

2025 年第十五届 MathorCup 数学应用挑战赛

C 题：音频文件的高质量读写与去噪优化

随着数字媒体技术的迅速发展，音频处理已成为信息时代的关键技术之一。在日常生活中，从录音设备捕捉的原始音频到最终呈现给听众的声音，需要经过一系列复杂的处理步骤。这一过程面临三大核心挑战：高效存储、降噪处理和音色优化。

首先，音频数据通常体积庞大，需要在保证质量的前提下进行高效存储和传输。不同的音频格式（如 WAV、MP3、FLAC 等）采用不同的编码算法，在文件大小与音质之间形成了复杂的权衡关系。采样率、比特深度和压缩算法等参数的选择直接影响存储效率和音频质量，然而，针对不同类型的音频内容（语音、音乐、环境声等），最佳参数组合往往各不相同。

其次，在实际应用中，音频往往受到各种环境噪声的污染。从室内的空调声、电脑风扇声，到室外的交通噪声、风噪声，再到录音设备本身产生的电流噪声等，这些干扰会显著降低音频的清晰度和可辨识度。不同类型的噪声具有不同的时频特性，需要针对性地设计去噪算法才能有效处理。

附件 1 提供了不同音频格式及其参数设置的详细信息，包括各种编码方式的技术规格和存储效率数据；附件 2 包含了在多种环境下录制的带噪声音频样本，涵盖了从轻微背景噪声到强烈干扰的各种情况。

基于这些数据，需要运用数学建模方法解决音频存储优化、噪声去除问题，以提升整体音频质量。

问题 1: 设计一个综合评价指标，量化不同音频格式（至少包含 WAV、MP3、AAC 这 3 种音频格式）在存储效率与音质保真度之间的平衡关系。该指标应考虑：

- 文件大小（存储空间占用）
- 音质损失（与原始音频相比的信息丢失）
- 编解码复杂度（计算资源消耗）
- 适用场景（如流媒体传输、专业录音等）

问题 2: 基于附件 1 中的音频文件，建立数学模型，分析采样率、比特深度、压缩算法等参数对音频质量和文件大小的影响。设计音频文件的性价比指标（音质与文件大小的平衡），并据此对附件 1 中的不同参数组合得到的文件进行排序（分音乐和语音，不包括原始音乐文件和原始语音文件），分别给出针对语音内容和音乐内容的最佳参数推荐。

问题 3: 设计一种自适应编码方案，能够分析输入音频的特征（区分语音/音乐类型、识别频谱特点和动态范围），并据此自动选择最佳编码参数。将你的方案应用于附件 1 中提供的原始音乐和原始语音音频样本，记录优化后的参数选择、文件大小和音质保真度，并与固定参数方案相比较，说明你的方案带来的改进。

问题 4：基于附件 2 中的音频文件，对样本音频进行时频分析，建立数学模型识别并量化各类噪声（如背景噪声、突发噪声、带状噪声等）的特征参数。提出一种改进的去噪策略或自适应算法，能针对不同噪声类型自动选择最佳处理方法。处理样本音频，要求在论文中给出每个音频包含的噪声种类，去噪后的音频文件的信噪比，并分析在不同噪声类型和强度下的适用范围与局限性。

同时将去噪后的音频存储为新的 wav 文件，并分别命名为 part1_denoised.wav 和 part2_denoised.wav 进行提交。