

XÂY DỰNG HỆ THỐNG HỌC PHÂN TÁN TRÊN MẠNG ĐỒ THỊ CHO PHÁT HIỆN RỬA TIỀN

FEDERATED GRAPH NEURAL NETWORKS FOR DETECTING MONEY
LAUNDERING

Môn học: CS519 - PHƯƠNG PHÁP LUẬN NCKH

Lớp: CS519.Q11

GVHD: PGS. TS Lê Đình Duy

Trần Lê Minh Nhật - 23521098

Hoàng Minh Thái - 23521414



Tóm tắt

- **Vấn đề:** Rửa tiền ngày càng tinh vi, gây rủi ro tài chính lớn.
- **Giải pháp:** Kết hợp **Graph Neural Network (GNN)** và **Federated Learning (Học liên kết)**.
- **Điểm mới:**
 - Giải quyết **phân mảnh dữ liệu** (Data Silos) bằng Federated Learning (không chia sẻ dữ liệu thô).
 - Giải quyết **ngụy trang hành vi** (Neighborhood Camouflage) bằng kỹ thuật **Node Representation Residual**.
- **Thực nghiệm:** Trên 3 bộ dữ liệu (IBM AML, SAML-D, Elliptic2).
- **Mục tiêu:** Giảm tỷ lệ bỏ sót tội phạm(đo qua AUC, F1) , đảm bảo tính riêng tư.

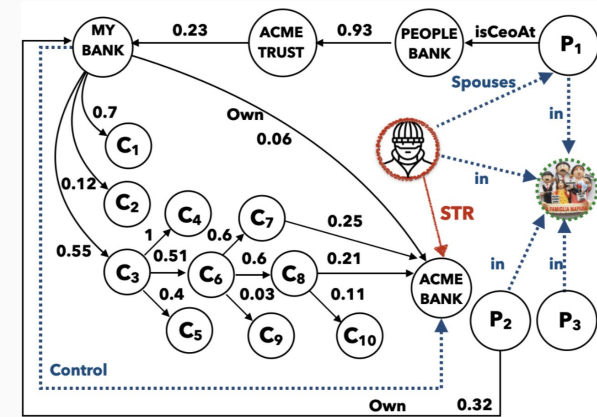
Giới thiệu

- **Định nghĩa:** Quá trình biến đổi lợi nhuận từ hoạt động tội phạm (tiền bẩn) thành các tài sản hợp pháp (tiền sạch). Chiếm 2-5% GDP toàn cầu, tài trợ khủng bố, gây bất ổn tài chính.
- **Quy trình 3 bước điển hình:**
 - **Sắp xếp (Placement):** Đưa tiền mặt phi pháp vào hệ thống tài chính (gửi ngân hàng, mua ngoại tệ).
 - **Phân lớp (Layering):** Thực hiện hàng loạt giao dịch phức tạp để che giấu nguồn gốc (chuyển qua nhiều ngân hàng, công ty ma). *Đây là giai đoạn GNN tập trung phát hiện.*
 - **Hòa nhập (Integration):** Tiền quay trở lại nền kinh tế dưới dạng hợp pháp (mua bất động sản, đầu tư).



Giới thiệu

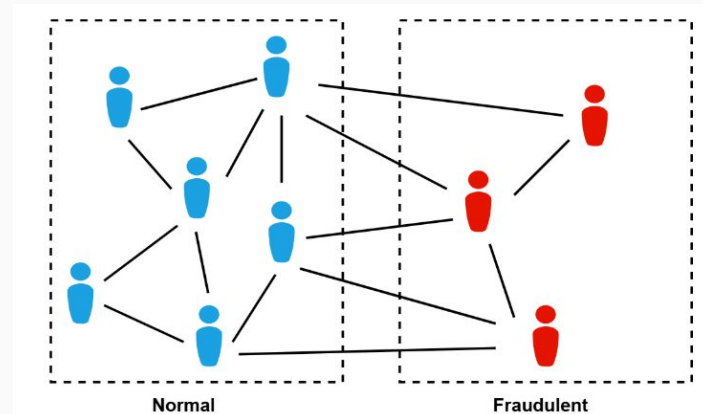
- **Chi tiết Input/Output của đề tài:**
 - **Input (Đầu vào):** Dữ liệu lịch sử giao dịch của ngân hàng, tổ chức tiền tệ.
 - **Output (Đầu ra):** Phân loại từng giao dịch hoặc tài khoản là: **Hợp pháp (Licit)** hoặc **Bất hợp pháp (Illicit/Money Laundering)**.
- **Rule-based và hạn chế của phương pháp:**
 - Dựa trên quy tắc cứng nhắc.
 - Dễ bị qua mặt (cấu trúc hóa giao dịch).
 - Tỷ lệ báo động giả (False Positives) cao.
- **Tiềm năng của GNN:**
 - Dữ liệu giao dịch bản chất là **đồ thị** (nodes = tài khoản, edges = giao dịch).
 - GNN học được các quan hệ phức tạp mà Machine Learning thường (SVM, Random Forest) bỏ sót.



Rule-based antimoney laundering system
(Rule-based Anti-Money Laundering in Financial Intelligence Units: Experience and Vision)

Giới thiệu

- **Vấn đề Giả dạng (Neighborhood Camouflage)**
 - GNN dùng giả định "đồng dạng" (Homophily) -> tổng hợp đặc trưng láng giềng.
 - **Thủ đoạn:** Kẻ rửa tiền tạo giao dịch với nhiều "người tốt" để pha loãng dấu hiệu xấu.
 - **Hậu quả:** GNN bị nhiễu, gộp chung kẻ gian vào nhóm người tốt (False Negative).



The illustration of neighborhood camouflage
(FLAG : Fraud Detection with LLM-enhanced Graph Neural Network)

- **Sự phân mảnh dữ liệu (Data Silos)**
 - Nghị định 13/2023/NĐ-CP
 - Dữ liệu bị cô lập tại từng ngân hàng do quy định bảo mật (GDPR).
 - Không thể phát hiện chuỗi rửa tiền xuyên ngân hàng.

Mục tiêu

- **Mục tiêu Tổng quát:** Xây dựng hệ thống GNN phát hiện rửa tiền chính xác, giải quyết đồng thời **Data Silos** và **Neighborhood Camouflage**.
- **Mục tiêu Cụ thể:**
 1. **Xây dựng GNN cơ sở:** Tái thiết kế GCN, GAT, GIN trên 3 dataset IBM AML, SAML-D, và Elliptic2.
 2. **Giải quyết Phân mảnh:** Tích hợp **Federated Learning** -> Huấn luyện toàn cục chỉ qua chia sẻ tham số (gradients), không chia sẻ dữ liệu.
 3. **Đồng thời giải quyết Ngụy trang:** Đề xuất kỹ thuật **Node Representation Residual** -> Bảo toàn đặc trưng gốc (ego-features) để vạch trần kẻ gian lận ẩn mình.

Nội dung và Phương pháp

❖ Nội dung 1: Tìm hiểu tổng quan đề tài

- Tìm hiểu tổng quan các phương pháp để giải quyết từng nhiệm vụ Anti money laundering và 2 vấn đề **Sự phân mảnh dữ liệu** và **Giả dạng**.

❖ Nội dung 2: Nghiên cứu và Thu thập dữ liệu

- Sử dụng 3 bộ dataset nghiên cứu phổ biến: **IBM AML** (phức tạp, mô phỏng thực tế), **SAML-D**, và **Elliptic2**.
- Tiền xử lý dữ liệu: Xây dựng đồ thị từ logs giao dịch, chuẩn hóa đặc trưng (feature normalization), xử lý mất cân bằng dữ liệu (imbalance data).

❖ Nội dung 3: Thiết kế và Cài đặt Mô hình GNN

- Thử nghiệm các kiến trúc: **GINe** (Graph Isomorphism Network with edge features), **GATe** (Graph Attention Network with edge features), **RGCN** (Relational GCN).

❖ Nội dung 4: Kiến trúc Mô hình & Kỹ thuật cốt lõi (Core Techniques)

- **Federated Strategy**: Sử dụng thuật toán **FedProx** thay FedAvg truyền thống để xử lý vấn đề **Non-IID Dat**.
- **Anti-Camouflage Mechanism**: Tại mỗi lớp GNN, cài đặt module **Node Representation Residual**

❖ Nội dung 5: Quy trình Thực nghiệm

- Thiết lập môi trường giả lập Federated với 5-10 clients.
- So sánh hiệu năng (Ablation Study) giữa: GNN thường vs. GNN + Residual; Centralized vs. Federated.

Kết quả dự kiến

- **Sản phẩm:**
 - Source code Python/Pytorch (GNN + Federated Module).
 - Pipeline xử lý nhiễu tích hợp sẵn.
- **Hiệu năng:**
 - Bảng so sánh độ chính xác: Accuracy, F1-Score, **AUC-ROC**.
 - Chứng minh hiệu quả trong môi trường phân tán và dữ liệu nhiễu.
 - Giảm tỷ lệ False Negative (bỏ sót tội phạm).

Demo - Website

Money Laundering Detection System

Upload CSV or Excel file with transaction data for analysis

Upload Transaction File

 **Required File Format:** Your CSV/Excel file must contain the following columns:

Trans. ID, Timestamp, Source bank ID, Source Account, Target bank ID, Target Account, Amount, Currency, Payment type



Click to upload or drag and drop

Supports CSV, XLSX, XLS files

test.csv
0.23 KB

 Analyze File

Sample Data Template

Your file should look like this:

- **Trans. ID:** 0, 1, 2, ...
- **Timestamp:** 3 MAY 2019 12:45
- **Source bank ID:** 1, 2, 3, ...
- **Source Account:** A, B, C, ...
- **Target bank ID:** 1, 2, 3, ...
- **Target Account:** A, B, C, ...
- **Amount:** 1400, 710, 950, ...
- **Currency:** USD, EUR, CHF
- **Payment type:** Cheque, ACH, Credit card, Wire

Analysis Results

3

Total Transactions

0

Illicit (0%)

3

Licit (100.00%)

\$3.1K

Total Amount

3

Analyzed

 Download Results (CSV)

ID	Timestamp	Source	Target	Amount	Currency	Payment	Status	Risk Score	Accumulated	Reason
1	15 MAY 2019 07:34	2-B	1-C	\$710	EUR	ACH	Licit	0%	\$710	Transaction appears normal
2	18 MAY 2019 16:55	3-E	1-C	\$950	USD	Credit card	Licit	0%	\$950	Transaction appears normal
0	3 MAY 2019 12:46	1-A	1-C	\$1,400	USD	Cheque	Licit	0%	\$1,400	Transaction appears normal

Tài liệu tham khảo

- [1]. Isle of Man Financial Services Authority, Anti-Money Laundering and Countering the Financing of Terrorism Handbook, 2021.
- [2] GUEMBE, Blessing, et al. A federated machine learning approaches for anti-money laundering detection. Available at SSRN 4669561, 2023.
- [3] Giordano Paoletti, Flavio Giobergia, Danilo Giordano, Luca Cagliero, Silvia Ronchiadin, Dario Moncalvo, Marco Mellia, Elena Baralis: MAD: Multicriteria Anomaly Detection of Suspicious Financial Accounts from Billions of Cash Transactions. KDD (2) 2025: 4751-4760
- [4] Erik R. Altman, Jovan Blanusa, Luc von Niederhäusern, Beni Egressy, Andreea Anghel, Kubilay Atasü: Realistic Synthetic Financial Transactions for Anti-Money Laundering Models. NeurIPS 2023
- [5] Yunhe Pang, Bo Chen, Fanjin Zhang, Yanghui Rao, Evgeny Kharlamov, Jie Tang: GuARD: Effective Anomaly Detection through a Text-Rich and Graph-Informed Language Model. KDD (2) 2025: 2222-2233
- [6] Chengdong Yang, Hongrui Liu, Daixin Wang, Zhiqiang Zhang, Cheng Yang, Chuan Shi: FLAG: Fraud Detection with LLM-enhanced Graph Neural Network. KDD (2) 2025: 5150-5160
- [7] Hezhe Qiao, Chaoxi Niu, Ling Chen, Guansong Pang: AnomalyGFM: Graph Foundation Model for Zero/Few-shot Anomaly Detection. KDD (2)
- [8] GU, Xiaoxiong; LIU, Min; YANG, Jingwen. Application and Effectiveness Evaluation of Federated Learning Methods in Anti-Money Laundering Collaborative Modeling Across Inter-Institutional Transaction Networks. 2025.
- [9] Berkan Oztas, Deniz Cetinkaya, Festus Fatai Adedoyin, Marcin Budka, Huseyin Dogan, Gökhan Aksu: Enhancing Anti-Money Laundering: Development of a Synthetic Transaction Monitoring Dataset. ICEBE 2023: 47-54
- [10] Claudio Bellei, Muhua Xu, Ross Phillips, Tom Robinson, Mark Weber, Tim Kaler, Charles E. Leiserson, Arvind, Jie Chen: The Shape of Money Laundering: Subgraph Representation Learning on the Blockchain with the Elliptic2 Dataset. CoRR abs/2404.19109 (2024)