UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Pengembangan Model Ekstraksi Fitur Korelasi Berbasis Graph Attention Network dengan Mutual Information untuk Deteksi Anomali Deret Waktu Multivariat
La Fajrin, Dr. Agus Sihabuddin, S.Si., M.Kom.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

INTISARI

Pengembangan Model Ekstraksi Fitur Korelasi Berbasis *Graph Attention Network* dengan *Mutual Information* untuk Deteksi Anomali Deret Waktu Multivariat

Oleh
La Fajrin
24/535994/PPA/06772

Pada deteksi anomali deret waktu multivariat, *Graph Attention Network* (GAT) digunakan untuk memodelkan keterkaitan antarfitur sebelum representasi data diproses oleh model deteksi anomali. Namun penggunaan GAT dengan struktur graf lengkap memungkinkan setiap fitur menerima informasi dari seluruh fitur lainnya, termasuk dari relasi yang memiliki tingkat ketergantungan rendah. Kondisi tersebut berpotensi meningkatkan agregasi informasi yang kurang relevan, memperluas penyebaran *noise*, dan mendorong keseragaman representasi (*over-smoothing*), sehingga kemampuan model dalam membedakan pola normal dan anomali dapat berkurang.

Penelitian ini mengusulkan mekanisme GAT berbasis *Mutual Information* (MI) dan *residual* adaptif untuk deteksi anomali deret waktu multivariat. MI digunakan untuk mengatur kontribusi relasi antarfitur berdasarkan tingkat ketergantungan statistiknya, sehingga relasi yang lebih kuat dapat memperoleh pengaruh lebih besar, sedangkan relasi yang lebih lemah dapat dikurangi kontribusinya tanpa menghapus koneksi secara langsung. Parameter *residual* adaptif yang bersifat *learnable* digunakan untuk mengendalikan keseimbangan antara representasi asli data dan representasi hasil agregasi GAT. Representasi tersebut selanjutnya diproses menggunakan dua *Variational Autoencoder* berbasis *Bidirectional Gated Recurrent Unit* dalam kerangka pelatihan *adversarial* untuk menghasilkan skor anomali.

Evaluasi pada lima *dataset*, yaitu SMD, SWaT, WADI, SMAP, dan MSL, menunjukkan bahwa metode yang diusulkan meningkatkan kinerja dibandingkan *baseline* utama berbasis GAT. Nilai *F1-score* meningkat dari 79,92% menjadi 83,62% pada SMD, dari 89,73% menjadi 94,04% pada SWaT, dari 82,16% menjadi 85,13% pada WADI, dari 69,07% menjadi 70,09% pada SMAP, serta dari 84,86% menjadi 87,83% pada MSL. Hasil tersebut menunjukkan bahwa mekanisme pengaturan relasi antarfitur yang dikembangkan dapat meningkatkan kinerja *baseline* utama, meskipun besar peningkatannya berbeda sesuai dengan karakteristik masing-masing *dataset*.

Kata kunci: deteksi anomali, graph neural network, mutual information, pelatihan adversarial, data deret waktu, multivariat

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Pengembangan Model Ekstraksi Fitur Korelasi Berbasis Graph Attention Network dengan Mutual Information untuk Deteksi Anomali Deret Waktu Multivariat
La Fajrin, Dr. Agus Sihabuddin, S.Si., M.Kom.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

ABSTRACT

A Mutual Information-Guided Graph Attention Network for Correlation Feature Extraction in Multivariate Time-Series Anomaly Detection

by

La Fajrin

24/535994/PPA/06772

In multivariate time-series anomaly detection, Graph Attention Networks (GATs) are commonly used to model relationships among features before the resulting representations are processed by an anomaly detection model. However, the use of GATs with a fully connected graph allows each feature to receive information from all other features, including those with low statistical dependence. This condition may increase the aggregation of less relevant information, facilitate *noise* propagation, and promote representation homogenization (*over-smoothing*), thereby reducing the model's ability to distinguish normal patterns from anomalous ones.

This study proposes a GAT mechanism guided by Mutual Information (MI) and an adaptive *residual* parameter for multivariate time-series anomaly detection. MI is used to regulate the contribution of inter-feature relationships according to their statistical dependence, allowing stronger relationships to exert greater influence while reducing the contribution of weaker relationships without explicitly removing their connections. A *learnable* adaptive *residual* parameter is employed to control the balance between the original representation and the representation produced by GAT aggregation. The resulting representation is subsequently processed by two Variational Autoencoders based on Bidirectional Gated Recurrent Units within an adversarial training framework to generate anomaly scores.

Evaluation on five benchmark datasets, namely SMD, SWaT, WADI, SMAP, and MSL, shows that the proposed method improves detection performance compared with the main GAT-based baseline. The *F1-score* increased from 79,92% to 83,62% on SMD, from 89,73% to 94,04% on SWaT, from 82,16% to 85,13% on WADI, from 69,07% to 70,09% on SMAP, and from 84,86% to 87,83% on MSL. These results indicate that the proposed mechanism for regulating inter-feature relationships can improve the performance of the main baseline, although the magnitude of improvement varies according to the characteristics of each dataset.

Keywords: anomaly detection, graph neural network, mutual information, adversarial training, time-series data, multivariate