

## 멀티모달 그래프 모델 개발



지도교수: 송길태

팀명: 송골매

팀원: 배근호(202055551)

윤소현(202155650)

추민(201924601)

# 목차

1. 프로젝트 배경 및 목표.....	3
1.1 프로젝트 배경.....	3
1.2 프로젝트 목표.....	3
2. 요구사항 분석.....	4
2.1 데이터 수집 및 전처리.....	4
2.2 멀티모달 그래프 모델 설계 및 학습 .....	4
2.3 이상 거래 탐지 시스템 구현.....	5
3. 현실적 제약 사항 분석 결과 및 대책.....	5
3.1 현실적 제약 사항 .....	5
3.2 대책 .....	5
4. 설계 문서.....	5
4.1 금융 데이터를 활용한 멀티모달 그래프 설계 접근법.....	5
4.2 프로젝트 개발 단계.....	7
4.3 기술 스택.....	8
4.4 시스템 구성도.....	9
5. 추진 체계 및 일정.....	9
6. 구성원 역할.....	10

# 2025 전기 졸업과제 착수보고서

## 1. 프로젝트 배경 및 목표

### 1.1 프로젝트 배경

최근 인공지능(AI) 기술은 다양한 유형의 데이터를 동시에 활용하는 멀티모달 모델의 필요성이 강조되며 빠르게 발전하고 있다. 기존의 단일 모달 데이터(예: 텍스트, 이미지, 테이블 등)에 기반한 분석은 각 데이터의 한계로 인해 복잡한 관계나 패턴을 포착하는 데 어려움이 있었다. 이에 따라, 멀티모달 데이터를 통합하여 더욱 풍부한 정보를 학습할 수 있는 멀티모달 AI 기술이 다양한 산업 분야에서 주목받고 있으며, 실제로 구글, 오픈AI 등 해외 대기업 및 인공지능 업계 선두주자들은 대부분 멀티모달 모델 개발에 뛰어들고 있다.

멀티모달 데이터를 효과적으로 통합·분석하기 위한 대표적인 방식 중 하나는 그래프 구조를 활용한 모델링이다. 그래프는 다양한 개체(노드)와 이들 간의 관계(엣지)를 표현할 수 있어, 서로 다른 형식의 데이터 간의 상호작용을 효과적으로 모델링할 수 있다. 특히 그래프 신경망(GNN, Graph Neural Network)은 이러한 구조를 학습하는 데 탁월한 성능을 보이며, 최근 데이터 과학 및 머신러닝 분야에서 매우 활발히 연구되고 있다.

본 프로젝트는 이러한 기술 흐름에 발맞춰, 서로 다른 형식의 데이터를 통합하고 관계성을 학습할 수 있는 멀티모달 그래프 모델을 설계하고 구현하는 것을 주제로 한다. 이를 통해 단순한 데이터 병합이 아닌, 구조적 연결성과 상호작용 기반의 복합적 모델링이 가능해지며, 향후 다양한 실제 문제에 적용 가능한 확장성 있는 모델로 발전시킬 수 있다.

### 1.2 프로젝트 목표

본 프로젝트의 주요 목표는 금융 데이터를 통합적으로 모델링할 수 있는 멀티모달 그래프 모델을 설계 및 개발하는 것이다. 이를 위해 고객, 카드, 상점 등 테이블 형식의 정형 데이터와 거래 내역의 시간 속성과 같은 시계열 데이터 등 다양한 유형의 데이터를 기반으로, 각 개체 간의 의미 있는 관계를 정의하고 그래프 구조를 설계한다. 이후, 그래프 신경망(GNN) 기반의 모델을 구축하여, 이러한 복합적인 데이터 관계를 효과적으로 학습할 수 있도록 한다.

특히 본 프로젝트에서는 이상 거래 탐지를 주요 적용 사례로 설정하여, 설계한 멀티모달 그래프 모델의 실효성을 검증하고자 한다. 이상 거래 탐지는 실제 금융 분야에서 매우 중요한 과제이며,

## 2025 전기 졸업과제 착수보고서

다양한 데이터 소스를 활용한 복합적 분석이 요구된다. 이와 같은 현실 문제에 본 모델을 적용함으로써, 모델 구조의 적합성과 성능을 실증적으로 평가할 수 있다.

또한, 테이블 형식 데이터 기반의 전통적인 머신러닝 모델과의 비교 평가를 통해, 멀티모달 그래프 모델이 실제 분석 성능에서 어떠한 이점을 가지는지 구체적으로 분석할 예정이다. 본 프로젝트는 결과적으로 멀티모달 그래프 모델의 설계 원리와 적용 가능성을 입증하고, 향후 다양한 복합 데이터 기반의 문제 해결을 위한 기반 기술로 기여하는 것을 목표로 한다.

## 2. 요구사항 분석

### 2.1 데이터 수집 및 전처리

Kaggle 등의 공개 데이터 저장소로부터 금융 분야의 이상 거래 탐지를 위한 실제 금융 거래 데이터를 수집하여 활용한다. 수집된 데이터는 고객 정보, 카드 정보, 상점 정보, 거래 내역 등으로 구성되며, 각 거래에 대한 이상 여부(정상/이상 거래)가 레이블로 포함되어 있다.

수집한 데이터는 서로 다른 형식을 가지므로 멀티모달 그래프 모델에 적합한 형태로 변환하기 위한 표준화된 전처리 과정이 요구된다. 이를 위해 다음과 같은 전처리 작업을 수행한다.

- 결측치 및 이상치 처리
- 정형(테이블) 데이터의 범주형 속성에 대한 정수 인코딩 및 One-hot 인코딩
- 시계열 데이터(거래 시간, 시간 간격 등)의 시계열적 특징 추출
- 고객-카드-상점-거래 등 노드 간 관계 정의를 위한 인접 행렬 및 엣지 목록 생성
- 그래프 학습을 위한 PyTorch Geometric 포맷으로의 변환

### 2.2 멀티모달 그래프 모델 설계 및 학습

테이블, 시계열 형식의 데이터를 학습하기 위해 Heterogeneous Graph, Multi-view Graph 등의 방법을 사용하여 멀티모달 그래프 모델을 설계하고 PyTorch Geometric으로 구현하여 수집한 테이블 형식의 데이터(고객, 카드, 상점)와 시계열 데이터(거래 내역의 시간 속성)를 학습시켜 이상 거래를 탐지할 수 있도록 한다.

## 2025 전기 졸업과제 착수보고서

### 2.3 이상 거래 탐지 시스템 구현

거래가 발생했을 때 이상 거래인지 판별하는 시스템을 구축하고 분석 결과를 관리자가 모니터링할 수 있는 웹 서비스를 구현한다.

## 3. 현실적 제약 사항 분석 결과 및 대책

### 3.1 현실적 제약 사항

#### 3.1.1 데이터 확보의 어려움

금융 거래 데이터는 민감한 개인정보를 포함하고 있어 실제 데이터를 확보하는 것이 매우 어렵다. 기업 또는 기관과의 협력이 필요하지만, 보안 및 규제 문제로 인해 연구용 데이터를 제공받기가 제한적이다.

#### 3.1.2 이상 거래 데이터의 불균형 문제

이상 거래 탐지는 정상 거래 대비 발생 빈도가 극히 낮아, Kaggle 데이터 저장소에서 확보한 데이터에서도 정상 거래와 이상 거래의 비율이 99.85:0.15로 극심한 불균형을 보인다. 데이터 불균형 문제는 모델 학습 시 이상 거래 탐지 성능을 저하시킬 수 있다.

### 3.2 대책

#### 3.2.1 가중치 조정

이상 거래 샘플이 적은 만큼 학습 시 이상 거래에 더 높은 가중치를 부여하는 가중치 조정 방법으로 모델이 이상 거래를 잘 탐지할 수 있도록 한다.

#### 3.2.2 이상 거래 탐지 관점 변화

이상 거래 탐지 자체를 이상치 탐지 문제로 간주하여 정상 거래 데이터만을 사용해 모델을 학습시키고 학습된 모델이 정상 패턴에서 벗어나는 데이터를 이상 거래로 판별하도록 한다.

## 4. 설계 문서

### 4.1 금융 데이터를 활용한 멀티모달 그래프 설계 접근법

## 2025 전기 졸업과제 착수보고서

금융 데이터는 고객, 카드, 상점, 거래 내역 등 다양한 엔터티(Entity)로 구성되며, 각 요소는 테이블 형태의 정형 데이터뿐만 아니라 거래 시간과 같은 시계열 속성도 포함하고 있다. 이러한 이질적인 데이터 유형을 통합적으로 표현하고 복잡한 상호작용을 효과적으로 분석하기 위해 멀티모달 그래프 구조를 활용한다. 본 프로젝트는 이러한 데이터 특성을 반영하여 Heterogeneous Graph 및 Multi-view Graph 접근법을 기반으로 모델을 설계한다.

### 4.1.1 노드 및 엣지 설계

- 노드 유형: 고객, 카드, 상점, 거래 등의 실체(Entity)를 각각 노드로 정의
- 노드 속성
  - 고객: 성별, 연령대, 가입일, 지역, 연봉, 신용점수 등
  - 카드: 카드 유형, 한도, 발급일 등
  - 상점: 업종, 지역, 상점 ID 등
  - 거래: 시간, 금액, 승인 여부 등
- 엣지 유형
  - 고객 ↔ 카드: 소유 관계
  - 카드 ↔ 거래: 사용 관계
  - 거래 ↔ 상점: 결제 관계
  - 거래 ↔ 거래: 시간순 연결 (시계열 연속성 모델링)
- 가중치 부여: 거래 금액, 거래 빈도, 시간 간격 등을 엣지 또는 노드의 속성으로 반영하여 모델이 관계의 강도를 학습할 수 있도록 설정

### 4.1.2 멀티모달 데이터 그래프 설계

- Heterogeneous Graph: 노드 및 엣지 유형이 다양한 그래프 구조로, 각 데이터 유형을 별도의 노드로 분리하고 그들 간의 관계를 정의
- Multi-view Graph: 동일한 노드 집합에 대해 여러 관점(View)을 구성해 각기 다른 유형의 관계(예: 시간 기반, 지역 기반, 사용자 기반 등)를 개별 그래프로 표현하고 최종적으로 통합

## 2025 전기 졸업과제 착수보고서

- Temporal Graph 구조 고려: 시계열 데이터를 고려하여 시간의 흐름에 따른 노드 상태 변화를 반영할 수 있도록 Temporal GNN 구조 설계 가능

### 4.1.3 그래프 신경망(GNN) 기반 학습

- Graph Convolutional Networks (GCN): 노드의 이웃 정보를 활용하여 특징을 학습
- Graph Attention Networks (GAT): 이웃 노드의 중요도를 학습 가능한 가중치로 처리하여 더 정교한 임베딩 생성
- GraphSAGE: 새로운 노드에 대해 임베딩을 생성하는 확장 가능한 방법
- Temporal GNN (TGAT, TGN 등): 시간 정보가 포함된 엣지 혹은 시계열 노드 상태 반영을 위한 모델
- 다양한 GNN 모델을 적용하여 금융 데이터의 복잡한 관계를 학습하고 성능을 비교하여 가장 적합한 모델을 선택

### 4.1.4 대안적 접근법 검토

- 전통적인 머신러닝 기법: 랜덤 포레스트, XGBoost 등으로 기본 이상 거래 탐지 성능 확보
- 다중 입력 뉴럴 네트워크: LSTM, Transformer 등을 활용해 시계열 중심의 접근 수행
- 텐서 융합 네트워크 (Tensor Fusion Network, TFN): 서로 다른 모달 간 상호작용을 텐서 공간에서 결합하여 종합적인 인식 수행

## 4.2 프로젝트 개발 단계

### 4.2.1 문헌 조사 및 요구사항 분석

- 멀티모달 그래프 모델 관련 최신 논문, 사례 조사
- 금융 데이터 특성 분석 및 GNN의 적용 가능성 검토
- 이상 거래 탐지에 필요한 기능 요건 및 비기능 요건 도출

### 4.2.2 데이터 수집 및 전처리

- Kaggle 및 기타 공개 소스에서 금융 거래 데이터셋 수집
- Null 값 처리, 이상치 제거, 범주형 데이터 인코딩 등 정제 작업 수행
- 멀티모달 그래프에 활용 가능하도록 테이블 분리 및 관계 설정
- 시계열 정보는 타임스탬프 정렬, 윈도우 분할, 간격 계산 등 추가 처리

## 2025 전기 졸업과제 착수보고서

### 4.2.3 멀티모달 그래프 구조 설계

- 데이터 분석 결과를 바탕으로 노드 및 엣지 유형 정의
- GNN 학습을 위한 노드 속성, 엣지 속성 설계
- Graph schema 정의 (메타그래프 수준에서의 관계 시각화)
- 다양한 구조(hetero, multi-view, temporal)의 프로토타입 구축

### 4.2.4 GNN 기반 모델 개발

- PyTorch Geometric을 활용한 GCN, GAT, GraphSAGE, TGAT 등 모델 구현
- 모델 구조 실험: 계층 수, 임베딩 크기, attention head 수 등 하이퍼파라미터 튜닝
- 학습 전략 설계: 비지도/지도 학습, 클래스 불균형 대응 등

### 4.2.5 모델 성능 평가

- 평가 지표: Accuracy, Precision, Recall, F1-score, AUC-ROC 등 사용
- 학습/검증/테스트 셋 분리 및 교차 검증 수행
- 기존 이상 거래 탐지 모델과 성능 비교 (전통 ML, CNN, LSTM 기반 모델 등)

### 4.2.6 이상 거래 탐지 서비스 구현

- 백엔드: 모델을 API 형태로 배포 (FastAPI 또는 Spring 사용)
- DB 설계: 이상 거래 탐지 결과 및 원시 데이터를 저장하는 구조 정의
- 프론트엔드: 관리자 대시보드, 이상 거래 탐지 이력, 통계 시각화 페이지 구현 (React 기반)
- 테스트: 샘플 데이터를 활용한 이상 거래 발생 시나리오 테스트 수행

## 4.3 기술 스택

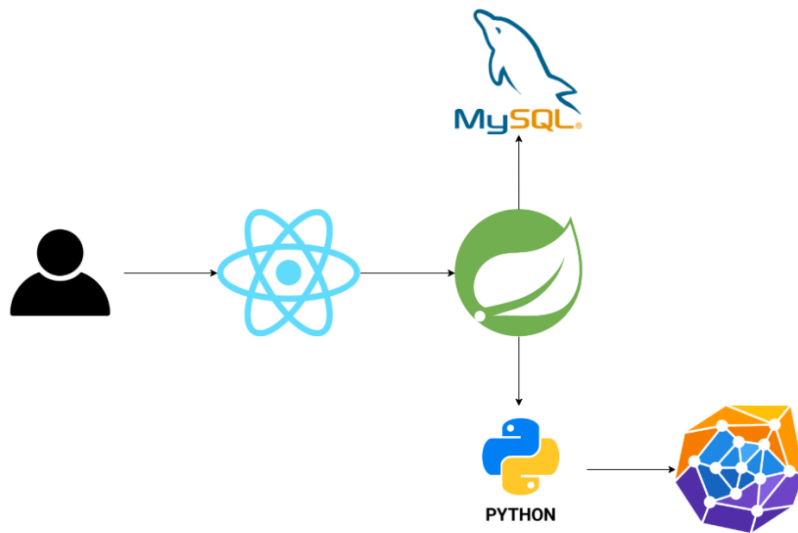
- 프로그래밍 언어: Python, Java
- 머신러닝 프레임워크: PyTorch, TensorFlow
- 그래프 신경망 라이브러리: PyTorch Geometric
- 데이터 분석: Pandas, NumPy, Scikit-learn
- 시각화 도구: Matplotlib, Seaborn



## 2025 전기 졸업과제 착수보고서

- **DBMS:** MySQL, PostgreSQL
- **백엔드 프레임워크:** Spring, FastAPI
- **프론트엔드 프레임워크:** React

### 4.4 시스템 구성도



## 5. 추진 체계 및 일정

업무	4				5				6				7				8				9			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
데이터 수집 및 전처리	■	■	■	■																				
모델 개발 지식 학습			■	■	■	■	■	■																
멀티모달 그래프 모델 개발					■	■	■	■	■	■	■	■												
프론트, 백엔드 개발									■	■	■	■	■	■	■	■								
시스템 연동											■	■	■	■	■	■								
디버깅											■	■	■	■	■	■								
중간보고서 작성													■	■	■	■								
개선 사항 분석											■	■	■	■	■	■								

# 2025 전기 졸업과제 착수보고서

[illegible]

## 6. 구성원 역할

조원	역할
배근호	<p>그래프 모델 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- PyG 라이브러리를 사용하여 그래프 모델 개발 및 테스트</li> </ul> <p>백엔드 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 데이터베이스 및 API 설계</li> <li>- Spring을 사용하여 백엔드 개발</li> </ul>
추민	<p>그래프 모델 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- PyG 라이브러리를 사용하여 그래프 모델 개발 및 테스트</li> </ul> <p>프론트 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 웹 서비스 UI 디자인 및 설계</li> <li>- React를 사용하여 프론트엔드 개발</li> </ul>
윤소현	<p>그래프 모델 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- PyG 라이브러리를 사용하여 그래프 모델 개발 및 테스트</li> </ul> <p>백엔드 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 데이터베이스 및 API 설계</li> <li>- Spring을 사용하여 백엔드 개발</li> </ul>
공통	자료 조사, 데이터 수집 및 전처리, 보고서 작성