

# Phase Plan

**Đề tài.** Chẩn đoán lỗi ổ lăn từ tín hiệu rung dựa trên kết hợp đặc trưng sâu và nông (CWRU làm bộ dữ liệu lỗi).

**Bài báo.** *Vibration signal analysis for rolling bearings faults diagnosis based on deep–shallow features fusion.*

**Tài liệu môn học.** Bishop — *Pattern Recognition and Machine Learning* (2006).

**Phương pháp.** Chuỗi xử lý tham chiếu: log–mel → MBH–LPQ + VGGish → PCA → EDA → so khớp cosine → tổng trọng số điểm (WS).

**Mô hình.** Nhánh đặc trưng nông (LBP, LDP, LPQ, MBH–LPQ) và nhánh sâu (VGGish, VGG16, YamNet); đánh giá *fusion* ở mức đặc trưng và mức điểm.

**Nguyên tắc chung.** Mỗi phase có đầu ra rõ ràng, tham số lưu bằng tệp cấu hình, seed cố định; tách bạch train/val/test; kết quả có thể tái lập.

## Phase 0 — Xác lập đề tài và phạm vi

### Mục tiêu:

Chốt tên đề tài, mục tiêu, phạm vi ứng dụng.

**Nội dung:** • Chuẩn hoá thuật ngữ và phạm vi đánh giá.

- Tài liệu hoá mục tiêu và kỳ vọng kết quả.

### Kết quả:

Tệp mô tả phạm vi và mục tiêu nằm trong [docs/requirements.md](#).

## Phase 1 — Khung dự án, môi trường và tái lập

### Mục tiêu:

Tạo khung thư mục, môi trường conda, quy trình tái lập.

**Nội dung:** • Cấu trúc: `configs/`, `data/`, `docs/`, `experiments/`, `notebooks/`, `original_paper/`, `results/`, `src/`, `tests/`.

- `environment.yml` cho môi trường ndm; cố định seed trong cấu hình.
- `.gitignore`: bỏ qua `data/raw/CWRU/**`, `results/**`, `*.zip`.
- README có mục **Download (Release)** dùng liên kết `/releases/latest/download/...` và huy hiệu “Release”.

### Kết quả:

Dự án *clean* có thể cài đặt và chạy kiểm thử; [docs/reproducibility.md](#).

## Phase 2 — Đọc bài báo và đối sánh nội dung học phần

### Mục tiêu:

Nắm rõ pipeline tham chiếu và liên hệ học phần.

### Nội dung:

- Tóm tắt bài báo, trích các giả thiết và tham số chính.

- Bảng ánh xạ khối xử lý  $\leftrightarrow$  nội dung môn học.

### Kết quả:

[papers/sciRep2025\\_summary.md](#), [docs/course\\_mapping.md](#).

## Phase 3 — Dữ liệu: tải, mô tả, hệ thống nhãn

### Mục tiêu:

Tổ chức dữ liệu CWRU đầy đủ và nhất quán.

### Nội dung:

- Tải về `data/raw/CWRU/: normal_baseline/Normal_0..3.mat`.

- Thư mục `48k_drive_end_fault/` với các lỗi: B007, B014, B021, IR007, IR014, IR021, OR007@3/6/12, OR014@6, OR021@3/6/12; đủ các tải \_0, \_1, \_2, \_3.
- Chuẩn hoá tên lớp, sinh `data/labels.csv` và `data/splits/cwru_splits.json`.

### Kết quả:

[docs/data\\_description.md](#), `labels.csv`, `splits/cwru_splits.json`.

## Phase 4 — Nạp dữ liệu, tách tập, cắt đoạn/chuẩn hoá

### Mục tiêu:

Xây dựng mô-đun nạp dữ liệu tin cậy, không rò rỉ.

### Nội dung:

- Tách theo *file* trước khi cắt đoạn; chuẩn hoá biên độ.

- Sổ tay khảo sát phân phối; tham số hoá qua `configs/*.yaml`.

### Kết quả:

`src/dataio.py`, `notebooks/01_explore_data.ipynb`.

## Phase 5 — Tuyến cơ sở ML theo PRML

### Mục tiêu:

Thiết lập mốc so sánh cổ điển.

### Nội dung:

- Đặc trưng thời gian/tần số; Logistic/Softmax, SVM, Random Forest.

- Chọn tham số trên *validation*, đánh giá trên *test*.

### Kết quả:

`results/baseline_prml_metrics.csv`, `results/cm_prml.png`.

## Phase 6 — Spectrogram chuẩn cho CNN và pipeline bài báo

**Mục tiêu:**

Chuẩn hoá biến đổi thời–tần cho nhánh sâu và log–mel.

**Nội dung:**

- STFT → log–magnitude hoặc log–mel; cố định cửa sổ, bước trượt, `nfft`, số dải mel.
- Notebook xem trước để kiểm tra trực quan.

**Kết quả:**

`notebooks/04_spectrogram_preview.ipynb` và ảnh minh họa.

## Phase 7 — CNN cơ sở và trích đặc trưng sâu

**Mục tiêu:**

Có mốc sâu cơ sở và embedding để kết hợp.

**Nội dung:**

- Huấn luyện CNN trên spectrogram; xuất embedding lớp gần cuối.

**Kết quả:**

`results/cnn_baseline.pt`, `results/cm_cnn.png`, `X_deep.npy`.

## Phase 8 — Kết hợp đặc trưng và điểm số

**Mục tiêu:**

Dánh giá kết hợp mức đặc trưng và mức điểm, chọn cấu hình hiệu quả.

**Nội dung:**

- Nối sâu–nông và huấn luyện bộ phân lớp.
- Kết hợp điểm kiểu WS; quét hệ số trên *validation*, cố định cho *test*.

**Kết quả:**

`results/fusion_feature_metrics.csv`, `results/fusion_score_metrics.csv`.

## Phase 9 — *Paper–core* (tái hiện nghiêm ngặt)

**Mục tiêu:**

Tái hiện pipeline của bài báo trên CWRU với giao thức thống nhất.

**Nội dung:**

- Giao thức:  $fs=48k$ ,  $rpm=1772$ ,  $load=1HP$ , 10 lớp; chia train/test 80/20; tách train thành train/val.
- Mỗi waveform → 100 mẫu; mỗi mẫu 4710 điểm; STFT Hamming, overlap 50%, `nfft`=512.
- Log–mel cho VGGish ( $96 \times 64$ , 64 mel bins); LPQ với  $R \in \{3, 5, 7\}$ ; MBH–LPQ số khối  $b \in \{1, 2, 4, 6, 8, 10, 12\}$ .
- WS quét  $\alpha \in \{0.1, \dots, 0.9\}$ ; báo cáo các mốc shallow và deep (YamNet, VGG16, VGGish).

**Kết quả:**

`original_paper/method_sciRep_like.py`, `original_paper/00_run_sciRep_like.ipynb`,

`results/paper_core_metrics.csv`, `results/cm_paper_core.png`,  
`results/b_sweep.csv` + hình, `results/ws_sweep.csv` + hình.

## Phase 10 — Mở rộng: PU hoặc *domain shift* trên CWRU

### Mục tiêu:

Dánh giá khả năng khái quát.

Nội dung: • Chạy lại pipeline *paper-core* trên PU (nếu sẵn có) hoặc kích bản train load A, test load B trên CWRU.

### Kết quả:

Bảng so sánh và nhận xét tổng hợp.

## Phase 11 — Ablation và kiểm thử nhiễu

### Mục tiêu:

Hiểu vai trò các thành phần và độ bền với nhiễu.

Nội dung: • So sánh: thời vs tần; sâu vs nông vs kết hợp; thay đổi cửa sổ.  
• *Domain shift*; nhiễu Gaussian SNR  $\in \{-6, -3, 0, 3, 6\}$  dB.

### Kết quả:

`results/ablation_summary.csv`, `results/ablation_plots.png`, `docs/analysis_notes.md`.

## Phase 12 — Tự động hóa chạy và phát hành Release

### Mục tiêu:

Một lệnh tái tạo toàn bộ và công bố gói kết quả.

Nội dung: • `python -m experiments.run_all -config configs/exp_*.yaml`.  
• Sinh `results/manifest.json` (commit, seed, phiên bản thư viện, danh sách artefact).  
• GitHub Release vX.Y.Z đính kèm `NDM_Project_full.zip`, `CWRU_dataset.zip`, `results_artifacts.zip`.  
• README dùng `/releases/latest/download/...`; kèm hướng dẫn kiểm tra `sha256`.

### Kết quả:

Bộ artefact và trang phát hành vX.Y.Z.

## Phase 13 — Ghi chú kỹ thuật và công thức

### Mục tiêu:

Chuẩn hoá nền tảng kỹ thuật dùng trong đồ án.

Nội dung: • STFT/mel, LPQ/MBH-LPQ, PCA/EDA, cosine, WS, SNR; định nghĩa, giả thiết, công thức.

### Kết quả:

`docs/math_notes.md`.

## **Phase 14 — Báo cáo và trình bày**

**Mục tiêu:**

Hoàn thiện hồ sơ học thuật của đồ án.

**Nội dung:** • Push Git, soạn báo cáo và slide.

**Kết quả:**

report.pdf, slides.pdf, thẻ v1.0.