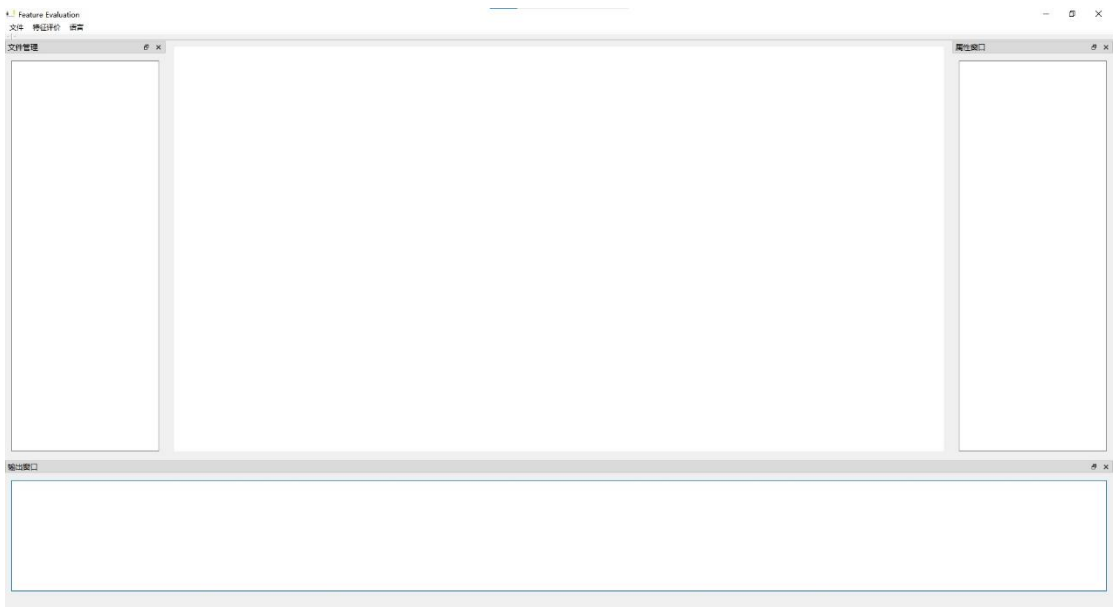


图 5 树木评价软件主界面

5.2 软件界面说明

界面图示	名称	功能说明
	软件名称	无
	菜单栏	无
	数据窗口	显示点云数据和评价数据，含右键菜单
	输出窗口	操作信息输出

	属性窗口	展示数据属性信息 (暂未开发该内容)
---	------	-----------------------

5.3 使用方法

5.3.1 树木特征预测结果评价

点击“特征评价\树木特征预测结果评价”，显示“树木特征预测结果评价”界面，如图 6 所示。

树木基本特征预测结果评价

文件输入

(1) 预 测 文 件: 选择文件

(2) 参 考 文 件: 选择文件

(3) 匹配关系文件: 选择文件

匹配关系参数设置

(4) 匹配特征列号: 匹配搜索半径(m):

文件输出

(5) 评价结果文件: 选择文件

☐ 是否显示匹配结果 (6)

(7) 完成

图 6 “树木特征预测结果评价”界面

- (1) 点击 “选择文件”，获取“预测文件”的输入路径。
- (2) 点击 “选择文件”，获取“参考文件”的输入路径。

- (3) 若存在匹配关系文件，点击“选择文件”，获取“匹配关系文件”的输入路径。
- (4) 输入“匹配特征列号”和“匹配搜索半径（m）”。
- (5) 点击“选择文件”，获取“评价结果文件”的输出路径。
- (6) 选择“是否选取匹配结果”。若选择，“树木特征预测结果评价”功能完成后，显示匹配结果和图表，如图7所示。
完成匹配的数据和未完成匹配的数据将以悬浮表格的形式展示在主界面，用户可以拖动表格放置于不同位置。同时三维显示窗口会用球体表示每个数据的坐标，完成匹配的数据之间将会用线段进行连接。其中，绿色球体的表示完成匹配的提取树坐标，黄色球体表示完成匹配的参考树坐标，未完成匹配的数据用红色球体表示。
- (7) 点击“完成”，进行树木基本特征预测结果进行评价。



图7 匹配结果和图表

5.3.2 树木干曲线预测结果评价

点击“特征评价\干曲线预测结果评价”，显示“干曲线预测结果评价”界面，如图 8 所示。

树木干曲线预测结果评价

文件输入

(1) 预测文件: 选择文件

(2) 参考文件: 选择文件

(3) 匹配关系文件: 选择文件

匹配关系参数设置

(4) 胸径和坐标的提取高度(m): 匹配搜索半径(m):

文件输出

(5) 评价结果文件: 选择文件

(6) 完成

图 8 “树木干曲线预测结果评价”界面

- (1) 点击 “选择文件”，获取 “预测文件” 的输入路径。
- (2) 点击 “选择文件”，获取 “参考文件” 的输入路径。
- (3) 若存在匹配关系文件，点击 “选择文件”，获取 “匹配关系文件” 的输入路径。
- (4) 输入 “胸径和坐标的提取高度” 和 “匹配搜索半径 (m)”。
- (5) 点击 “评价结果文件” 右侧的 “选择文件”，获取 “评价结果文件” 的输出路径。
- (6) 点击 “完成”，进行树木干曲线预测结果进行评价。

附录I

树木参数预测结果评价数据格式示例

1. 参考文件格式

ID	X	Y	Z	特征 1	特征 2	特征 3	特征 4	...
1	4.9	8.3	1.6	9.8	4.3	6.2	7.1	...
2	5.1	5.3	6.2	8.5	4.8	3.6	4.9	...
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	...

2. 提取文件示例

(1) 具有 X、Y 坐标以及特征 1 的提取文件数据。

1		5.3		6.2		NaN		10.6
2		8.3		1.6		NaN		6.2
3		4.8		3.6		NaN		9.8
⋮		⋮		⋮		⋮		⋮

- 由于示例数据 (1) 缺少 Z 坐标数据，为保持提取文件和参考文件中特征 1 处在相同列（即第 5 列），所以将提取文件中第 4 列数据作为填充符号，设为 NaN。

(2) 具有 X、Y、Z 坐标以及特征 1 和特征 4 的提取文件数据。

1	9.8	4.3	6.2	8.3	NaN	NaN	10.6
2	4.8	3.6	4.9	5.3	NaN	NaN	6.2
3	6.2	8.5	4.8	8.3	NaN	NaN	9.8
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

- 由于示例数据 (2) 缺少特征 2 和特征 3，为保持提取文件和参考文件中

特征 4 处在相同列（即第 8 列），所以将提取文件中第 6 列和第 7 列数据作为填充符，设为 *NaN*。

附录II

干曲线预测结果评价数据格式示例

1. 参考文件格式

	ID	数据 1	数据 2	数据 3	
胸径	1	3.2	3.1	3.0	...
X	1	5.2	5.1	5.2	...
Y	1	4.3	4.2	4.2	...
高度	1	0.6	1.3	1.8	...
胸径	2	2.2	2.1	2.0	...
X	2	1.2	1.1	1.2	...
Y	2	2.3	2.2	2.2	...
高度	2	0.6	1.3	1.8	...
	⋮	⋮	⋮		

- 上述参考文件示例数据为两棵树的干曲线数据，第 1 行到第 4 行代表第 1 棵树的干曲线数据，该数据分别在 0.6m，1.3m 和 1.8m 处测量树的直径和水平坐标。第 5 行到第 8 行代表第 2 棵树的干曲线数据，该数据分别在 0.6m，1.3m 和 1.8m 处测量树的直径和水平坐标。

2. 提取文件示例

- (1) 两个树的干曲线数据（其中第一棵树缺少 1.3m 处的直径数据。第二棵树缺少 1.7m 处的坐标数据）。

1	3.2	NaN	3.0	...
1	5.2	5.1	5.2	...
1	4.3	4.2	4.2	...
1	0.6	1.3	1.8	...
2	2.2	2.1	2.0	...
2	1.2	1.1	NaN	...
2	2.3	2.2	NaN	...
2	0.6	1.4	1.7	...
⋮	⋮	⋮		

- 上述提取文件示例数据为两棵树的干曲线数据，第 1 行到第 4 行代表第 1 棵树的干曲线数据，该数据分别在 0.6m，1.3m 和 1.8m 处测量树的直径和水平坐标，但缺少 1.3m 处的直径。第 5 行到第 8 行代表第 2 棵树的干曲线数据，该数据分别在 0.6m，1.4m 和 1.7m 处测量树的直径和水平坐标，但缺少 1.7m 处的坐标数据。