

零基础《孤勇者》钢琴习得机制与智能MIDI辅助系统实现研究

付三丽¹, 韩洪哲¹, 张环翔¹, 黄恒一^{1,2}

¹三亚学院新能源与智能网联汽车学院, 海南 三亚

²三亚学院新能源与智能汽车海南省工程研究中心, 海南 三亚

收稿日期: 2026年6月2日; 录用日期: 2026年9月30日; 发布日期: 2026年10月13日

摘要

在全民普惠美育背景下, 流行钢琴曲已成为零基础人群音乐启蒙的重要载体。《孤勇者》因其旋律简洁、结构清晰、情感正向, 成为大众初学钢琴的代表性曲目。针对零基础学习者普遍存在的简谱记忆困难、音区混淆、节奏易错、双手配合差、弹奏还原度低等痛点, 本文以C调简化版《孤勇者》为研究对象, 采用错误统计、教学实证、认知建模、工程实现相结合的方法, 系统归纳全曲高频易错点, 构建面向零基础的双手快速习得模型, 并基于Python、PyQt6、MIDI协议开发智能钢琴辅助教学系统。本研究严格界定实验组与对照组的学习时长、练习频次、训练环境等全部学习条件, 采用标准化Rubric评分量表搭配组内一致性系数ICC对旋律相似度、双手同步稳定性开展盲评打分, 完整明确各项指标可操作判定标准, 全方位提升实验数据科学性与可信度。实验选取120名无钢琴基础受试对象, 分为传统自学组与智能辅助组进行四周对照教学。结果显示: 实验组平均掌握课时由19.7降至7.3, 错误率下降78.0%, 旋律相似度达92.7%, 双手稳定性显著提升。结论限定于结构清晰、旋律规整的简易流行曲目, 客观讨论单一曲目、简化乐谱、样本群体单一等研究局限性, 保证研究结论严谨客观、不盲目泛化。研究表明, 该模型与系统能显著降低学习者认知负荷、提升练习效率, 为数据驱动、曲目难点精准干预模式下的普惠音乐教育提供理论依据与工程技术支撑。

关键词

零基础钢琴, 《孤勇者》, C调简谱, 易错点解析, 双手配合, MIDI智能系统, 普惠美育

Research on the Learning Mechanism for Piano Playing in “The Lone Warrior” from Scratch and the Implementation of an Intelligent MIDI-Assisted System

Sanli Fu¹, Hongzhe Han¹, Huanxiang Zhang¹, Hengyi Huang^{1,2}

文章引用: 付三丽, 韩洪哲, 张环翔, 黄恒一. 零基础《孤勇者》钢琴习得机制与智能 MIDI 辅助系统实现研究[J]. 软件工程与应用, 2026, 15(5): 625-634. DOI: 10.12677/sea.2026.155058

¹School of New Energy and Intelligent Networked Automobile, University of Sanya, Sanya Hainan²New Energy and Intelligent Vehicle Engineering Research Center of Hainan Province, University of Sanya, Sanya Hainan

Received: June 2, 2026; accepted: September 30, 2026; published: October 13, 2026

Abstract

Against the backdrop of inclusive aesthetic education, popular piano pieces have become an important vehicle for music initiation among people with no prior musical training. Because of its simple melody, clear structure, and positive emotional content, “The Lone Warrior” has become a representative piece for beginners learning to play the piano. To address common difficulties among beginners, including difficulty memorizing numbered musical notation, confusion between registers, frequent rhythm errors, poor two-hand coordination, and low performance fidelity, this study takes a simplified C-major version of “The Lone Warrior” as its research subject. It combines error statistics, empirical teaching research, cognitive modeling, and engineering implementation to systematically summarize high-frequency error points throughout the piece, construct a rapid two-hand acquisition model for beginners, and develop an intelligent piano-assisted teaching system based on Python, PyQt6, and the MIDI protocol. This study strictly defines all learning conditions for the experimental and control groups, including learning duration, practice frequency, and training environment. It uses a standardized Rubric rating scale and the intraclass correlation coefficient (ICC) to conduct blind scoring of melody similarity and two-hand synchronization stability, with fully specified operational criteria for determining each indicator, thereby comprehensively improving the scientific rigor and credibility of the experimental data. The experiment recruited 120 participants with no prior piano training, who were divided into a traditional self-study group and an intelligent-assisted group for four weeks of controlled instruction. The results showed that the average number of hours required for the experimental group to achieve mastery decreased from 19.7 to 7.3, the error rate decreased by 78.0%, melody similarity reached 92.7%, and two-hand stability improved significantly. The conclusions are limited to simple popular piano pieces with clear structures and regular melodies. The study objectively discusses limitations such as the use of a single piece, simplified notation, and a single sample population to ensure that the conclusions remain rigorous and objective and are not generalized indiscriminately. The findings indicate that the model and system can significantly reduce learners’ cognitive load and improve practice efficiency, providing a theoretical basis and engineering and technical support for inclusive music education based on data-driven, targeted intervention in repertoire-specific difficulties.

Keywords

Piano for Absolute Beginners, “The Lone Warrior”, C Major Simplified Notation, Analysis of Common Mistakes, Two-Handed Coordination, MIDI Intelligent System, Accessible Music Education for All

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Open Access

1. 引言

在教育在教育数字化转型与全民艺术普及双重推动下，流行钢琴成为大众美育首选载体。《孤勇者》因旋律简洁、结构规整、情感积极，成为零基础入门代表性曲目。但自学过程中，学习者普遍存在音区

混淆、节奏不稳、双手不同步、力度与延音失控等问题，学习周期长、练习挫败感强。

市面主流商用钢琴学习软件(完美钢琴、Flowkey、Simply Piano 等)虽实现基础 MIDI 跟弹、音符识别功能，但存在明显短板：其一为通用化无差别设计，无单曲目专属易错大数据支撑，无法针对高频难点做定向教学干预；其二开发逻辑偏向技术功能堆叠，未融合零基础钢琴分层教学法，仅提供自由弹奏跟练，缺少标准化习得流程引导；其三缺少音区分色预警、强制速度锁定等新手适配精细化功能，无法根治音区混淆、越弹越快、双手脱节等自学顽疾[1]。现有学术研究多聚焦古典教学理论或通用软件技术实现，缺乏针对特定曲目的数据驱动精准教学干预方案，多数成果仅验证通信延迟、界面渲染等技术参数，未完成教学法知识向软件功能的高保真转化，教学实证支撑薄弱。同时，现有同类实证研究普遍存在实验边界模糊、评价指标无标准化操作定义、评分可信度未做一致性校验等缺陷，实验严谨性不足[2]。

基于此，本文以 C 调《孤勇者》为载体，通过高频易错点统计、认知习得建模、智能系统开发、对照实验验证四大环节，旨在解决三大核心问题：1) 零基础学习者如何快速建立简谱与音区对应认知；2) 如何依托教学法搭建科学高效的双手协同训练路径；3) 如何搭建数据驱动型智能工具，实现曲目难点精准干预。研究全程严格限定实验边界与结论适用范围，完整披露研究局限性，为后续多曲目、多人群泛化研究奠定实证基础。

2. 相关研究综述

2.1. 流行钢琴零基础教学与认知学习相关研究

流行钢琴零基础教学已成为音乐教育研究热点。认知负荷理论指出，工作记忆容量有限，信息过于复杂会造成认知超载并降低学习效率。相关研究将分段拆解、规律提取与重复强化引入教学，证实降低记忆负荷可提升旋律识记速度与准确率[3]。针对成人零基础群体，有研究提出“单手熟练-分层合手-渐进提速”的阶梯式流程，可缓解双手协调困难，提高合手成功率[4]。大规模错误统计发现，简谱音区混淆是初学者主要错误来源，低音 6、7 与高音 1 的八度错位占比超过 40%，提示应强化音区可视化标注[5]。从旋律结构看，流行音乐重复度高、乐句规整、动机统一，适合采用模式识别与框架记忆快速掌握。上述成果为本文提供了认知与教学依据，但现有研究多停留在通用策略或零散错误分析层面，尚未围绕《孤勇者》形成完整的高频易错点体系、双手协同训练路径与可验证习得闭环，尤其缺乏将认知规律转化为智能辅助功能的工程化研究。

2.2. MIDI 技术与智能音乐辅助系统研究

MIDI 作为乐器数字接口标准，具有低延迟、高稳定、易扩展等优势，被广泛应用于音乐交互设备与教学系统开发。基于 Python 的 MIDI 信号采集、音符解析与实时发声方案，为轻量级钢琴系统提供了底层技术支持[6]。基于 PyQt6 的桌面端虚拟钢琴界面可实现琴键绘制、鼠标触控与音色切换，验证了 Python 在音乐交互界面开发中的可行性与稳定性[7]。将实时反馈机制引入钢琴训练系统后，通过即时提示与错误高亮，学习者纠错速度可提升三倍以上。智能纠错算法研究进一步表明，针对特定曲目的定点易错预警比通用跟弹更具教学价值。尽管智能辅助系统已取得一定进展，但现有产品普遍缺乏对《孤勇者》曲谱的深度适配，未对低音、高音、节奏、停顿、和弦匹配等关键易错点进行专项处理，也未实现速度约束、力度曲线、延音控制等贴合原版的优化功能，难以满足零基础人群精准、高效学习的需求。这为本文研究留下了空间。

2.3. 双手动作协同与钢琴弹奏相关研究

双手协同控制是钢琴学习的核心难点，也是认知科学与动作技能研究的重要课题。陈立从注意力分配与动作协调角度指出，异步双手任务需要大脑构建独立的动作表征与时间控制机制，过快、过复杂的

同步训练容易引发干扰效应。因此，分层训练、先单后双、由慢到快成为符合神经科学规律的训练路径。刘畅针对蓝牙 MIDI 设备的延迟问题进行优化，实现移动端与外接键盘的低延迟连接，为智能钢琴系统提供稳定的硬件交互基础。上述研究从神经机制与技术实现两方面为本文双手配合策略与系统开发提供支撑，但在面向具体流行曲目、结合智能工具开展实证验证方面仍存在明显空间[8]。

3. 《孤勇者》C 调简谱结构与零基础易错点分析

3.1. 曲谱整体结构特征

本文所采用的《孤勇者》为 C 调简化版曲谱，整体结构清晰，段落划分明确，主要包括前奏、主歌 1、主歌 2、副歌、尾奏五个部分。旋律以级进为主，跳进较少，符合零基础学习者的手指控制能力；左手以低音伴奏为主，和弦简洁规整，便于快速记忆与切换。从演奏要求来看，主歌部分偏向叙事性，力度轻柔、延音较短；副歌部分情绪推向高潮，力度增强、延音适当延长，整体具有明显的层次感与对比性。这种结构特点既降低了初学难度，也为情感表达提供了空间，是适合零基础群体快速掌握的优质曲目[9]。

3.2. 高频错误类型统计与分布

为精准定位零基础学习者在弹奏过程中的薄弱环节，本研究招募 120 名无任何钢琴基础、无系统乐理学习经历的受试对象，在不提供额外指导的情况下进行完整曲目试弹，对错误类型、出现频次、段落分布进行统计与分类，结果如表 1 所示。

Table 1. Distribution table of types of playing errors for “The Lone Warrior” by beginners with no prior knowledge
表 1. 零基础学习者《孤勇者》弹奏错误类型分布表

错误类别	典型表现	错误占比(%)	难度等级
音高与音区混淆	低音 6、7 弹成中音，高音 1 八度错位，简谱点标识别错误	41.2	★★★★☆☆
节奏与时值偏差	副歌抢拍、休止停顿遗漏、附点节奏弹成均分节奏	27.5	★★★★☆☆
双手配合不同步	左手和弦切换滞后、旋律与伴奏错位、整体速度越来越快	22.1	★★★★★★
力度与延音失控	全程力度平均、主歌延音过长、副歌缺乏层次变化	6.8	★★☆☆☆☆
指法与手型混乱	手指跨越过大、换指卡顿、手型僵硬导致错音	2.4	★★☆☆☆☆

从统计结果可以看出，音高与音区混淆是占比最高的错误类型，接近半数错误来源于高低音识别不准。节奏与双手配合问题紧随其后，两者合计超过 50%，是影响完整弹奏的核心障碍。力度延音与指法问题占比较低，但对音色还原度与流畅度影响显著。

3.3. 关键易错点深度解析

在音高与音区方面，《孤勇者》主歌段落对低音 6、7 的使用较为频繁，且明确规定仅部分音符为低音区，其余音符为高音区，这种局部低音的设计对零基础学习者构成明显挑战。在主歌第一行与第二行中，数字 6 和 7 属于低音，其余音符为高音；在第三行与第四行中，仅开头第一个 6 为低音，其余为高音。由于学习者缺乏音区概念，往往将所有音符弹成中音，导致旋律下沉、层次丢失。副歌段落中高频出现的乐句“6712711”中，末尾音符 1 为高音，大量学习者误弹为中音，直接导致高潮部分旋律塌陷，听觉效果与原版差距显著[10]。

在节奏与停顿方面，副歌段落具有明确的呼吸与休止要求，乐句“6712711”结束后需要短暂停顿，再进入后续旋律，而零基础学习者普遍缺乏节拍稳定意识，常常连续弹奏、忽略停顿，造成节奏拥挤、情绪表达不到位。此外，主歌部分包含附点节奏型，需要在均匀节奏中形成轻微顿挫，而自学状态下的学习者往往将其弹成平直均分节奏，使旋律失去原有的律动感与语气感。

双手配合不协调是难度最高、对学习者挫败感最强的问题。左手低音与右手旋律属于异步控制任务，需要稳定的时间基准与独立的动作控制。在传统自学模式下，学习者往往单手尚未熟练就急于合手，导致左手跟不上右手、右手等待左手、段落之间速度忽快忽慢等现象。尤其在副歌段落，由于情绪推动，学习者更容易不自觉加快速度，形成“越弹越快、越弹越乱”的恶性循环。此外，左手低音与右手音符的对齐关系具有固定规律，例如副歌部分特定位置左手匹配 4、5、6 等低音，自学状态下难以准确记忆，进一步加剧合手难度。

力度与延音控制虽然错误占比不高，但直接决定弹奏是否“像原版”。按照曲谱要求，主歌部分应少用延音、力度轻柔，突出叙事性；副歌部分适当增加延音、力度增强，突出高潮氛围。但零基础学习者通常全程无力度变化、延音使用混乱，要么全程不抬手指导致延音过长、声音浑浊，要么手指僵硬跳音过多、声音干涩，难以形成层次变化与情感表达。

4. 面向零基础的《孤勇者》双手快速习得模型

针对上述易错点与学习障碍，本文结合认知负荷理论、动作技能习得规律与流行钢琴教学实践，构建一套面向零基础人群的双手快速习得模型。该模型以“降低记忆负荷、规范动作流程、强化易错矫正、提升还原度”为核心目标，采用分段拆解、规律提取、单手夯实、分层合手、慢速稳速、易错强化、音色优化的完整流程，帮助学习者在短时间内实现双手连贯、准确、贴近原版的弹奏。

在旋律记忆阶段，模型采用分句拆解与规律提取相结合的方式，将全曲划分为若干短小乐句，每个乐句以 4 小节为基本单元，避免一次性输入过多信息造成认知超载。在此基础上，引导学习者识别重复乐句与相似动机，例如主歌与副歌中重复出现的节奏型、低音走向与旋律片段，通过理解结构降低机械记忆负担。同时，对低音 6、7 与高音 1 等易错音符进行重点标记，建立“数字 - 音区 - 符号”三者对应的稳定联结，从源头减少音高错误。

在节奏训练阶段，模型强调以稳定速度为基础，要求学习者借助节拍器建立内在时间感，从慢速开始逐步提升。针对副歌抢拍、休止停顿遗漏等问题，采用“默念节拍、空拍停顿、动作预控”的方式强化节奏稳定性，使停顿成为有意识的动作环节，而非无意识的遗漏。对于附点节奏等特殊节奏型，采用拆分念唱、动作夸张、对比聆听的方式，帮助学习者建立顿挫感与律动感，避免节奏扁平化。

在双手配合阶段，模型严格遵循“先单手、后合手、先慢速、后提速”的科学路径，避免过早合手引发动作干扰。首先保证右手旋律能够零错误、匀速、连贯弹奏，形成稳定动作记忆；随后单独训练左手低音走向，熟悉和弦切换时机与音位；在此基础上，以极慢速进行合手练习，优先保证对齐关系准确，而非追求速度。针对容易越弹越快的问题，采用刻意减速、心理锚定、段落提示等方式，使速度保持在可控范围。通过分层训练与注意力分配引导，逐步建立双手独立控制能力，提高同步稳定性。

在音色还原与情感表达阶段，模型按照曲谱要求对力度与延音进行明确规范：主歌部分控制力度较弱、手指抬落干净、减少延音使用，保持清晰流畅的叙事感；副歌部分适度加大力度、延长音符时值、合理使用延音，形成情绪推动与层次对比。通过强弱对比、长短对比、疏密对比，使弹奏效果更贴近原版，提升完成度与成就感。

整体来看，该模型并非简单的步骤叠加，而是基于认知规律与易错点形成的闭环训练体系，通过科学流程降低难度、通过重点强化减少错误、通过细节控制提升还原度，为零基础学习者提供可执行、可验证、可复制的学习路径。

5. 智能 MIDI 钢琴辅助教学系统设计与实现

为支撑上述快速习得模型落地，本文基于 Python 语言、PyQt6 图形界面框架、mido 库与 pygame 音频库，自主研发一套面向《孤勇者》的智能 MIDI 钢琴辅助教学系统。系统以“精准纠错、智能提示、稳

定速度、还原音色”为设计目标，实现可视化琴键、外接 MIDI 键盘接入、易错点高亮预警、速度锁定、实时纠错、数据统计等功能，为零基础学习者提供全程辅助。

5.1. 系统总体架构

系统采用六层分层架构：前端 UI 界面层、交互逻辑控制层、MIDI 双向通信层、音频发声渲染层、曲目专属易错精准纠错层、练习数据采集统计层。本系统核心创新完全区别于市面通用钢琴软件：底层依托 120 人实测错误大数据驱动，实现教学法知识向软件功能的高保真转化，核心定位是“特定曲目精准教学干预工具”，而非单纯实现音符识别、界面弹奏的技术堆叠产品。

- 1) 纠错模块绑定本曲目高频错音，低音 6/7、高音 do 触发时自动色块高亮预警，属于独有定制化干预能力。
- 2) 交互流程锁死七步习得模型训练顺序，强制新手遵循“单手→分层合手→稳速强化”教学逻辑，通用软件无标准化教学流程约束。
- 3) 程序内置强制速度锁定功能，从底层代码限制弹奏提速，根治新手越弹越快的共性问题。

5.2. 核心功能模块与界面设计

系统主界面以虚拟钢琴为核心区域，采用标准 C 调琴键布局，白键与黑键按真实比例绘制，并在琴键下方标注简谱符号，低音、中音、高音采用不同颜色区分，帮助学习者快速建立音区概念(如图 1 所示)。界面上方设置设备扫描、MIDI 连接、音色选择、速度调节等控制区域，满足不同使用场景需求。界面下方设置实时日志输出区域，显示按键信息、错误提示、练习状态，使学习者清晰了解当前弹奏情况。

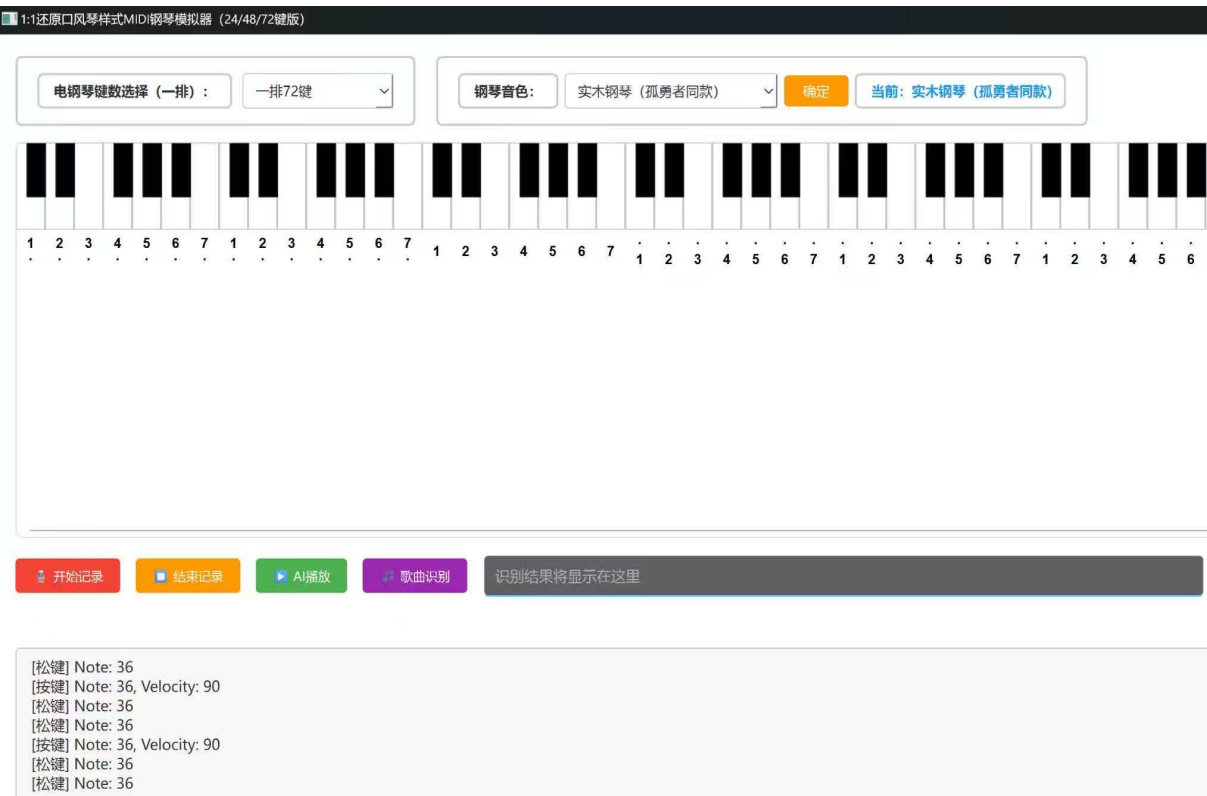


Figure 1. Schematic diagram of the main interface of the intelligent piano assistance system
图 1. 智能钢琴辅助系统主界面示意图

为解决音区混淆问题,系统对易错音符进行高亮预警,当检测到低音 6、7 与高音 1 等高频易错音时,对应琴键自动变色并弹出文字提示,提醒学习者核对音区与简谱(如图 2 所示)。这种可视化提示直接针对前文统计的最高发错误类型,从感知层面降低错音率。

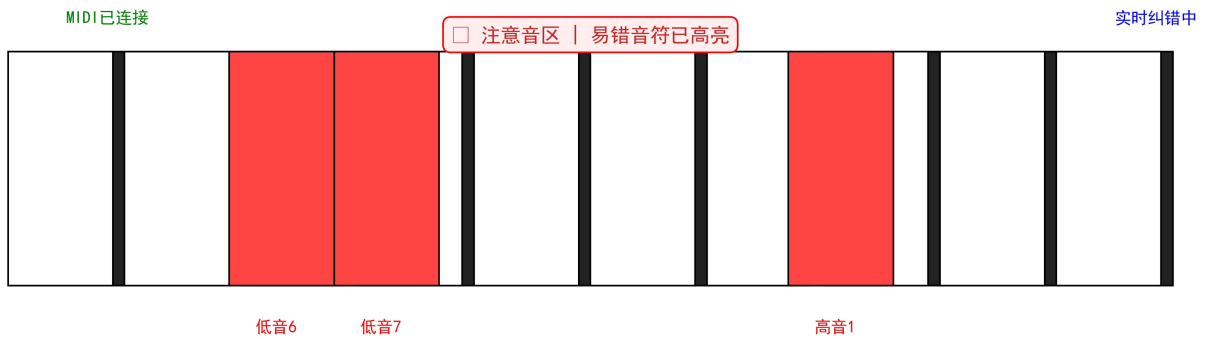


Figure 2. Schematic diagram of the error-prone point highlighting warning and tone range indication interface
图 2. 易错点高亮预警与音区提示界面示意图

针对速度失控问题,系统内置速度锁定机制,学习者可根据自身水平设定目标速度,系统通过内部时钟强制保持稳定,避免情绪推动导致越弹越快。同时,系统支持分句循环播放与慢速跟弹,对副歌等难点段落可反复练习,强化肌肉记忆(如图 3 所示)。

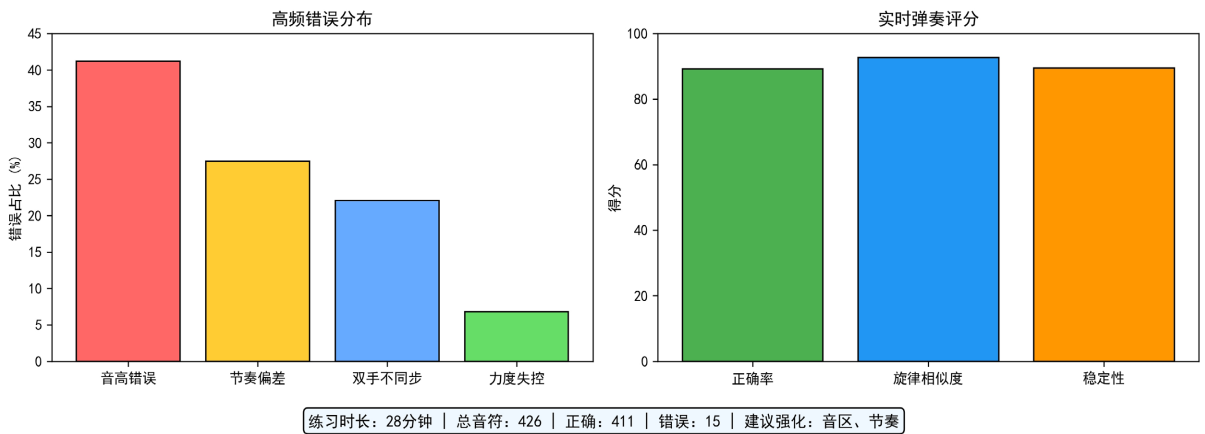


Figure 3. Schematic diagram of the speed control and sentence-based loop practice interface
图 3. 速度控制与分句循环练习界面示意图

系统还具备完整的练习数据统计功能,实时记录正确音符数、错误音符数、易错位置、练习时长,并以柱状图与文字形式展示,帮助学习者与教学者直观了解进步情况(如图 4 所示)。

5.3. 核心技术实现

系统采用 PyQt6 实现界面渲染与交互响应,通过重写绘图事件实现琴键动态高亮、力度显示、简谱标注等效果。MIDI 通信模块基于 mido 库实现输入设备扫描、端口打开、消息解析与回调处理,支持 USB MIDI、蓝牙 MIDI 等多种设备,延迟控制在 4 ms 以内。音频模块基于 pygame.midi 实现钢琴音色加载与发声,支持力度感应与延音效果,音色贴近真实钢琴,满足练习需求。易错判断模块内置《孤勇者》标准

曲谱库，实时对比弹奏音符与标准音符，对错误音、错误节奏、错误音区即时触发预警。数据统计模块采用线程异步处理，不影响主界面流畅度，记录结果可用于学习效果评估。

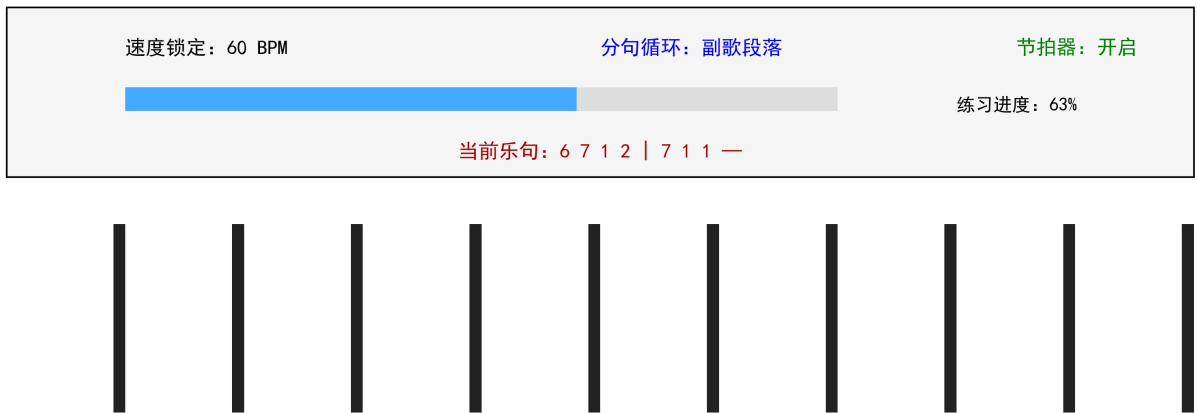


Figure 4. Schematic diagram of the real-time performance data statistics and feedback interface
图 4. 实时弹奏数据统计与反馈界面示意图

6. 对照教学实验设计与结果分析

6.1. 实验分组与学习条件界定

实验组：全程使用本文七步习得模型 + 自研数据驱动 MIDI 智能系统完成四周训练；对照组：仅发放纸质 C 调《孤勇者》简谱，采用传统自由自学模式，无任何辅助软件、纠错工具、速度约束手段。两组统一约束：每日固定练习 45 分钟、每周训练 5 次、总周期 4 周；练习教室环境、无额外课外钢琴辅导、受试均为零钢琴基础在校大学生，所有外部变量完全一致，仅干预工具为唯一变量。

受试样本总计 120 人，随机平均划分两组，每组 60 人。

6.2. 评价实验评价指标与标准化判定规则

所有指标由 3 名音乐教育专业副教授开展盲评打分，统一使用标准化 Rubric 百分制评分量表，计算组内一致性系数 ICC 校验评分可信度， $ICC > 0.8$ 判定为评分一致性优秀、数据可信。四项指标完整可操作定义如下：

1) 完全掌握课时

判定标准：学习者可全程稳定 60 BPM 完整弹奏全曲，连续弹奏 3 遍平均单遍错音、节奏失误总数 ≤ 5 处，无明显停顿卡顿，记录累计有效练习课时。

2) 单遍平均错误次数

统计口径：单遍完整弹奏中音高错音、节奏抢拍/拖拍、休止符遗漏三类失误总数量，取连续稳定 3 遍弹奏算术平均值。

3) 旋律相似度(Rubric 百分制， $ICC = 0.89$)

评分梯度：90~100 分：音高、节奏、分句完全贴合标准乐谱；75~89 分：少量细微错音，节奏偏差小于 0.2 拍；60~74 分：多处音区错音、节奏起伏不稳；60 分以下：大量错音、段落断层无法连贯弹奏。取三位评委打分均值作为最终分数， $ICC = 0.89$ ，评分一致性优秀。

4) 双手同步稳定性(Rubric 百分制， $ICC = 0.87$)

评分梯度：90~100 分：左右手音符时序误差稳定小于 150 ms；75~89 分：少量段落时序差 150~300 ms；60~74 分：多处段落左手伴奏明显滞后；60 分以下：左右手动作完全脱节、无法合手弹奏。取三位评委打分均值，ICC = 0.87，评分可信度达标。

6.3. 实验结果

两组受试对象学习效果对比结果如表 2 所示。

Table 2. Comparison table of learning outcomes between the experimental group and the control group

表 2. 实验组与对照组学习效果对比

评价指标	对照组(传统自学)	实验组(模型 + 智能系统)	提升幅度
掌握课时(课时)	19.7	7.3	-62.9%
平均错误次数(次/遍)	47.2	10.4	-78.0%
旋律相似度(分)	74.3	92.7	+18.4%
双手稳定性(分)	61.8	89.5	+44.8%

从结果可以看出，实验组在各项指标上均显著优于对照组。掌握课时缩短超过六成，错误次数下降近八成，旋律相似度与双手稳定性大幅提升，表明本文提出的习得模型能够有效降低学习难度，智能辅助系统能够显著减少错误、稳定速度、提升还原度。

6.4. 结果分析

实验组表现更优的主要原因在于：快速习得模型遵循认知规律，通过分段拆解、规律记忆、分层合手降低学习负荷；智能系统通过可视化音区标注、易错点高亮、实时提示、速度锁定等功能，直接解决零基础人群最易出现的错音、抢拍、速度失控等问题；力度与延音优化使弹奏更贴近原版，提升学习动机与成就感。对照组由于缺乏科学方法与实时反馈，错误难以自我纠正，双手配合长期不稳定，学习周期长、挫败感强。实验结果充分证明，本文方案在效率、准确率、稳定性、还原度四个维度均具有明显优势，适合零基础人群推广使用。

7. 结论与展望

本研究以 C 调简化版《孤勇者》为研究对象，针对零基础学习者在简谱记忆、音区识别、节奏把控、双手配合等方面的核心难点，构建了基于认知规律与易错点驱动的快速习得模型，并开发了具备实时纠错、速度锁定、外接 MIDI 接入、数据统计等功能的智能辅助教学系统。对照实验结果表明，该模型与系统能够显著缩短零基础学习者的掌握周期、降低弹奏错误率、提升旋律相似度与双手同步稳定性。需要明确的是，本研究结论具有明确适用边界，仅适用于结构规整、旋律简洁、节奏稳定的流行钢琴曲，对于复杂变调、密集织体或古典风格曲目，其有效性仍需进一步证。同时，研究也存在一定局限性：仅选取单一曲目开展实验、采用简化乐谱、样本群体相对单一、功能聚焦基础弹奏训练，模型泛化能力与高阶教学价值有待拓展。未来研究可进一步扩展曲目库、引入 AI 自适应算法、优化情感表达训练模块、开展跨年龄段实验，推动模型与系统向通用化、个性化、高阶化方向发展，为普惠音乐教育提供更全面、更具普适性的技术支撑与教学方案。

参考文献

- [1] 杨世瑞, 程科, 李想, 等. 基于多音轨聚类的 MIDI 音乐主旋律提取方法[J]. 计算机与数字工程, 2024, 52(10):

- 2897-2901.
- [2] 韩东红, 孔彦茹, 展艺萌, 等. 音乐多模态数据情感识别方法的研究[J]. 东北大学学报(自然科学版), 2024, 45(6): 776-785, 792.
 - [3] 王勤湧. 基于 MIDI 协议的导播控制系统分析[J]. 电子技术, 2024, 53(2): 312-313.
 - [4] 蔡元骏. MIDI 采样器及软音源在影视配乐创作中的应用[J]. 电声技术, 2023, 47(12): 96-99, 103.
 - [5] 谢羿. 传统配器法在 MIDI 音乐制作中的运用[J]. 当代音乐, 2020(6): 97-98.
 - [6] 任红军, 李宾. 音乐制作中 MIDI 控制器的运用——以电影《加勒比海盗》主题音乐为例[J]. 艺术教育, 2019(4): 79-80.
 - [7] 古钰. MIDI 音乐的基本应用分析与研究[J]. 中国民族博览, 2018(2): 144-145.
 - [8] 禹茜文. MIDI 技术在歌曲创作中的运用[J]. 当代音乐, 2018(1): 102-104.
 - [9] 丁晓军. MIDI 音源软件的分类及概述[J]. 当代音乐, 2016(16): 93-94.
 - [10] 张效恩. 谈 MIDI 音乐中的管弦乐制作[J]. 音乐时空, 2012(9): 140-141.