

文章编号: 2095-2163(2020)04-0054-03

中图分类号: TP399

文献标志码: A

基于 python 的应力波特征矩阵仿真程序的实现

陈力^{1,2}

(1 浙江农林大学 信息工程学院, 杭州 311300; 2 林业感知技术与智能装备国家林业局重点实验室, 杭州 311300)

摘要: 本文实现了一种基于 python 的应力波特征矩阵仿真程序, 通过程序构建了一个特征矩阵图像数据集——Eigen Matrix Net, 以期能够解决通过卷积神经网络检测木材内部缺陷时样本量不足的问题。应用 python 内的 wxpython、matplotlib 等库实现了应力波特征矩阵仿真程序, 并给出部分算法。根据图像数据集的深度学习结果显示, 该程序生成的仿真数据能较好的代替真实数据, 取得了满意的应用效果。

关键词: 木材缺陷识别; python; 应力波; 特征矩阵

Realization of stress wave characteristic matrix simulation program based on Python

CHEN Li^{1,2}

(1 School of Information Engineering, Zhejiang A & F University Hangzhou 311300, China; 2 Key Laboratory of State Forestry and Grassland Administration on Forestry Sensing Technology and Intelligent Equipment, Hangzhou 311300, China)

[Abstract] In this paper, a simulation program of stress wave characteristic matrix is implemented based on python, and a data set of characteristic matrix image, eigen matrix net, is constructed through the program, in order to solve the problem of insufficient sample size when detecting wood internal defects through convolutional neural network. In this paper, we use wxPython, Matplotlib and other libraries in Python to realize the simulation program of stress wave characteristic matrix, and give some algorithms and program codes. According to the deep learning result of image data set, the simulation data generated by the program can replace the real data better, and the application effect is satisfactory.

[Key words] wood defect identification; python; stress wave; eigen matrix

0 引言

由于木材无损检测技术在古树名木保护、木质资源利用领域中存在着重要的研究意义和应用价值, 而迅速发展成一项实用技术^[1]。相比于传统的破坏性检测技术, 其非形变的优势突破了被测木材形状和尺寸的桎梏, 可以广泛应用于古建筑木材检测、古树名木保护、城市林业、木材加工等领域^[2]。

21 世纪以来, 研究者用一些传统检测技术在木材无损检测领域做了一些尝试。孙吉男、李华等分别利用超声波技术探测了红栎木材和永乐大钟木结构钟架的内部缺陷, 为超声波检测木材内部腐朽开了先河^[3-4]; 杨学春、王立海以东北林区 12 种树种为对象进行实验分析, 证明了应力波无损检测系统检测木材内部缺陷的可行性^[5]; 赵更寅利用 X 射线在木材内部的穿透能力, 对原木内部缺陷进行测定, 为后人在该方向的研究上提供了理论前提和技术基础^[6]。总结前期的研究均存在着检测效率、检测准确率、检测成本等方面的不足。

随着近些年计算机性能的发展, 部分研究者采用机器学习算法结合传统方法, 构建缺陷识别模型,

显著提升了木材内部缺陷识别的准确度。在此基础上, 本文将应力波无损检测技术和卷积神经网络结合, 通过实现应力波特征矩阵仿真程序来构建特征矩阵图像数据集——Eigen Matrix Net, 用以生成深度学习模型, 并用该模型实现木材内部缺陷特征识别^[7]。

1 程序设计原理

1.1 应力波木材无损检测基本原理

应力波木材无损检测技术基于应力波特性, 敲击时木材中生成的应力波在木材中以一定速率传播, 当木材内部出现异常时, 应力波不能沿直线进行传播, 传播时间会增加, 即应力波在木材中的传播时间与传播截面的纹理角、裂痕、空洞和腐朽等情况存在正相关^[8]。

应力波木材无损检测设备的每个传感器都是独立的检测通道, 两两之间组成应力波信号传播通道来获取数据。如图 1 所示, 当检测装备的传感器数量为 x 时, 总信号通道数 y 为 x 的组合数 C_x^2 , 见公式 (1)。

$$y = C_x^2 = \frac{x!}{2 \times (x-2)!}, \quad (1)$$

作者简介: 陈力(1993-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向: 智能电子技术。

收稿日期: 2019-12-12

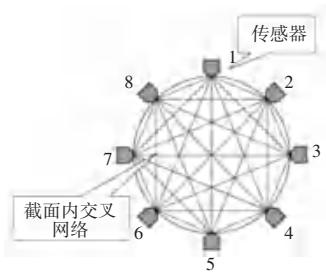


图 1 应力波无损检测传感原理示意图

Fig. 1 Schematic diagram of sensing principle for stress wave nondestructive testing

因在每次敲击传感器后,该传感器为该组数据的信号发起点,其余传感器为该组数据的信号接收点,因此单次敲 $v_{(x_1, x_2)}$ 击实际可获得 $x \times (x - 1)$ 个速度数据,一次完整的实验可获取一个 $x \times x$ 的二维矩阵。公式(2)为速度矩阵中坐标 (x_1, x_2) 位置的速度数值; x_1 为信号发起点的传感器编号, x_2 为信号接收点的传感器编号。

$$v_{(x_1, x_2)} = \frac{\Delta t_{(x_1, x_2)}}{l} = \frac{t_{x_2} - t_{x_1}}{l} = \frac{2\pi \times (t_{x_2} - t_{x_1})}{2 \times \sin \frac{\theta}{2} \times S}, \quad (2)$$

其中, $\pi \geq \theta = \angle(x_1, x_2)$, S 为横截面的周长。

一次木材无损检测实验最终得到的矩阵公式(3):

$$A = \begin{matrix} \begin{matrix} \textcircled{a} & \dots & \dots & v_{(1, x)} & \textcircled{0} \\ \textcircled{c} & \dots & \dots & \dots & \textcircled{\div} \\ \textcircled{c} & \dots & \dots & \dots & \textcircled{\div} \\ \textcircled{c} & \dots & \dots & \dots & \textcircled{\div} \\ \textcircled{c} & \dots & \dots & \dots & \textcircled{\div} \\ \textcircled{c} & \dots & \dots & \dots & \textcircled{\neq} \\ \textcircled{e} & \dots & \dots & v_{(x, x)} & \textcircled{\emptyset} \end{matrix} \end{matrix}, \quad (3)$$

1.2 仿真程序特征矩阵图像生成原理

应力波速度特征矩阵在转化为特征矩阵图的过程中,首先需要对该矩阵进行归一化处理,使数值间的绝对值关系转化为相对值关系。通过公式(4)将原矩阵 A 转化为处理完成的矩阵 B 。

$$B_{(x_i, x_j)} = \begin{cases} 0 & (i = j) \\ \frac{A_{(x_i, x_j)} - A_{MIN}}{A_{MAX} - A_{MIN}} & (i \neq j) \end{cases}, \quad (4)$$

其中 $A_{(x_i, x_j)}$ 为原矩阵中坐标 (x_i, x_j) 位置的数值; $B_{(x_i, x_j)}$ 为处理后矩阵中坐标 (x_i, x_j) 位置的数值; A_{MIN} 和 A_{MAX} 分别表示去除了坐标为 $A_{(x_i, x_j)} (i = j)$ 后矩阵 A 中数值的极值。

将矩阵 B 各值以颜色通道对应表示上色,转化为特征矩阵图,整个转化过程如图 2 所示。

2 仿真程序系统结构设计

仿真程序基于 pyhton 开发,桌面端程序的开发

应用了 pypi 里的 wxPython 界面库来开发前端界面。整体系统设计采用了 MVC 模式,使用 MVC 框架的目的是将 View 和 Model 的实现进行代码分离,从而使仿真程序可以使用不同的表现形式。即保持系统全程低耦合度,系统设计框架如图 3 所示。

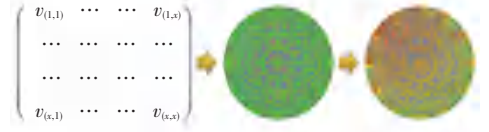


图 2 应力波速度矩阵转化特征矩阵图

Fig. 2 Stress Wave Velocity Matrix Transform to Eigen Matrix

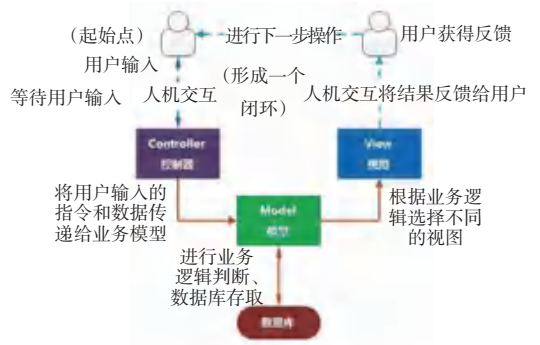


图 3 仿真程序系统设计框架

Fig. 3 System Design Framework of Simulator

系统分为以下几个模块:

(1) Model(模型)。用于处理应用程序数据逻辑的部分。模型对象主要负责在数据库中存取数据,包括记录用户操作、传输数据、将左侧绘图区的缺陷特征信息以数据的形式保存下来并传输到右侧,以及记录、保存图片和相关标注信息。

(2) View(视图)。是仿真程序中处理数据显示的部分。程序中负责展示仿真程序生成的图像和效果。

(3) Controller(控制器)。是仿真程序中用以处理用户交互的部分,控制器负责从视图当中读取数据、向模型发送数据并控制用户输入。

3 仿真程序实现效果

如图 4、图 5 所示,仿真程序共包含 3 个区域,分别为绘画区、展示区和选择区,下方是选择区,其中包含了空洞、裂缝、腐朽 3 种不同的缺陷类别可供选择。当选择空洞时,将用户输入的 2 个点具象为缺陷圆心和缺陷圆周上的点,以此确定缺陷在坐标轴上的位置和大小,并在绘画区以白色的圆表示出来,从而和灰色的背景区别开来。与此同时,右侧展示区将最终的特征矩阵图展示出来,并可以保存到预设路径中。选择裂缝和缺陷流程类似。

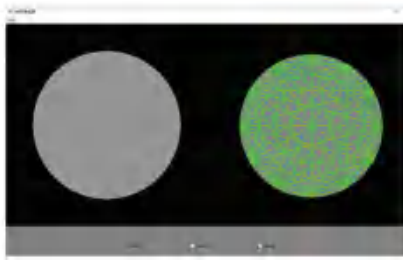


图4 仿真程序界面

Fig. 4 Interface of simulation program

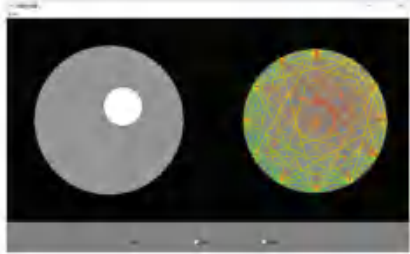


图5 仿真程序运行效果

Fig. 5 Running effect of simulation program

该程序左上角功能菜单中有清除功能、保存功能、自动保存功能(如图6所示)。

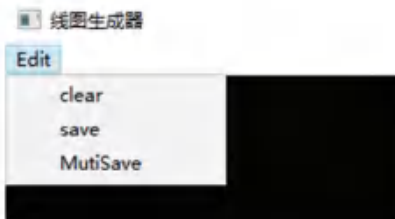


图6 仿真程序功能菜单

Fig. 6 Simulator Function Menu

其中,清除功能主要用于清理绘画区和展示区的图像,恢复初始状态,以方便用户再次工作。保存功能将展示区的特征矩阵图以png格式保存到系统预设的路径中。同时,目录中还会针对每张特征矩阵图生成对应的xml格式的标注文档(如图7所示),该标注文档中记录了特征矩阵图中的缺陷特征信息,免去深度学习训练时人工手动标注的困扰。自动保存功能是仿真程序的核心功能,可以在绘图

区随机设定缺陷位置、缺陷形状(针对裂缝和腐朽类型缺陷)和缺陷大小,并将生成的对应展示区的特征矩阵图像自动保存到系统预设的路径中。自动生成图片的张数由程序预先设定,因此可以批量生成大量的特征矩阵图像,满足深度学习训练需要。

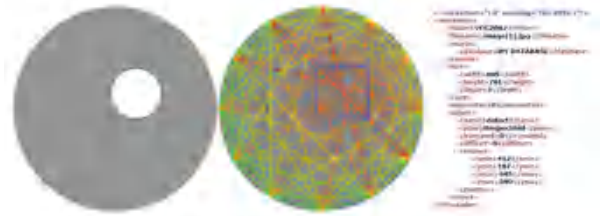


图7 特征矩阵图标注文档

Fig. 7 Eigen matrix graph Tagging document

4 结束语

本文基于python开发实现应力波特征矩阵仿真程序,通过程序构建了一个特征矩阵图像数据集——Eigen Matrix Net,在使用卷积神经网络Faster R-CNN训练该图集后,根据生成模型对木材内部缺陷的实际识别效果验证可以得出:该程序生成的仿真数据能较好地代替真实数据,取得了满意的应用效果。

参考文献

- [1] 张厚江,管成,文剑. 木质材料无损检测的应用与研究进展[J]. 林业工程学报,2016,1(6):1-9.
- [2] 王欣,申世杰. 木材无损检测研究概况与发展趋势[J]. 北京林业大学学报,2009,31(S1):202-205.
- [3] 孙吉男,于莉,金德子. 用超声波探测红栎木材的蜂窝和浅裂[J]. 林业科技,1998(4):61-62.
- [4] 李华,刘秀英. 大钟寺博物馆钟架的超声波无损检测[J]. 木材工业,2003(2):33-36.
- [5] 赵更寅. X射线扫描对原木内部缺陷测定的研究[D]. 东北林业大学,2003.
- [6] 杨学春,王立海. 原木内部腐朽应力波二维图像的获取与分析[J]. 林业科学,2007(11):93-97.
- [7] 杨学春,王立海. 应力波在原木中传播理论的研究[J]. 林业科学,2005(5).
- [8] LI G, WANG X, FENG H, et al. Analysis of wave velocity patterns in black cherry trees and its effect on internal decay detection[J]. Computers and Electronics in Agriculture,2014, 104(2):32-39.

(上接第53页)

- [5] BUZACHISA, GALLETTA A, CARNEVALE L, et al. Towards Osmotic Computing: Analyzing Overlay Network Solutions to Optimize the Deployment of Container-Based Microservices in Fog, Edge and IoT Environments[C]// IEEE International Conference on Fog & Edge Computing. IEEE Computer Society, 2018.
- [6] PEINL, RENÉ, HOLZSCHUHER F, et al. Docker Cluster Management for the Cloud—Survey Results and Own Solution[J]. Journal of Grid Computing, 2016, 14(2):265-282.

- [7] 许波,陈珂,等. 云计算中基于能耗优化的虚拟机多目标放置算法[J]. 小型微型计算机系统, 2014, 35(6):1304-1308.
- [8] PIRAGHAJ S F, DASTJERDI A V, CALHEIROS R N, et al. ContainerCloudSim: An environment for modeling and simulation of containers in cloud data centers[J]. Software: Practice and Experience, 2016.
- [9] BELOGLAZOV A, BUYYA B. Optimal online deterministic algorithms and adaptive heuristics for energy and performance efficient dynamic consolidation of virtual machines in cloud data centers[J]. Concurr. Comput.:Pract. Exper., 2012,24(13):1397-1420.