UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Pembobotan Adaptif Berbasis Graf dengan Pendekatan Atensi dan Inferensi Asimtotik pada Regresi Terboboti Geografis
Kurniawan Chandra Wijaya, Prof. Dr. Abdurakhman, S.Si., M.Si.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

INTISARI

PEMBOBOTAN ADAPTIF BERBASIS GRAF DENGAN PENDEKATAN ATENSI DAN INFERENSI ASIMTOTIK PADA REGRESI TERBOBOTI GEOGRAFIS

Oleh

Kurniawan Chandra Wijaya

22/497908/PA/21466

Dalam banyak fenomena ekonomi dan sosial, hubungan antarvariabel tidak berlaku seragam, tetapi bervariasi secara geografis. Model regresi terboboti geografis konvensional menggunakan fungsi jarak tetap dengan asumsi pengaruh spasial yang seragam ke semua arah, sehingga tidak dapat menangkap struktur ketergantungan spasial yang kompleks dan beragam antarwilayah. Penelitian ini mengembangkan model *Graph Attention-based Geographically Weighted Regression* (GA-GWR) yang mengintegrasikan jaringan saraf berbasis graf ke dalam kerangka regresi geografis untuk mempelajari bobot spasial secara adaptif dari data melalui mekanisme atensi. Sifat-sifat asimtotik estimator koefisien lokal diturunkan dengan skema *cross-fitting* untuk mengatasi endogenitas bobot, serta estimator variansi White-*robust* untuk menjamin validitas inferensi. Validasi melalui studi simulasi dengan 3.600–22.500 observasi panel spasial menunjukkan keunggulan GA-GWR, mencapai $R^2 = 0{,}9806$ dan rata-rata RMSE koefisien $0{,}1158$, jauh mengungguli GWR Gaussian. Keunggulan ini terbukti pula pada aplikasi nyata. Pada studi kasus PDB per kapita 148 negara periode 2019–2022 dari World Bank Indicators, GA-GWR mencapai $R^2 = 0{,}8600$ pada data uji, melampaui GWR Tricube dan OLS. Hasil analisis terhadap determinan kesejahteraan ekonomi mengungkap heterogenitas geografis yang signifikan. Perdagangan internasional dan akses internet menunjukkan efek positif yang sangat bervariasi antarnegara, dengan elastisitas perdagangan tinggi di negara maju, tetapi lemah di negara berkembang. Secara keseluruhan, GA-GWR menyediakan kerangka analisis yang fleksibel untuk memahami variasi spasial dalam fenomena ekonomi regional dengan jaminan validitas inferensi.

Kata Kunci: *Geographically Weighted Regression*, *Graph Attention Networks*, inferensi asimtotik, *cross-fitting*, PDB per kapita.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Pembobotan Adaptif Berbasis Graf dengan Pendekatan Atensi dan Inferensi Asimtotik pada Regresi Terboboti Geografis
Kurniawan Chandra Wijaya, Prof. Dr. Abdurakhman, S.Si., M.Si.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

ABSTRACT

GRAPH-BASED ADAPTIVE WEIGHTING WITH AN ATTENTION-INSPIRED APPROACH AND ASYMPTOTIC INFERENCE IN GEOGRAPHICALLY WEIGHTED REGRESSION

By

Kurniawan Chandra Wijaya

22/497908/PA/21466

In many economic and social phenomena, the relationship between variables does not hold uniformly across all regions. Conventional geographically weighted regression models rely on fixed distance functions with uniform spatial assumptions in all directions, limiting their ability to capture complex and spatially heterogeneous dependencies. This study develops Graph Attention-based Geographically Weighted Regression (GA-GWR) that integrates graph neural networks into the geographic regression framework to learn adaptive spatial weights directly from data through attention mechanisms. Asymptotic properties of the local coefficient estimator are established using cross-fitting to address weight endogeneity, with White-robust variance estimators ensuring valid statistical inference. Validation through simulation studies with 3,600–22,500 spatial panel observations demonstrates GA-GWR's superiority, achieving $R^2 = 0.9806$ with mean coefficient RMSE of 0.1158, substantially outperforming Gaussian GWR. This advantage persists in real-world application: analyzing global GDP per capita of 148 countries during 2019–2022 from World Bank Indicators, GA-GWR achieves test $R^2 = 0.8600$, surpassing Tricube GWR and OLS. The analysis reveals significant geographic heterogeneity in economic determinants, with international trade and internet access showing spatially varying positive effects—high trade elasticity in developed countries but weaker effects in developing nations. Overall, GA-GWR provides a flexible analytical framework for understanding spatial variation in regional economic phenomena with guaranteed inference validity.

Keywords: Geographically Weighted Regression, Graph Attention Networks, asymptotic inference, cross-fitting, GDP per capita.