
机器学习风噪预测软件

——软件说明书

编写：李嵩瑞 Li Songrui

审核：邢鹏 Xing Peng

李翰林 Li Hanlin

版本：version 1.0

目录

目录	2
1. 概述	3
1.1 简介	3
1.2 运行环境	3
2. 软件运行	5
2.1 启动 WPNS	5
2.2 GUI 界面介绍	6
2.2.1 菜单栏	6
2.2.2 输入面板	7
2.2.3 输出面板	7
2.3 运行 WPNS	7
2.4 后处理	12
2.5 Tips	14
3. Q&A	15
附录 A	17
附录 B	18

1. 概述

车内声品质已经成为消费者购车时的重要指标，已经是汽车制造企业孜孜以求的研发方向。当汽车高速行驶时，风噪成为最大的噪声源。风噪的影响因素主要有造型、声学装备（玻璃和密封条）、声学包装，其中声学装备是最大的贡献，直接影响车内噪声水平。然而，从市场定位角度看，玻璃厚度和密封条装备数量是确定的，因此密封条的设计成为决定车内声品质的重要指标。

1.1 简介

风噪声预测软件（WNPS, Wind Noise Prediction Softwre）是一款跨平台的软件产品，它借助风噪试验的测试结果，从密封条的声学贡献出发，利用机器学习和数据科学技术的训练模型，分析项目中密封条设计不合理的部位，为前期整车风噪性能开发与分析提供了一定的指导意义。

WNPS 具有以下特点和优势：

- （1）可读取实验车辆的基本数据，如车型、高度、宽度、长度、配置和状态；
- （2）可以输出一个相对的 ML 预测清晰度指数值（AI, Articulation Index），该值指示在嘈杂环境中语音的清晰度；
- （3）可以打印一个折线图，显示不同的实验状态如何影响 AI 值；
- （4）可以帮助工程师优化车辆设计以获得更好的风噪性能；

1.2 运行环境

该软件由 python 和 Qt 编程语言开发，其本身对系统软件、硬件环境要求较低，在应用该软件前，请确保您的计算机满足软件的系统要求：

- 操作系统：Windows 10 或 Linux
- 处理器：Intel Core i5 或同等产品
- 显卡：支持 OpenGL 2.1 以上版本的图形加速显卡
- 内存：8 GB 内存

-
- 存储空间：500 MB 可用空间
 - 数据文件（可选）：包含 EXCEL 格式的配置数据的数据文件
 - 屏幕分辨率 1280X1024 或者更高

2. 软件运行

2.1 启动 WPNS

(1) Windows 系统

直接在 Windows 系统下双击图 1 所示的快捷方式，可以打开 WNPS 软件。



图 1 Windows 系统运行快捷方式

(2) Linux 系统

在 linux 系统下运行以下命令：

```
cd Platforms/Linux && ./ML_wind_noise_prediction &
```

两种系统启动 WNPS 后的界面，如图 2 所示。

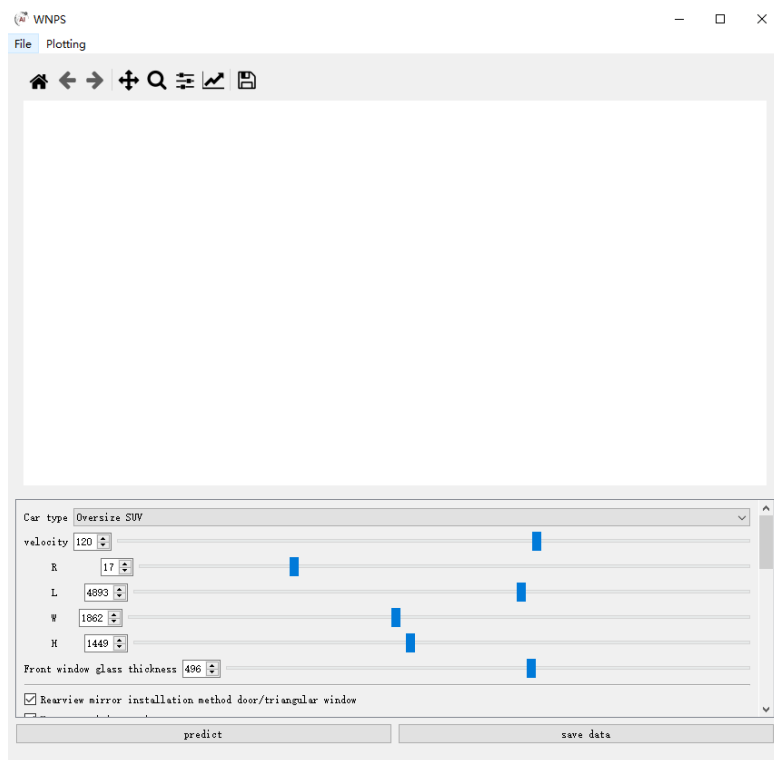


图 2 WNPS 运行界面

2.2 GUI 界面介绍

本节帮助您熟悉 WNPS 界面、菜单、图标、按钮和其他元素。它还包括使用 WNPS 的常见任务/场景的教程或演练。

WNPS 界面设计简单易用，主要由三个部分组成：菜单栏、输入面板和输出面板，如图 3 所示。菜单栏提供对不同功能和设置的快速访问；输入面板方便轻松输入或选择实验车辆的基本数据；输出面板以清晰简洁的方式显示预测结果，快速分析和给出整车风噪性能优化方案。

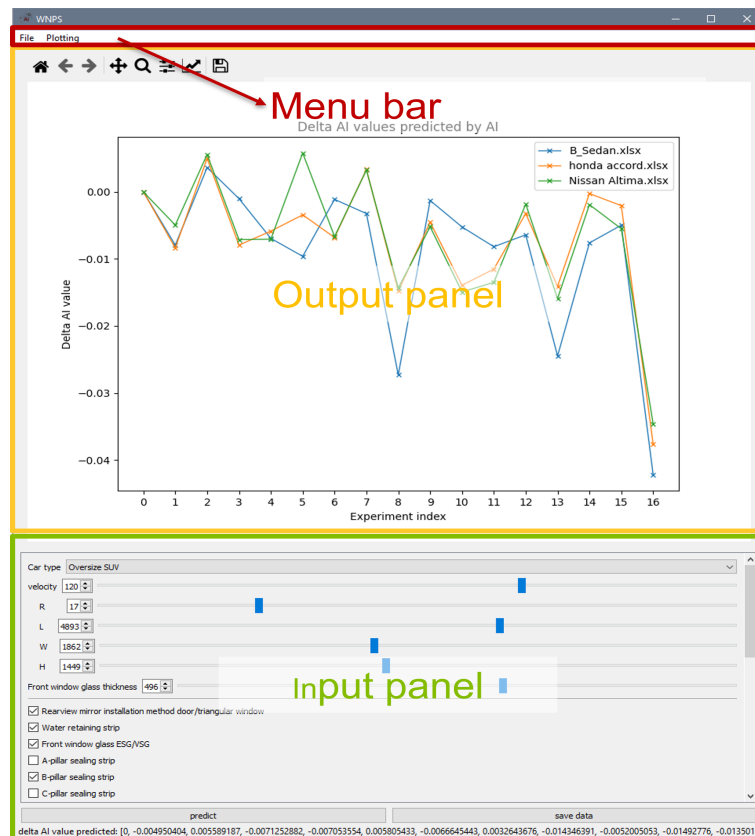


图 3 WNPS 运行示例

2.2.1 菜单栏

菜单栏位于 WNPS 窗口的顶部，提供各种功能和设置的访问。它包含以下选项：

(1) **File:** 允许您打开、保存和导出文件。它还允许您开始预测过程。

(2) **Plotting:** 允许您自定义绘图过程和输出面板的外观。

2.2.2 输入面板

输入面板位于 WNPS 窗口的下半部分，您可以在这里手动输入或选择您的实验车辆的基本数据。输入面板分为不同的部分，例如车辆类型、高度、宽度、长度、配置和状态。以下是各部分的简要说明：

(1) 车辆基本信息：允许您选择要测试的车辆类型及其尺寸。

(2) 配置：允许您选择车辆的配置。

(3) 状态：允许您输入实验的状态。

在输入面板的底部，有两个按钮：预测和保存数据。预测按钮启动预测过程，保存数据按钮允许您将输入数据保存为 CSV 文件。

2.2.3 输出面板

输出面板位于 WNPS 窗口的上半部分，将您的预测结果显示为点和/或折线图。输出面板分为两部分：工具栏和图表区域。

(1) 工具栏：允许您更改图表设置，例如放大/缩小、平移以及在 AI 点和折线图之间切换。

(2) 图表区：将您的预测结果显示为 AI 点和/或折线图。折线图显示了不同的实验状态如何影响 AI 值。绘制的相对（而不是绝对）AI 值表示与上次状态相比的 AI 增益/损失。

2.3 运行 WNPS

本教程将指导您完成使用 WNPS 预测风噪声性能和优化车辆设计的过程。通过执行这些步骤，您将能够输入数据、运行预测过程、查看结果并保存数据和图表。

2.3.1 输入或选择您的输入数据

将数据输入 WNPS 有两种方法：手动输入和数据文件输入。

(1) 手动输入

手动输入，要求在输入面板的输入数据部分下的每个字段下拉列表中键入或选择输入值。WNPS 软件的输入面板是该软件的重要组成部分，它包含三个不同

的小节：基本信息、声学装备、试验工况，如图 4 所示，能够输入有关被测车辆、风噪声相关配置和实验状态的关键信息。

① 基本信息

输入有关被测车辆的信息，例如其类型、尺寸和其他基本数据。风噪声相关配置部分允许设置可能影响车辆风噪声性能的设计细节，例如孔尺寸和形状、间隙宽度和车辆配置。

② 声学装备

声学装备列出了所有密封条的信息，如 A 柱密封条、头道密封条、次道密封条等，用户可以根据车辆的配置选择密封条的实际配置。

③ 试验工况

根据车辆声学装备的密封条信息，进行试验工况的设置，可以选择每个密封条的密封状态。根据选择的密封状态，给出 AI 参考值，用户可以根据预测的 AI 进行密封条的设计优化。

输入面板参数	标注
<div><div>Car type Oversize SUV</div><div>velocity 120</div><div>R 17</div><div>L 4893</div><div>W 1862</div><div>H 1449</div><div>Front window glass thickness 496</div></div>	基本信息
<div><div><div><div><input checked="" type="checkbox"/>Rearview mirror installation method door/triangular window</div><div><input checked="" type="checkbox"/>Water retaining strip</div><div><input checked="" type="checkbox"/>Front window glass ESG/VSG</div><div><input type="checkbox"/>A-pillar sealing strip</div><div><input checked="" type="checkbox"/>B-pillar sealing strip</div><div><input type="checkbox"/>C-pillar sealing strip</div><div><input type="checkbox"/>Rear cover sealing strip</div><div><input checked="" type="checkbox"/>Threshold sealing strip</div><div><input checked="" type="checkbox"/>Front windshield upper edge sealing strip</div><div><input type="checkbox"/>roof rack yes/no</div></div></div></div>	声学装备
<div><div><div><div><input type="checkbox"/>all taped</div><div><input type="checkbox"/>Remove the hood tape</div><div><input type="checkbox"/>Remove the upper edge tape of the front windshield</div><div><input type="checkbox"/>Remove the rearview mirror casing tape</div><div><input type="checkbox"/>Remove the A-pillar vertical strip of tape</div><div><input type="checkbox"/>Remove the remaining tape from the triangular cover</div><div><input type="checkbox"/>Remove the sealing strip between the rear cover and the top cover</div><div><input type="checkbox"/>Remove tailgate tape</div><div><input type="checkbox"/>Remove window guide tape</div><div><input type="checkbox"/>Remove AE1outer window slot tape</div><div><input type="checkbox"/>Remove the tape above the waistline</div><div><input type="checkbox"/>Remove the tape below the waistline</div><div><input type="checkbox"/>Remove sunroof tape</div><div><input type="checkbox"/>Remove the tape between the water retaining strip and the A-pillar sheet metal</div><div><input type="checkbox"/>Remove the tape between the water retaining strip and the front windshield</div><div><input type="checkbox"/>Remove the rear triangular window tape</div><div><input type="checkbox"/>baseline</div></div></div></div>	试验工况

图 4 输入面板

（2）数据文件输入

单击菜单栏 File 下的 Predict_from_file 按钮，如图 5 所示。

[illegible]

图 6 数据文件输入示例

与手动输入面板类似，输入文件包含 3 部分。

① 基本信息

基本数据部分（A 至 E 和 Q 列）包含有关汽车类型、尺寸（长、宽和高）和速度的信息。输入文件的 **cartype** 列指定了被测试车辆的类型。不同的项目编号对应不同类型的车辆。关系如下所示。

表 1 车型与编号对应关系

编号	对应车型
0	超大 SUV
1	紧凑 SUV
2	小型车
3	微型车
4	中大型 SUV
5	中大型车
6	中型 SUV
7	中型车

② 声学装备

声学装备部分（F 栏至 P 栏）包含后视镜安装方式、挡水条、前窗玻璃类型及厚度、汽车各部位密封条（A 柱、B 柱、C-立柱和后盖），是否有行李架等。对于真/假配置，1 表示存在设计特征，而 0 表示不存在。

③ 试验工况

试验工况部分（R 至 AH 列）指定在虚拟实验期间从车辆的不同部分移除胶带。1 表示是，0 表示否（以绿色和白色阴影显示）。每个试验代表不同的配置，去除胶带后，工程师可以测试不同设计选择对风噪声性能的影响。重要的是要注意 Delta AI Value（AI 列）不影响结果，为方便起见可以保留为 0。预测后，可以用预测值覆盖此列。

多数情况下，对于一个系列的虚拟试验，一辆车的基本信息和声学装备保持不变，也就是 A 至 Q 列数据保持不变。在试验工况部分（R 至 AH 列），第一个试验始终是将车辆的所有部分都用胶带粘起来，并且在接下来的每个试验中，一个新的胶带被移除，直到最后一个实验移除所有胶带，代表原车状态。

示例如下：

实验 1（第 2 行）：仅 R2 单元格被勾选。

实验 2（第 3 行）：保留 R3 为 0，并勾选 S3，代表仅移除了引擎盖胶带。

实验 3（第 4 行）：S4，T4 被勾选，表明引擎盖胶带仍然被移除，并且与实验 1 相比，新的胶带（前挡风玻璃的上边缘胶带）被移除。

实验 4（第 5 行）：S5，T5，U5 被勾选，表明与上次实验相比，新胶带（后视镜外壳胶带）被移除。

...

实验 17（第 18 行）：S18，T18，U18，V18，W18，X18，Y18，Z18，AA18，AB18，AC18，AD18，AE18，AF18，AG18，AH18 被勾选，表明所有胶带被移除，表明处于原车状态。

2.3.2 点击 Predict 按钮

输入或选择输入数据后，单击输入面板左下角的 Predict 按钮开始预测过程。

2.3.3 查看预测结果

预测过程完成后，可以在输出面板中查看结果。根据输入数据，可以看到一个新的 AI 值或 AI 折线图。折线图显示了不同的试验工况下的 AI 值，这是相对（而不是绝对）AI 值，它表示与上一个工况相比的 AI 增益/损失。

2.3.4 新增数据

如果要向输入数据添加新的工况，请按菜单栏 Plotting 部分的新_line 按钮，如图 7 所示，然后返回步骤 2.3.1 以输入更多数据。

2.3.5 保存结果

通过单击输入面板右下角的 save_data 按钮将结果保存为数据(CSV) 文件，也可以通过单击菜单栏上 plotting 部分下方的 save_image 按钮或单击输出面板工具栏上的 save 按钮来保存预测结果，如图 8 所示。

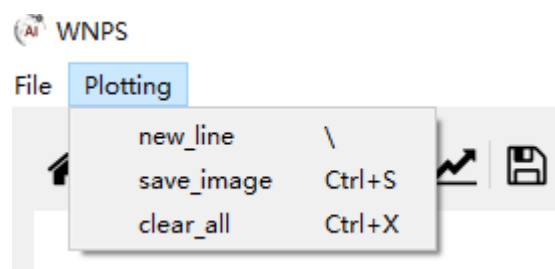


图 7 新增数据

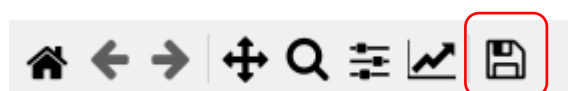


图 8 保存方式

2.4 后处理

输出面板嵌入了 matplotlib 工具栏和按钮，可以快速方便的进行放大/缩小、更改图形配置、图形选项、图例名称等，如图 9 所示。

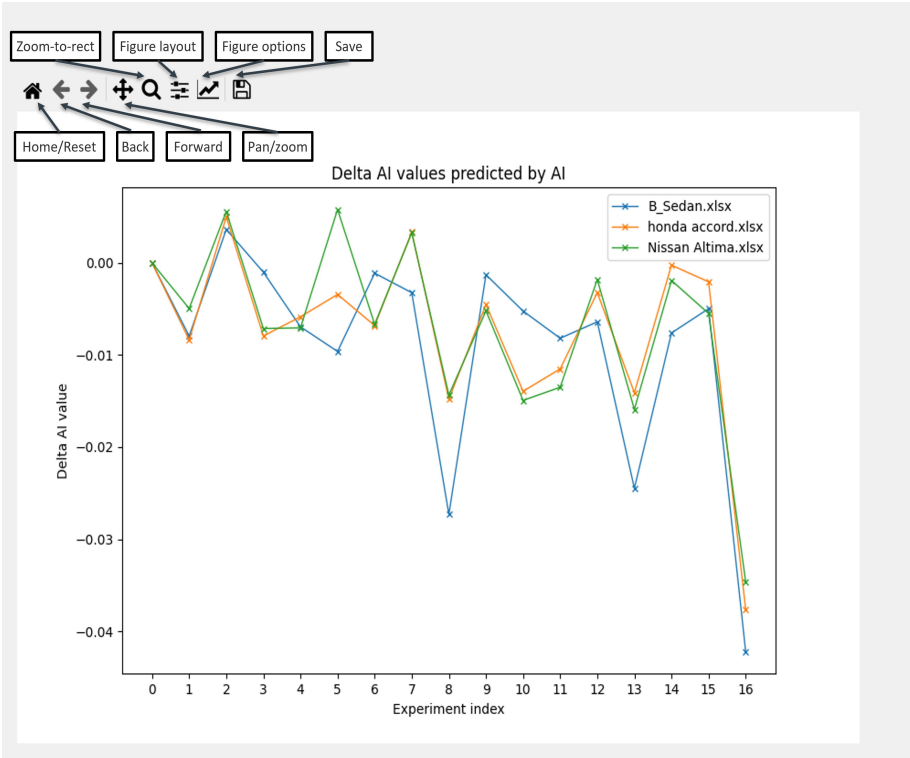



图 9 后处理工具栏

双击 ，出现图 10 所示对话框，可以对生成的预测图的进行设置。

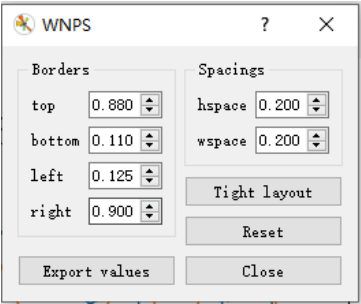



图 10 图表设置

选择 ，可以对生成的预测结果图进行设置，如图 11 所示，包含了对轴和图像的设置。

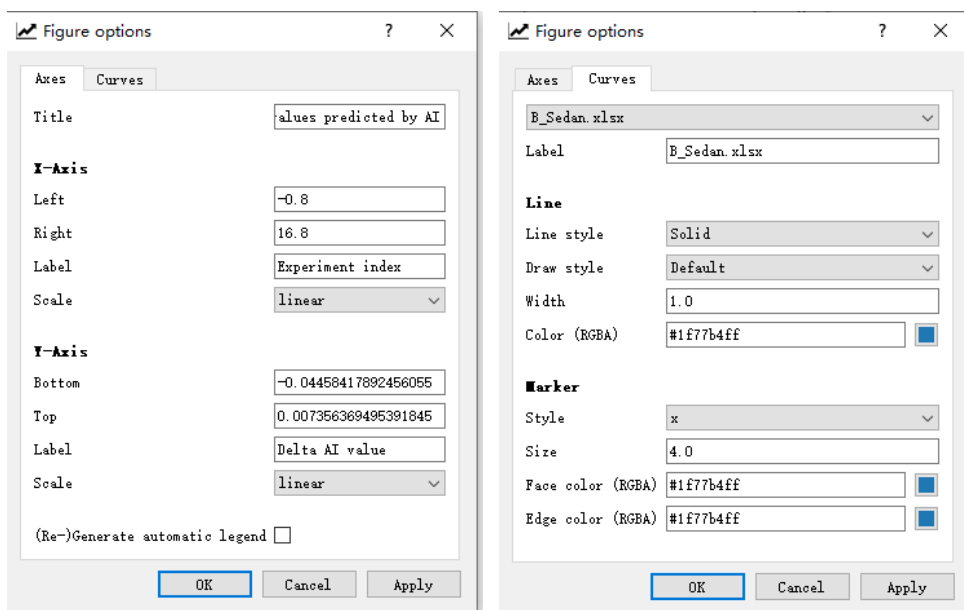


图 11 图形选项窗口

除此之外，用户单击位于菜单栏 Plotting 部分的 new_line 按钮，可以添加新的 AI 曲线，单击位于菜单栏 Plotting 部分的 clear_all 按钮可以清空输出面板上的预测结果。为方便用户对界面操作的方便应用，对输出面板工具栏按钮进行整理汇总，如表 2 所示。

表 2: 输出面板工具栏按钮解释

按钮	解释
Home/Reset	此按钮将绘图视图重置为其原始状态。
Back	此按钮允许您返回到绘图的前一个视图。
Forward	如果您之前使用过“后退”按钮，则此按钮允许您前进到绘图的下一个视图。
Pan/Zoom	此工具允许您通过单击并拖动鼠标来平移和放大和缩小绘图。
Zoom-to-rect	该工具允许您通过单击并拖动鼠标在该区域周围创建一个矩形来放大绘图的特定区域。
Figure layout	该工具打开一个对话框 (Fig6)，允许您调整图中子图的外观。您可以选择边框和填充空间。有一个 Tightlayout 的按钮用来整体缩小边框。以及一个 reset 按钮将布局更改回默认值。
Figure options	此按钮打开一个对话框 (Fig7)，允许您编辑图形的各种属性。这包括线型、标记样式和轴属性（例如轴范围和比例）的选项。您可以使用此对话框自定义绘图的外观并更改其视觉属性。
Save	此按钮允许您保存当前绘图视图的副本。

2.5 Tips

WNPS 的使用技巧：

（1）确保输入数据的准确性和完整性。任何错误或遗漏都可能对预测结果产生负面影响并损害分析的可靠性。

（2）比较多个工况时，使用数据文件输入法。这种方法节省了手动输入所需的时间和精力。

（3）可以一次选择所有工况，根据得到的预测 AI 值可以识别车辆最佳优化方案，从而为密封条的开发提供指导。

（4）使用快捷键加快操作速度。

3. Q&A

本节针对使用 WNPS 时可能出现的常见问题或错误提供解决方案或变通方法。如果在启动或执行 WNPS 时遇到任何问题，请先尝试这些急救故障排除技巧：

- （1）确保计算机满足运行 WNPS 的最低系统要求。
- （2）检查是否安装了所有必需的软件依赖项。
- （3）如果使用数据文件进行输入，请确保其格式正确且包含有效数据。
- （4）如果仍有问题，请联系技术支持寻求帮助。

使用 WNPS 时，可能会遇到一些可能阻碍预测过程的常见问题或错误。下面概述了一些常见问题及其可能的解决方案：

（1）WNPS 无法启动或崩溃：这可能是由于安装文件损坏、系统设置不兼容、内存空间不足等多种原因造成的。要解决此问题，可以尝试以下解决方案：

- ①再等 5 分钟。
- ②按照上面的启动和执行 WNPS 说明退出并重新启动 WNPS。
- ③检查计算机是否满足运行 WNPS 的最低系统要求。
- ④在运行 WNPS 之前关闭其他可能占用内存空间的应用程序。
- ⑤如果问题仍然存在，请联系技术支持。


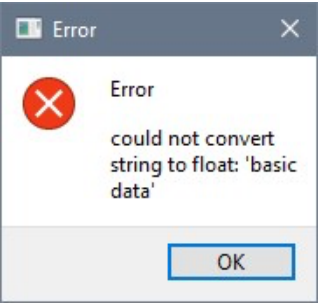
（2）预测过程耗时过长或失败：这可能是由于输入数据量大、网络连接问题、服务器过载等原因造成的。要解决此问题，请尝试以下解决方案：

①通过选择较少的试验工况或从数据文件中删除不必要的行来减少输入数据大小。

- ②如果问题仍然存在，请联系技术支持。

表 3 为常见错误信息汇总。

表 3 常见错误信息汇总

错误/警告示例	解释
	忽略它，它不会影响启动程序。
	输入文件不是 Excel 格式。选择有效的文件格式。
	输入的 Excel 文件格式错误。检查示例文件部分以确保格式正确。
	该程序没有足够的权限写入 csv 数据文件。当目标文件在某处打开时，通常会发生这种情况。关闭此文件，然后重试。

附录 A

表 1 专业术语

词汇	解释
<i>AI</i>	语音清晰度，衡量嘈杂环境中语音清晰度的指标。AI 值越高，语音越清晰。
<i>ML</i>	机器学习。人工智能的一个分支，它使用算法和数据从经验中学习并做出预测。
<i>R</i>	轮毂直径。
<i>L</i>	车长
<i>W</i>	车宽
<i>H</i>	车高
<i>ESG</i>	单层玻璃
<i>VSG</i>	夹层玻璃
<i>A – pillar</i>	位于汽车前挡风玻璃两侧的车顶支柱。
<i>B – pillar</i>	它位于汽车的中部，在 A 柱和 C 柱之间。
<i>C – pillar</i>	它将汽车后窗的两侧固定到位。
<i>WNPS</i>	风噪声预测软件，使用机器学习技术预测车辆密封条的贡献。
<i>GUI</i>	图形用户界面，一种与软件程序交互的可视化方式

表 2 快捷键

操作	快捷键
下一个复选框	Tab 或者 down
上一个复选框	up
勾选/取消勾选	空格
输入文件预测	Shift+回车
新的一条线	\
全部清除	Ctrl+x
手动输入预测	回车
保存数据	Ctrl+Shift+s
保存图像	Ctrl+s

附录 B

1. WNPS 中的数据科学

使用机器学习进行风噪声预测的第一步是收集和预处理数据。WNPS 拥有不同车辆在各种环境条件下产生的风噪声实验数据数据库。收集的数据包括车辆类型、风速和其他相关参数。

风噪声预测的成功很大程度上取决于输入数据的准确性和质量。因此，WNPS 团队利用各种数据清理和分析技术来确保输入数据的可靠性和一致性。

WNPS 中常用的数据清理方法之一是相关性分析。此方法有助于识别输入数据中不同变量之间的任何相关性或关系。例如，相关性分析可以揭示风速和风噪声级之间是否存在关系。如果发现强相关性，WNPS 模型可以将其考虑在内并做出更准确的预测。

数据清理中使用的另一种方法是离群值检测。离群值是明显偏离其余数据的数据点，它们会对预测模型的准确性产生重大影响。因此，使用各种技术来检测和删除输入数据中的异常值，例如使用 Z 分数和箱形图等统计方法。

此外，WNPS 还使用了数据规范化和标准化。规范化涉及将数据缩放到一个共同的范围，以消除不同单位或比例的影响。标准化涉及将数据转换为均值为零、标准差为一的标准正态分布。这些方法确保了输入数据的一致性，并且可以准确地进行分析。

2. WNPS 中的机器学习模型

在收集和预处理数据后，应用机器学习算法来分析和预测风噪声传播路径。WNPS 使用监督学习算法，需要标记数据来训练可以预测未来风噪声传播路径的统计模型。使用的算法包括线性回归、决策树和神经网络。

线性回归是一种简单的机器学习算法，它通过将线性方程拟合到数据来找到两个变量之间的关系。在 WNPS 中，线性回归用于建模风速、试验工况、车型尺寸等和 AI 值之间的关系，用于预测风噪声传播路径。

决策树是 WNPS 中使用的另一种机器学习算法。决策树使用树状模型根据一系列条件做出决策。在 WNPS 中，决策树用于模拟各种输入参数与风噪声输出之间的关系。

最后，神经网络是 WNPS 中使用的一种更复杂的机器学习算法。神经网络的灵感来自人脑的结构和功能，由处理信息的互连节点组成。在 WNPS 中，神经网络用于模拟输入参数和风噪声传播路径之间的复杂关系。

3. 验证与优化

开发机器学习模型后，需要进行验证和优化，以确保可以获得准确可靠的预测。这是通过将预测的风噪声值与车辆产生的实际风噪声进行比较来完成的。然后通过调整输入参数来优化模型，以最大限度地减少预测风噪声值与实际风噪声值之间的差异。

准确性、精确度、召回率和 F1 分数等指标用于衡量我们模型的性能。此外，交叉验证和保留验证等技术用于估计我们模型的泛化性能。这将帮助我们确定我们的模型在新的、看不见的数据上的表现如何。

总之，机器学习是一种强大的工具，可用于预测车辆中的风噪声传播路径。WNPS 使用监督学习算法（包括线性回归、决策树和神经网络）的组合来分析以前的实验数据并预测风噪声传播路径。然后对这些模型进行验证和优化，以确保它们提供准确可靠的预测。