

이상거래 탐지 기법의 성능 비교 연구

김민석*, 박상현**

*연세대학교 컴퓨터과학과

e-mail : minseokkim@yonsei.ac.kr

A Performance Comparison Study of Fraud Detection Techniques

Minseok Kim*, Sanghyun Park**

*Dept of Computer Science, Yonsei University

요약

금융 산업, IT 기술의 발전과 이를 융합한 펍테크 사업의 활성화에 따라 전자금융거래의 규모가 지속적으로 증가하고 있다. 이에 따라 다양한 사기 결제나 부정 결제의 위험도 증가하고 있다. 그래서 이러한 위험을 사전에 예방하기 위해 데이터 마이닝 기법을 이용한 이상거래 탐지 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 연구에서는 데이터 마이닝을 이용한 이상거래 탐지 연구 동향을 살펴보고, 세부 응용 영역별(신용카드, 보험, 기타금융)로 최적의 성능을 보이는 기법을 비교 분석하였다. 이러한 연구의 결과는 이상거래 탐지 시스템에 대한 최신 연구 동향을 이해하고, 다양한 전자금융거래에 적용할 수 있는 범용(General-purpose) 이상거래 탐지 기술 연구에 큰 도움이 될 것으로 기대된다.

1. 서론

금융 산업, IT 기술의 발전과 이를 융합한 펍테크(Fintech) 사업의 활성화에 따라 전자금융거래의 규모가 지속적으로 증가하고 있다. 이와 함께, 피싱(Phishing), 파밍(Pharming) 및 개인정보 유출 등으로 인해 인터넷, 스마트폰뱅킹 및 텔레뱅킹을 이용한 이상 전자금융 사고 발생이 높아지면서 이를 사전에 예방할 수 있는 이상거래 탐지 시스템(FDS) 구축이 금융 산업 전반으로 확산되고 있다.

현재 금융권 대부분의 FDS는 룰 기반(Rule-based)으로 이상거래를 탐지하고 있다. 룰 기반의 보안 시스템은 사람이 사전에 정의한 가설을 기반으로 탐지하기 때문에, 해커나 사기꾼들의 행위에 대한 사전적 대응이 어렵다는 한계점이 있다.

반면 데이터 마이닝을 이용한 이상거래 탐지는 대량의 데이터로부터 유의미한 규칙을 찾을 수 있고 시스템이 고성능화됨에 따라 계산량이 많이 필요한 단점을 극복할 수 있으므로 현재 이를 이용한 많은 연구가 진행 중이다 [2]. 또한 빅데이터 분석 기법이 발전하여 다양한 데이터 마이닝 기법이 제공 및 생산되고 있다.

본 연구에서는 데이터 마이닝을 이용한 주요한 이상거래 탐지 연구 동향을 살펴보고, 신용카드, 보험, 기타금융 등의 세부 응용 영역(Domain)별로 최적의 성능을 보이는 기법을 비교 분석하였다.

* 이 논문은 2015년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2015R1A2A1A05001845).

† 교신 저자 : sanghyun@yonsei.ac.kr

2. 관련 연구

이상거래 탐지를 위해 다양한 데이터 마이닝 기법을 적용한 기계학습(Machine Learning) 연구가 활발히 진행되어 왔다 [2]. 또한, 이러한 이상거래 탐지 기술을 신용카드사기, 보험사기, 기타금융사기 등, 금융 산업의 세부 응용 영역별로 연구가 진행되고 있다 [3]. 그 중에서 널리 알려져 있는 주요한 데이터 마이닝 기법을 이용한 이상거래 탐지 연구를 살펴보기로 한다.

Logistic Regression 알고리즘은 분석하고자 하는 대상들이 두 집단 혹은 그 이상의 집단으로 나누어진 경우 개별 관측치들이 어느 집단에 분류될 수 있는 가를 분석하고 이를 예측하는 모형을 개발하는데 사용되는 통계 기법이다. 이 기법은 이상거래 탐지 연구에 자주 사용되며, 타 알고리즘과 성능 비교를 위해서도 자주 사용된다 [4, 5].

Decision Tree는 여러 가지 분류 조건을 통해서 발견된 의사결정 규칙을 트리 구조화하여 결과를 예측하는 모델로, 신용카드 세부 영역에서 Neural Networks나 Logistic Regression과 성능 비교에 적용되었다 [7]. 회귀 및 분석 트리(CART)도 Decision Tree의 일종이다 [6].

Random Forest는 여러 개의 의사결정 트리를 임의적으로 학습하는 방식의 앙상블 방법으로, 크게 다수의 결정 트리를 구성하는 학습 단계와 입력 벡터가 들어왔을 때, 분류하거나 예측하는 테스트 단계로 구성되어 있다. 여러 알고리즘과 비교하여 Random Forest 기법의 우수성을 연구하기도 하였다 [5].

SVM(Support Vector Machine)은 주어진 데이터 집합

을 바탕으로 하여 새로운 데이터가 어느 카테고리에 속할지 판단하는 비확률적 이진 선형 분류 모델을 만든다. 만들어진 분류 모델은 데이터가 사상된 공간에서 경계로 표현되는데 SVM 알고리즘은 그 중 가장 큰 폭을 가진 경계를 찾는 알고리즘이다. 학습에 시간이 걸리지만 정확도가 높아 많은 이상거래 탐지 연구에 사용되고 있다 [5, 8].

Neural Networks는 생물학의 신경망에서 영감을 얻은 통계학적 학습 알고리즘이다. 시냅스의 결합으로 네트워크를 형성한 인공 뉴런(노드)이 학습을 통해 시냅스의 결합 세기를 변화시켜, 문제 해결 능력을 가지는 모델 전반을 가리킨다. CNN(Convolutional Neural Network), RNN(Re current Neural Networks), LSTM(Long Short-Term Memory) 등 다양한 기술로 발달하여, 금융 분야의 다양한 세부 영역에서 활발히 연구되고 있다 [6, 13].

K-Nearest Neighbors는 새로운 데이터가 들어왔을 때 기존의 데이터와 비교하여 얼마만큼의 연관 관계가 있느냐에 차안하여 만들어진 기법이다. 새로운 입력 데이터와 기존 데이터들 간의 거리를 구하여 가장 비슷한 속성을 가진 집합으로 할당한다 [13].

Hybrid Methods는 앞에서 설명한 여러 전통 기법들을 결합하여 특정한 분야에서 더 나은 결과를 예측할 수 있도록 수행하는 방법이다. Hybrid Methods는 다양한 방법으로 구성될 수 있으며, 기타금융(재무제표) 세부 영역에서 텍스트 마이닝과 SVM, Decision Tree 등을 결합하여 이상거래 탐지를 수행하였다 [9].

3. 성능 평가 지표

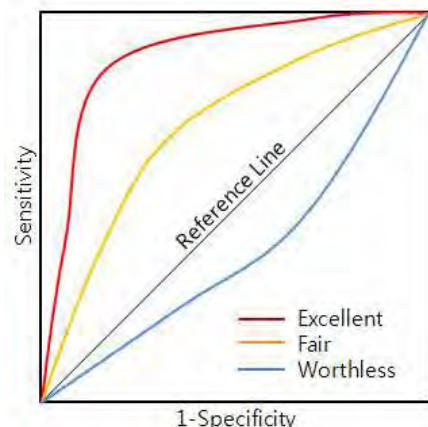
데이터 마이닝 기법의 성과를 평가하는 대표적인 지표로는 정확도(Accuracy), 민감도(Sensitivity), 특이도(Specificity), 정밀도(Precision) 등이 있다. <표 1>을 사용한 각 지표의 계산법은 다음과 같다. 그 중에서도 정확도가 보편적으로 많이 사용되고 있는 지표이다.

<표 1> 혼동행렬(Confusion Matrix)

	예측값 True	예측값 False
실제값 Positive	True Positive(TP)	False Negative(FN)
실제값 Negative	False Positive(FP)	True Negative(TN)

- 정확도(Accuracy) = $(TP+TN)/(TP+FP+TN+FN)$
- 민감도(Sensitivity) = $TP/(TP+FN)$
- 특이도(Specificity) = $TN/(FP+TN)$
- 정밀도(Precision) = $TP/(TP+FP)$

AUC 지표는 정확도보다 더 나은 측정 지표로 알려져 있으며 [14], (그림 1)의 ROC Curve를 통한 하단의 면적으로 성능을 평가하여 1에 가까울수록 높은 성능을 나타낸다. 본 연구에서는 이러한 평가 지표를 사용하여 성능을 비교 분석을 진행하였다.



(그림 1) ROC Curve 그래프 [1]

<표 2> 비교 논문 분류

분류	관련 논문	데이터 마이닝 기술
신용카드	[4]	Logistic Regression Support Vector Machine Random Forest
	[11]	Logistic Regression Random Forest Neural Networks
보험	[12]	Logistic Regression Hybrid Methods
	[13]	Logistic Regression Support Vector Machine Neural Networks K-Nearest Neighbors
기타금융 (재무제표)	[5]	Logistic Regression Support Vector Machine Random Forest K-Nearest Neighbors Decision Tree
	[10]	Logistic Regression Support Vector Machine Neural Networks

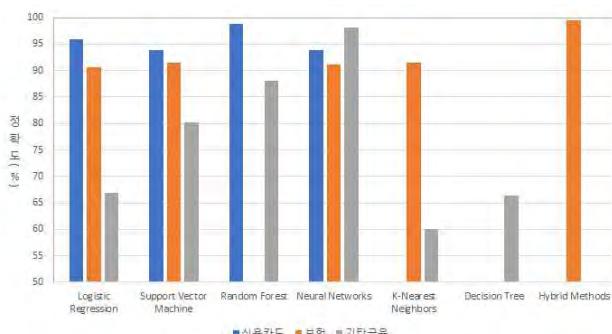
4. 비교 분석

2절에서 살펴본 기법 외에도 다양한 데이터 마이닝 기법으로 이상거래 탐지를 예측하는 연구가 활발히 진행 중이다. 이런 수많은 논문들 중에서 <표 2>처럼 인용수가 높으면서 여러 기법으로 짚어 있는 실험을 진행한 대표 논문을 각각 2개씩 선정하여 성능을 비교 분석하였다. 특히, 금융 분야 중에서 가장 많이 연구되고 있는 신용카드,

보험, 기타금융(재무제표)의 세부 응용 영역으로 분류하였다.

성과를 평가하는 지표 중에서 정확도가 가장 일반적으로 사용되는 지표이므로 우선적으로 정확도를 이용한 결과를 비교하였다. 성과 결과는 각 논문에서 제시한 가장 성능이 좋은 결과값을 사용하였으며, 세부 응용 영역별 2개의 대표 논문에서 중복으로 사용한 기법에 대해서는 더 우수한 결과값을 선택하였다.

(그림 2)는 세부 영역별로 데이터 마이닝 기법의 성능 정확도 결과를 나타낸 것이다. 먼저, 신용카드 영역을 살펴보면 Logistic Regression, SVM, Random Forest, Neural Networks 모두 높은 성능을 보이는 것을 확인할 수 있다. 그 중에서도 Random Forest와 Logistic Regression에서 98.7%, 95.9%로 더 나은 성능을 보인다. 보험 영역에서는 여러 기법에 대체적으로 좋은 성능을 보이지만, Hybrid Methods에서 99.5%의 정확도로 최고의 성능을 보이고 있다. 여기서 Hybrid Methods는 Bayesian Logic에 Logistic Regression을 더하는 방법이 사용되었다. 기타금융 영역에서는 Neural Networks에서 98.1%의 높은 성과를 보이는데 반해 타 기법에서는 상대적으로 낮은 성과를 보이고 있다.



(그림 2) 성과 정확도(Accuracy)

다음으로, 정확도에서 높은 성능을 보인 기법에 AUC(Area Under the ROC Curve) 지표를 추가적으로 살펴보았다. 신용카드 영역에서 높은 정확도를 보인 Random Forest와 Logistic Regression의 AUC는 각각 0.953, 0.942로 높은 성능을 보이고 있다. 기타금융 영역에서 높은 성능을 보인 Neural Networks의 AUC는 0.9809로 정확도와 동일하게 최고의 성능 결과를 보여준다. 보험 영역에서 높은 성과를 보인 Hybrid Methods에 대한 AUC 수치는 명확하게 표시하고 있지만, ROC Curve를 통해 높은 성과를 보여주고 있다 [12]. 이처럼 각 세부 응용 영역에서 정확도 및 AUC에서 높은 성과를 보여주는 기법이 다르게 분포되어 있음을 알 수 있다.

그리고, (그림 2)을 자세히 살펴보면 Neural Networks 가 3가지 세부 영역 모두에서 90%이상의 높은 성능을 보이고 있음을 알 수 있다. 세부 영역의 데이터 특성에 따라

최적의 성능을 보이는 기법이 존재하지만, Neural Networks 기법은 세부 영역의 특성에 상관없이 골고루 좋은 성능을 보인다. 그러므로 Neural Networks 기법을 토대로 하여 금융 산업 전 분야에 적합한 범용(General-purpose) 단일 기법 연구를 제안할 수 있다.

5. 결론

전자금융거래 기술이 발달하면서 이를 이용한 사기행위로 전자금융 사고 발생이 증가하고 있다. 그래서 이런 사기 행위를 사전에 예방하기 위해 데이터 마이닝 기법을 이용한 이상거래 탐지 연구가 활발히 진행되고 있다. 또한 빅데이터 분석 기법이 발전하여 다양한 데이터 마이닝 기법이 제공 및 생산되고 있다.

본 연구에서는 데이터 마이닝을 이용한 주요한 이상거래 탐지 연구 동향을 살펴보고, 신용카드, 보험, 기타금융 등의 세부 응용 영역별로 최적의 성능을 보이는 기법을 비교 분석하였다. 그 결과 신용카드 영역에서는 Random Forest와 Logistic Regression, 보험 영역에서는 Hybrid Methods, 기타금융 영역에서는 Neural Networks에서 높은 성과를 보임을 알 수 있다. 이는 세부 영역의 데이터 특성에 따라 최적의 성능을 보이는 기법이 다르게 존재한다고 판단하였다. 그리고, Neural Networks 기법은 세부 영역의 특성에 상관없이 각 세부 영역에 골고루 좋은 성능을 보이는 결과를 보인다. 그러므로 금융 산업 전 분야의 이상거래 탐지에 적합한 범용 단일 기법 연구에 Neural Networks 기법이 좋은 토대가 될 것으로 기대한다.

참고문헌

- [1] http://www.cbgstat.com/method_ROC_curve/ROC_curve.php
- [2] 정성훈, 김하나, 신영상, 이태진, 김휘강, "결제로그 분석 및 데이터 마이닝을 이용한 이상거래 탐지 연구 조사" 정보보호학회논문지, 2015.
- [3] 전병국, 김태훈, 최소윤, 안현철, "사기 탐지에 대한 데이터 마이닝 문헌 연구와 분류 프레임워크", 한국지능정보시스템학회학술대회, 2014.
- [4] Siddhartha Bhattacharyya, Sanjeev Jha, Kurian Tharakunnel, J.Christopher Westland, "Data mining for credit card fraud: A comparative study", Decision Support Systems, Vol. 50, pp. 602–613, 2011.
- [5] Chengwei Liu, Yixiang Chan, Syed Hasnain Alam Kazmi & Hao Fu, "Financial Fraud Detection Model: Based on Random Forest", International Journal of Economics and Finance, Vol. 7, 2015.
- [6] Efstatios Kirkos, Charalambos Spathis, Yannis Manolopoulos, "Data Mining techniques for the detection of fraudulent financial statements", Expert Systems with Applications, Vol. 32 pp. 995–1003, 2007.

- [7] Aihua Shen, Rencheng Tong, Yaochen Deng, "Application of Classification Models on Credit Card Fraud Detection", Service Systems and Service Management, pp. 1–4, 2007.
- [8] Sharmila Subudhi, Suvasini Panigrahi, "Quarter-Sphere Support Vector Machine for Fraud Detection in Mobile Telecommunication Networks", Procedia Computer Science, Vol. 48, pp. 353–359, 2015.
- [9] Sean L. Humpherys, Kevin C. Moffitt, Mary B. Burns, Judee K. Burgoon, William F. Felix, "Identification of fraudulent financial statements using linguistic credibility analysis", Decision Support Systems, Vol. 50, pp. 585–594, 2011.
- [10] P.Ravisankar, V.Ravi, G.Raghava Rao, I.Bose, "Detection of financial statement fraud and feature selection using data mining techniques", Decision Support Systems, Vol. 50, No. 2, pp. 491–500, 2011.
- [11] Véronique Van Vlasselaer, Cristián Bravo, Olivier Caelen, Tina Eliassi-Rad, Leman Akoglu, Monique Snoeck, Bart Baesens, "APATE: A novel approach for automated credit card transaction fraud detection using network-based extensions", Decision Support Systems, 2015.
- [12] Ll. Bermudez, J.M. Perez, M. Ayuso, E. Gomez, F.J. Vazquez, "A Bayesian dichotomous model with asymmetric link for fraud in insurance", Insurance: Mathematics and Economics Vol. 42 pp. 779–786, 2008.
- [13] Stijn Viaene, Richard A. Derrig, Bart Baesens, Guido Dedene, "A Comparison of State-of-the-Art Classification Techniques for Expert Automobile Insurance Claim Fraud Detection", The Journal of Risk and Insurance, Vol. 69, No. 3, pp. 373–421, 2002.
- [14] Charles X. Ling, Jin Huang, and Harry Zhang, "AUC: A Better Measure than Accuracy in Comparing Learning Algorithms", Advances in Artificial Intelligence, pp. 329–341, 2003.