

정규화 이동 창 회귀를 활용한 무역 개방도와 경제성장의 시변적 관계 분석

최 인 수*

Time-Varying Relationship between Trade Openness and Economic Growth: Evidence from Regularized Rolling-Window Regression

Insu Choi*

요 약

본 연구는 L1과 L2 벌칙항을 결합한 적응적 축소 추정량을 10년 이동 창 기법에 적용하여 무역 개방도와 경제성장 간 관계의 시변적 특성을 분석한다. 이 추정량은 적응적 가중치를 통해 잡음이 큰 소표본 창에서의 과적합을 억제한다. 세계은행 WDI에서 추출한 126개국 64년간(1961 - 2024년)의 패널 자료로 5,519개의 국가-시기별 계수를 추정한 결과, 무역-성장 관계는 시기와 국가에 따라 달라지는 시변적 현상으로 확인되었다. 평균 계수는 2010년대 이후 유의하게 상승하였고 대륙 간·국가 간 이질성이 상당하였다. 단일 변수 설정임을 고려할 때 추정 계수는 조건부 연관성으로 해석되어야 한다. 본 연구는 정규화 기계학습과 이동 창의 결합이 대규모 패널 자료의 시변 관계 추출에 효과적임을 제시한다.

Abstract

This study applies an adaptive shrinkage estimator combining L1 and L2 penalties within a ten-year rolling-window framework to analyze the time-varying relationship between trade openness and economic growth. Adaptive weights derived from a first-stage fit limit overfitting in short and noisy windows. Estimating 5,519 country-period coefficients from a World Bank WDI panel of 126 countries over 64 years (1961 - 2024), we find that the trade-growth relationship varies substantially across periods and countries: the mean coefficient rises markedly from the 2010s onward, with pronounced heterogeneity across continents and individual economies. Given the single-regressor specification, the coefficients are conditional associations rather than causal effects. The findings show that combining regularized machine learning with rolling-window estimation effectively extracts time-varying relationships from large-scale panel data.

Keywords

trade openness, economic growth, rolling window, adaptive shrinkage, time-varying coefficient

* 가천대학교 금융·빅데이터학부 조교수
- ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2596-7368>

• Received: Apr. 10, 2026, Revised: Apr. 24, 2026, Accepted: Apr. 27, 2026
• Corresponding Author: Insu Choi
Dept. of Finance and Big Data, Gachon University
Tel.: +82-31-750-5405, Email: ischoi@gachon.ac.kr

1. 서 론

무역 개방도와 경제성장 간의 관계는 국제경제학의 핵심 연구 주제 중 하나이다. Ricardo[1]의 비교우위론 이래로 무역 자유화가 자원 배분의 효율성을 제고하고 기술 확산을 촉진하여 경제성장에 기여한다는 이론적 예측은 광범위하게 수용되어 왔다. 그러나 실증 분석에서 이 관계는 일관된 결론에 도달하지 못하고 있다. Sachs와 Warner[2]는 개방 경제가 폐쇄 경제 대비 유의하게 높은 성장률을 기록한다는 양(+)의 관계를 보고한 반면, Rodriguez와 Rodrik[3]은 개방도 측정의 내생성 문제와 정책 변수 간 다중공선성을 지적하며 이러한 결과의 강건성에 의문을 제기하였다.

기존 연구의 주요 한계는 크게 두 가지로 요약된다. 첫째, 대부분의 횡단면 또는 고정효과 패널 분석은 무역-성장 관계가 분석 기간 전체에 걸쳐 안정적이라는 암묵적 가정에 기초한다. 그러나 국제 무역 질서는 1970년대 석유위기, 1980년대 말 위싱턴 합의의 성립과 1990년대 구조조정[4], 1990년대 WTO 체제 출범, 2000년대 세계 금융위기, 2010년대 이후 무역분쟁 및 감염병 대유행 등 상이한 정책 체제를 경험하였으며, 이에 따라 무역과 성장의 관계 역시 시간에 따라 변동할 가능성이 크다. 둘째, 최소자승법(OLS, Ordinary Least Squares) 또는 2단계 최소자승법(2SLS, Two-Stage Least Squares) 등 전통적 추정법은 다수 국가의 이질적 계수를 하나의 대표 계수로 압축함으로써 국가 간 구조적 차이를 포착하지 못한다.

본 연구는 이러한 한계를 극복하기 위해 이동 창(Rolling window) 방법론을 채택한다. 각 국가에 대해 10년 이동 창을 설정하고, 창 내의 관측치를 이용하여 무역-성장 계수를 반복 추정함으로써 시간에 따른 관계의 변화를 포착한다. 추정 방법으로는 Zou와 Hastie[5]의 엘라스틱넷에 Zou[6]의 적응적 가중 전략을 결합한 적응적 엘라스틱넷(AEN, Adaptive Elastic Net)을 채택한다. AEN은 L1과 L2 벌칙항을 결합하여 변수 선택과 축소를 동시에 수행하며, 적응적 가중치를 통해 오라클 성질(Oracle property)을 만족시킨다. 이는 단일 설명변수 설정에서도 잡음이

큰 패널 자료의 과적합을 억제하고 안정적인 계수 추정치를 산출하는 데 유용하다.

본 연구의 기여는 다음과 같다. 첫째, 126개국 64년간의 패널 자료에 10년 이동 창 AEN을 적용하여 5,519개의 국가-시기별 무역-성장 계수를 추정함으로써 이 관계의 시간적·공간적 이질성을 체계적으로 규명한다. 둘째, 부트스트랩 추론을 통해 개별 계수의 통계적 유의성을 평가하여 단순한 점추정을 넘어선 추론적 근거를 제시한다. 셋째, 대륙별·시기별 비교 분석을 통해 무역과 성장의 연관성이 어떤 조건 하에서 관측되는지를 실증적으로 탐색한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제2장에서 선행 연구를 고찰하고, 제3장에서 자료 및 방법론을 기술한다. 제4장에서 실증 분석 결과를 제시하고, 제5장에서 고찰한 후, 제6장에서 결론을 맺는다.

II. 선행연구 고찰

2.1 무역 개방도와 경제성장

무역과 성장의 관계에 대한 실증 문헌은 크게 세 시기로 구분된다. 제1세대 연구(1990년대)는 횡단면 회귀분석에 기초하였다. Sachs와 Warner[2]는 개방도 변수를 구성하여 개방 경제의 우월한 성장 실적을 보고하였으며, Wacziarg와 Welch[7]은 Sachs-Warner의 개방도 지표를 업데이트하여 무역 자유화와 성장 간의 양(+)의 관계를 재확인하였다. Edwards[8]는 9개의 상이한 개방도 지표를 활용하여 무역과 총요소생산성 성장 간의 양(+)의 관계를 확인하였다. 그러나 이 연구들은 개방도 측정의 자의성과 누락변수 편의로부터 자유롭지 못하다는 비판을 받았다[3].

제2세대 연구(2000년대)는 내생성 통제를 위해 도구변수 및 자연실험 접근법을 도입하였다. Frankel과 Romer[9]는 중력모형의 적합값을 도구변수로 활용하여 무역의 인과적 성장 효과를 추정하였으나, 지리적 변수 자체가 성장에 직접 영향을 미칠 수 있다는 배제제약 위반 가능성이 제기되었다. Dollar와 Kraay[10]는 세계화 참여국의 성장 실적을 비교하여 무역 확대와 성장의 양(+)의 관계를 주장하였

으나, 세계화 참여국의 분류 기준이 결과에 따라 결정되는 순환논법의 문제가 지적되었다.

제3세대 연구(2010년대 이후)는 이질적 효과의 규명으로 전환하고 있다. Chang, Kaltani, Loayza[11]는 무역 자유화가 성장에 미치는 효과가 교육 투자·금융 심화·거시 안정성·거버넌스 등 보완적 개혁 수준에 조건부임을 실증적으로 규명하였다. Estevadeordal과 Taylor[12]는 관세 인하의 성장 효과가 중간재 관세에 집중되어 있음을 보고하여 무역의 성장 경로가 투입재 다양화를 통함을 시사하였다. 최근 Duernecker et al.[13]은 무역 네트워크의 구조적 통합도를 활용하여 204개국의 무역-성장 관계를 분석하였으며, 전통적 개방도 지표 대비 네트워크 기반 지표가 성장과 더 강한 연관성을 보임을 보고하였다. 그러나 이상의 연구들은 무역-성장 관계의 시간적 변동을 명시적으로 분석하지 않았다는 공통적 한계를 지닌다.

2.2 이동 창 방법론과 시변 계수 추정

시불변 가정을 완화하여 경제적 관계의 구조적 변화를 포착하는 방법론으로 이동 창 회귀가 활발히 활용되어 왔다. 이 접근법은 고정된 창 크기 내에서 반복적으로 회귀를 수행함으로써 계수의 시간적 변동을 파악할 수 있다는 장점을 지닌다. 국제금융 분야에서는 자본 이동성의 시간적 변화를 추적하는 데 널리 적용되었으며[14], 거시경제학에서는 필립스 곡선의 기울기 변화 등을 분석하는 데 활용되었다. 최근 Choi와 Kim[15]은 이동 창 기법을 Feldstein-Horioka 퍼즐에 적용하여 102개국의 저축-투자 관계가 국가 및 시기에 따라 상이하게 나타남을 실증하였으며, 정규화 상호정보량을 활용하여 선형 상관이 포착하지 못하는 비선형 의존성까지 분석한 바 있다. 또한 Choi[16]는 동일 계열의 적응적 축소 추정량을 10년 이동 창에 결합하여 Feldstein-Horioka 퍼즐에 적용한 바 있으며, 본 연구는 이를 저축-투자가 아닌 무역-성장 관계에 적용하고 분석 범위를 126개국·1961 - 2024년으로 확장한다는 점에서 구별된다. 그러나 무역-성장 관계에 이동 창 기법을 적용한 연구는 극히 제한적이며, 이는 본 연구가 기여하는 핵심적 공백이다.

2.3 기계학습 및 정규화 기법의 경제 자료 적용

거시경제 및 금융 지표의 예측·분석에 기계학습 기법이 활발히 적용되고 있다. Byun et al.[17]은 재귀적 베이지안 앙상블 모형을 통해 사회경제지표의 다변량 예측을 수행하였으며, Choi와 Kim[18]은 전이 엔트로피 기반 정보 흐름 네트워크를 활용하여 국제 금융시장 지수 간 인과 관계를 분석하고 국내 시장 지수의 등락을 예측한 바 있다. 고차원 또는 잡음이 큰 자료에서의 회귀 추정에 정규화 기법을 적용하는 연구가 확대되고 있다. Tibshirani의 LASSO[19], Zou와 Hastie의 엘라스틱넷[5], Zou의 적응적 LASSO[6] 등이 대표적이다. 경제학 분야에서는 Belloni et al.[20]이 처치효과 추정에서의 LASSO 활용을 체계화하였으며, Caner와 Fan[21]은 적응적 LASSO를 활용한 도구변수 선택의 점근적 성질을 도출하였다. Athey와 Imbens[22]는 경제학 연구에서 활용 가능한 기계학습 방법론을 체계적으로 정리하였으며, Giannone et al.[23]은 거시경제 예측에서 LASSO 등 희소 모형과 능형회귀 등 밀집 모형을 비교하여 경제 자료에서의 정규화 기법 적용에 대한 실증적 근거를 제시한 바 있다. 본 연구는 Zou-Hastie의 엘라스틱넷[5]에 Zou의 적응적 가중 전략[6]을 결합한 AEN을 채택하여, 단일 변수 설정에서도 축소 추정을 통한 안정적 계수 추정과 변수 선택(계수를 0으로 축소)을 동시에 달성한다.

III. 자료 및 방법론

3.1 자료

본 연구의 자료는 세계은행 WDI(World Development Indicators)에서 추출하였다. 활용 변수는 다음 두 가지이다.

- 무역 개방도: GDP 대비 재화 및 서비스 수출입 총액의 비율(%), 시리즈 코드: NE.TRD.GNFS.ZS).
- 1인당 GDP 성장률: 불변가격 기준 연간 1인당 GDP 성장률(%), 시리즈 코드: NY.GDP.PCAP.KD.ZG).

- 원시 자료는 1961 - 2024년 기간 218개 경제 단위 10,556개 관측치로 구성된다. 여기에서 지역 집합체(유로 지역, OECD, 세계 전체 등)를 제외하고, 15년 이상의 시계열이 확보된 국가만을 분석 대상으로 선정하였다. 최종 분석 표본은 6개 대륙에 걸친 126개국의 6,653개 관측치이다. 대륙별 분포는 아프리카 36개국, 아시아 32개국, 유럽 34개국, 북미 10개국, 오세아니아 3개국, 남미 11개국이다.

3.2 적응적 엘라스틱넷

본 연구의 핵심 추정 방법인 적응적 축소 추정량의 수리적 구조를 기술한다. 이 추정량은 엘라스틱넷에 적응적 가중 전략을 결합한 형태로, 이하 적응적 엘라스틱넷(AEN, Adaptive Elastic Net)으로 지칭한다.

3.2.1 엘라스틱넷

Zou와 Hastie[5]가 제안한 엘라스틱넷(Elastic net)은 L1(LASSO)과 L2(능형회귀) 벌칙항을 선형 결합한 정규화 회귀이다. 목적함수는 식 (1)과 같다.

$$\hat{\beta}^{EN} = \arg \quad (1)$$

여기서 $\alpha > 0$ 은 전체 정규화 강도, $\rho \in [0, 1]$ 은 L1 비율을 의미한다. $\rho = 1$ 이면 LASSO, $\rho = 0$ 이면 능형회귀와 동치이다. 본 연구에서는 $\alpha=0.5$, $\rho=0.5$ 를 기본값으로 설정한다. 이는 L1과 L2 벌칙항에 동일한 가중치를 부여하여 변수 선택과 축소 추정의 균형을 유지하기 위함이며, 4.7절의 모수 민감도 분석에서 이 선택의 강건성을 검증한다.

3.2.2 적응적 가중치

Zou[6]의 적응적 LASSO에 착안하여, 1단계에서 능형회귀 추정량(정규화 강도 $\lambda=1.0$)을 구한 후, 적응적 가중치를 식 (2)와 같이 구성한다.

$$w_j = \frac{1}{(|\hat{\beta}_j^{Ridge}| + \epsilon)^\gamma}, \quad j = 1, \dots, p \quad (2)$$

여기서 $\gamma > 0$ 은 가중치 조절 모수(본 연구에서는 $\gamma = 1$), $\epsilon = 10^{-6}$ 은 수치 안정성을 위한 상수이다. 이 가중치는 1단계에서 작은 계수로 추정된 변수에 더 큰 벌칙을 부과하여 0으로 축소시키는 역할을 한다.

3.2.3 2단계 추정

가중 변환된 설명변수에 대해 표준 엘라스틱넷을 적용하면, 최종 적응적 엘라스틱넷 추정량은 식 (3)과 같다.

$$\hat{\beta}_j^{AEN} = \hat{\beta}_j^{EN(\bar{X})} / w_j \quad (3)$$

본 연구의 단일 변수($p = 1$) 설정에서 AEN은 적응적 가중치가 부여된 축소 추정량으로 기능한다. L2 항은 목적함수의 강불록성을 통해 짧은 창에서의 추정 분산을 억제하고, L1 항은 잡음이 큰 창의 계수를 0으로 축소하여 허위 유의성을 억제한다.

3.3 이동 창 추정

각 국가 i 에 대해 10년 이동 창(창 크기 $W = 10$)을 설정한다. 시점 t 를 종료 연도로 하는 구간 $[t - W + 1, t]$ 내의 유효 관측치를 이용하여 식 (4)의 회귀를 추정한다.

$$Growth_{i,s} = \alpha_{i,t} + \beta_{i,t} \cdot Trade_{i,s} + \epsilon_{i,s}, \quad s \in [t - W + 1, t] \quad (4)$$

여기서 $\beta_{i,t}$ 는 국가 i 의 시점 t 기준 무역-성장 계수를 나타낸다. 각 이동 창에서 최소 5개의 유효 관측치를 요구하며, $\beta_{i,t}$ 는 극단값의 영향을 억제하기 위해 $[-3, 3]$ 범위로 절단한다. 절단 전 분포에서 이 범위를 초과하는 관측치는 전체의 0.05%(3건)에 불과하며, 절단 범위를 $[-1, 1]$ 에서 무절단까지 변경하여도 평균 계수의 변동은 0.003 이내로 결과의 강건성이 확인된다. 추정에 앞서 각 창 내에서 설명변수를 표준화하였으며, 보고 계수는 원 척도(%p)로 환산한 값이다.

3.4 부트스트랩 추론

각 이동 창 추정치의 통계적 유의성을 평가하기 위해 비모수적 부트스트랩 추론을 수행한다. 구체적인 절차는 다음과 같다.

[단계 1] 이동 창 내 관측치에서 복원 추출로 부트스트랩 표본을 생성한다.

[단계 2] 각 부트스트랩 표본에 AEN을 적용하여 계수를 산출한다. 이를 $B = 300$ 회 반복한다. 300회는 부트스트랩 표준오차의 수렴이 확인되는 수준으로[24], 전체 추정량(5,519개 창 $\times$ 300회 $\approx$ 166만 회)의 계산 효율성을 고려하여 설정하였다.

[단계 3] 부트스트랩 표준오차와 p값을 산출한다. 부트스트랩 표준오차는 B 회 반복에서 얻어진 계수 추정치들의 표본 표준편차로 정의한다. p값은 부트스트랩 계수 추정치 중 양(+)의 값을 가지는 비율과 0 이하의 값을 가지는 비율 중 작은 쪽에 2를 곱하여 산출하며, 이는 부트스트랩 분포의 부호에 기반한 양측 검정에 해당한다.

IV. 실증 분석 결과

4.1 전체 추정 결과

126개국에 대해 10년 이동 창 AEN을 적용한 결과, 총 5,519개의 국가-연도별 무역-성장 계수가 추정되었다. 추정 기간은 종료 연도 기준 1970 - 2024년이다. 본 실험은 Python 3.13.5, Scikit-learn 1.8.0, NumPy 2.3.5 환경에서 실행되었다.

전체 평균 계수 0.0574는 $t = 15.354$ ($p < 0.001$)로 0과 통계적으로 유의한 차이를 보인다. 이는 무역 개방도가 1%p 높은 국가-시기에서 1인당 GDP 성장률이 평균 약 0.06%p 높게 관측됨을 의미하며, 인과적 효과가 아닌 조건부 연관성이다. 그러나 중위수가 0.000이라는 사실은 AEN이 상당수 이동 창에서 계수를 정확히 0으로 축소하였음을 의미하며, 무역-성장 관계가 보편적이라기보다는 특정 국가-시기 조합에서 선별적으로 발현됨을 시사한다. 양(+)의 계수 비율은 48.7%, 0인 계수는 31.2%, 음(-)의 계수는 20.1%로 나타났다. 표 1은 이상의 전체 추정 결과를 요약한 것이다.

표 1. 전체 추정 결과 요약

Table 1. Summary of overall estimation results

Statistic	Value
No. of observations	5,519
No. of countries	126
Period (End Year)	1970 - 2024
Mean coefficient	0.0574
Std. dev.	0.2775
Median	0.0000
Min	-3.0000
Max	2.3210
t-statistic (H_0 : mean = 0)	15.354
Sig. rate (5%)	18.5%
Sig. rate (10%)	25.6%
Mean R^2	0.163

4.2 시간적 변동

그림 1은 전체 국가의 연도별 평균 무역-성장 계수의 추이를 보여준다. 평균 계수는 1970년대 초 약 0.02 수준에서 등락을 반복하다가 2010년대 이후 뚜렷한 상승세를 나타내며, 2020년대 초에는 0.15 - 0.20 수준에 도달하였다. ± 1 표준편차 범위가 전 기간에 걸쳐 0선을 포함하고 있어 국가 간 이질성이 상당함을 확인할 수 있다.

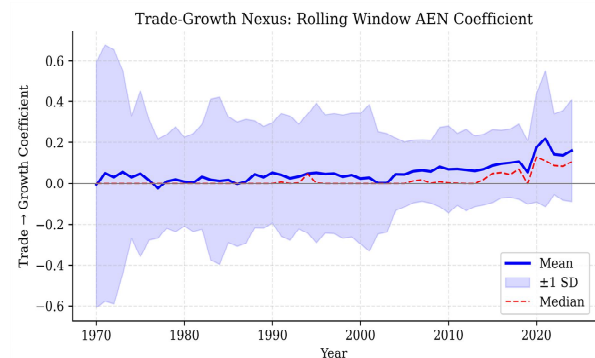


그림 1. 전체 평균 무역-성장 계수의 시간적 추이
Fig. 1. Temporal trend of global mean trade-growth coefficient

표 2는 시기별 계수 추이를 요약한 것이다. 시기별 분석에서 주목할 점은 두 가지이다. 첫째, 평균 계수가 1970년대 0.0221에서 2010년대 이후 0.1072로 약 5배 상승하였다. 2000년 이전과 이후를 비교한 이표본 t-검정에서 $t = -7.120$ ($p < 0.001$)로 통계적으로 유의한 차이가 확인되었다. 둘째, 표준편차가 1970년대 0.4179에서 2010년대 이후 0.2131로

절반 수준으로 감소하여 국가 간 계수 분포가 수렴하는 추세를 보인다.

표 2. 시기별 계수 추이

Table 2. Coefficient trends by decade

Period	N	Mean	Std. dev.	Median	Sig. rate 5% (%)
1970s	645	0.0221	0.4179	0.0000	15.3
1980s	881	0.0177	0.2989	0.0000	18.4
1990s	969	0.0418	0.2931	0.0000	17.3
2000s	1,180	0.0411	0.2253	0.0000	22.0
2010s+	1,844	0.1072	0.2131	0.0391	18.0

4.3 대륙별 추정 결과

그림 2는 대륙별 무역-성장 계수의 분포를 나타낸다. Kruskal-Wallis H-검정 결과 $H = 114.54$ ($p = 4.49 \times 10^{-23}$)로 대륙 간 계수 분포의 차이가 통계적으로 고도로 유의하며, Bonferroni 보정 하 쌍별 Mann-Whitney U 검정에서 15쌍 중 11쌍에서 유의한 차이가 확인되었다. 표 3에 제시된 바와 같이, 대륙별 평균 계수는 남미(0.101) > 유럽(0.083) > 북미(0.075) > 아프리카(0.045) > 아시아(0.028) > 오세아니아(0.012)의 순서를 보인다. 남미의 높은 평균 계수는 1990년대 이후 적극적 무역 자유화(남미공동시장 확대 등)와 관련될 수 있다. 반면 아시아의 낮은 평균 계수(0.028)는 직관에 반하는 결과이다. 이는 동아시아 수출 주도 성장 모형에서 무역 비율 자체가 이미 높아 한계효과가 체감되었을 가능성, 또는 중국(-0.113)·한국(-0.095)·인도네시아(-0.031) 등 주요 아시아 국가의 음(-)의 계수가 대륙 평균을 하향 견인하였을 가능성을 시사한다.

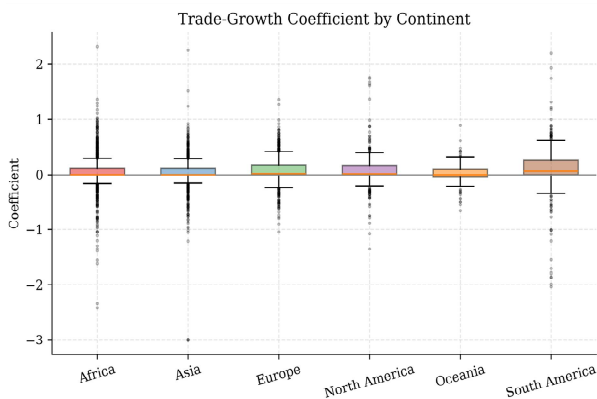


그림 2. 대륙별 무역-성장 계수 분포

Fig. 2. Distribution of trade-growth coefficient by continent

표 3. 대륙별 추정 결과

Table 3. Estimation results by continent

Continent	Countries	N	Mean	Std. dev.	Median	Sig. rate 5% (%)
Africa	36	1,636	0.045	0.281	0.000	17.5
Asia	32	1,359	0.028	0.276	0.000	18.2
Europe	34	1,267	0.083	0.212	0.020	19.0
N. America	10	536	0.075	0.277	0.017	19.4
Oceania	3	136	0.012	0.205	0.000	29.4
S. America	11	585	0.101	0.382	0.061	17.3

그림 3에서 대륙별 시간 추이는 상이한 양상을 나타낸다. 유럽과 남미는 2010년대 이후 계수가 뚜렷이 상승하는 반면, 오세아니아는 1990년대 말 일시적 상승 이후 2000년대 이후 장기간 음(-)의 수준에 머물다 2020년대 들어 양(+)으로 회복되는 양상을 보인다. 아시아는 2000년대 중반 이후 양(+)의 수준이 정착되었으며 특히 2020년대 초부터 상승폭이 뚜렷이 확대되었는데, 이는 역내포괄적경제동반자협정(RCEP, Regional Comprehensive Economic Partnership) 등 역내 무역 협정의 효과가 반영되었을 가능성을 시사한다. 다만 오세아니아는 3개국(N=136)만 포함되어 대륙 단위 일반화가 제한적이다.

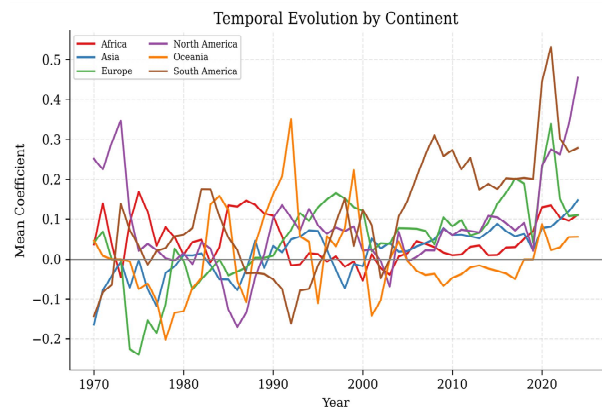


그림 3. 대륙별 무역-성장 계수의 시간적 추이

Fig. 3. Temporal evolution of trade-growth coefficient by continent

4.4 국가별 이질성

표 4는 평균 계수 상위·하위 10개국을 제시한다. 상위 국가군에는 체제전환국 4개국(크로아티아, 러시아, 라트비아, 우크라이나)이 포함되어 있어, 폐쇄 경제에서 개방 경제로의 전환 과정에서 무역 확대와

성장 간의 양(+)의 연관성이 강하게 관측됨을 시사한다. 반면 하위 국가군에는 자원 수출 의존 경제(쿠웨이트, 가봉), 경제 위기 경험국(아르헨티나, 그리스), 그리고 대규모 경제(중국, 미국, 한국)가 포함된다. 다만 체제전환국의 이동 창은 21 - 27개로 모두 2000년 이후에 집중되어 있어, 국가 고유 특성과 표본 시기 효과가 혼재되었을 가능성이 있다.

중국과 한국의 음(-)의 평균 계수는 특히 주목할 만하다. 두 국가 모두 무역 비율의 절대 수준이 높아 GDP 대비 수출입 비율의 추가적 상승이 성장을 제고로 직결되지 않을 수 있다. 또한 AEN의 축소 특성상, 두 변수 간의 관계가 비선형이거나 간접 경로(mediating channel)를 경유하는 경우 직접적 선형 계수가 과소추정될 가능성이 있다.

표 4. 평균 계수 상위·하위 10개국

Table 4. Top and bottom 10 countries by mean coefficient

Rank	Top country	Mean	Std. dev.	N	Bottom country	Mean	Std. dev.	N
1	Croatia (HRV)	0.370	0.229	21	Argentina (ARG)	-0.327	0.759	55
2	Russia (RUS)	0.341	0.327	26	Morocco (MAR)	-0.188	0.498	49

3	Sudan (SDN)	0.281	0.497	55	Kuwait (KWT)	-0.165	0.568	44
4	Colombia (COL)	0.259	0.414	55	Gabon (GAB)	-0.163	0.485	55
5	Latvia (LVA)	0.246	0.167	21	Greece (GRC)	-0.138	0.333	55
6	Cameroon (CMR)	0.230	0.303	51	Papua New Guinea (PNG)	-0.135	0.282	35
7	Syria (SYR)	0.213	0.276	53	Somalia (SOM)	-0.132	0.215	34
8	Venezuela (VEN)	0.210	0.309	55	China (CHN)	-0.113	0.759	55
9	Ukraine (UKR)	0.196	0.252	27	Korea, Rep. (KOR)	-0.095	0.250	55
10	Peru (PER)	0.195	0.375	55	United States (USA)	-0.077	0.277	46

4.5 열지도 분석

그림 4의 열지도는 이동 창 추정 건수 상위 30개국과 G20 주요 경제 15개국의 합집합으로 선정된 38개 국가의 5개 시기별 무역-성장 계수를 시각화한다.

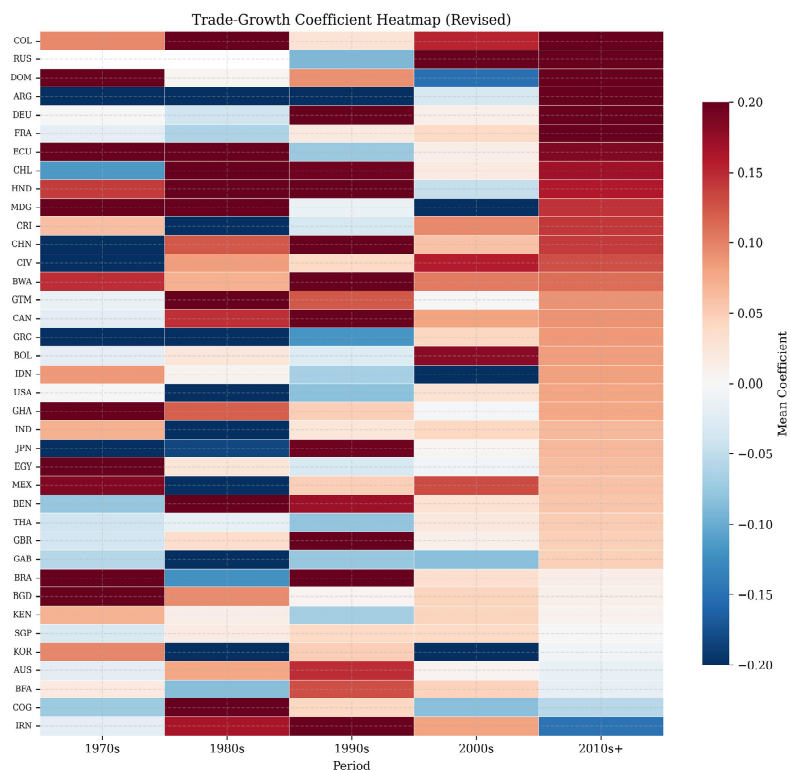


그림 4. 주요 국가의 시기별 무역-성장 계수 열지도

Fig. 4. Heatmap of trade-growth coefficient by country and period

콜롬비아(COL)는 전 시기에 걸쳐 일관된 양(+)의 계수를 나타내는 반면, 이란(IRN)은 2010년대 이후에도 음(-)의 계수가 지속된다. 다수 국가에서 1970 - 1980년대의 약한 또는 음(-)의 관계가 2010년대 이후 양(+)으로 전환되는 양상이 관측되며, 이는 국제 가치사슬 심화에 따른 무역-성장 경로의 구조적 강화를 반영할 가능성이 있다.

4.6 이동 창 크기 민감도 분석

이동 창 크기(W) 선택이 결과에 미치는 영향을 검증하기 위해 $W = 5, 10, 15$ 에 대한 민감도 분석을 수행하였다. 표 5는 이동 창 크기별 추정 결과를 비교한 것이다.

세 창 크기 모두에서 양(+)의 평균 계수가 일관되게 나타났다. W가 작을수록 시간 해상도가 높아 지나 분산이 증가($W=5$: $SD=0.559$)하고, W가 클수록 계수가 보수적으로 추정($W=15$: $mean=0.040$)되나 분산이 감소한다. 2010년대 이후 계수가 상승하는 추세 또한 세 창 크기 모두에서 동일한 방향으로 관측되었다. $W=10$ 은 추정 정밀도와 시간 해상도의 균형점으로 판단된다.

표 5. 이동 창 크기별 추정 결과 비교

Table 5. Comparison of estimation results by window size

W	N	Mean	Std. dev.	Median	Zero %
5	6,149	0.0829	0.5589	0.000	30.0
10	5,519	0.0574	0.2775	0.000	31.2
15	4,889	0.0396	0.1896	0.000	33.8

4.7 정규화 모수 민감도 분석

표 6은 정규화 모수별 추정 결과를 비교한 것이다. 모든 모수 조합에서 양(+)의 평균 계수가 유지되었다. 정규화 강도(α)가 증가할수록 축소가 강화되어 평균 계수와 0인 비율이 체계적으로 변동하나, 계수의 부호와 방향성은 불변하다. 기본 설정($\alpha=0.5$, $\rho=0.5$, $\gamma=1.0$)은 축소 강도와 추정 유연성의 균형을 제공하며, 0인 계수 비율은 31.2% 수준이며, 이 값을 최적화 기준으로 삼지는 않았다.

표 6. 정규화 모수별 추정 결과 비교

Table 6. Comparison of estimation results by regularization parameters

Setting	N	Mean	Std. dev.	Median	Zero %
$\alpha=0.1$	5,519	0.0704	0.3075	0.041	14.7
$\alpha=0.5$ (default)	5,519	0.0574	0.2775	0.000	31.2
$\alpha=1.0$	5,519	0.0471	0.2523	0.000	42.0
$\rho=0.2$	5,519	0.0592	0.2798	0.014	20.3
$\rho=0.8$	5,519	0.0553	0.2752	0.000	38.4
$\gamma=0.5$	5,519	0.0669	0.2848	0.038	15.3
$\gamma=2.0$	5,519	0.0318	0.2533	0.000	60.2

V. 고 찰

5.1 주요 발견의 해석

본 연구의 핵심 발견은 무역-성장 관계가 시간에 따라 강화되는 추세를 보인다는 것이다. 2010년대 이후 평균 계수(0.1072)는 1970 - 1990년대 평균(0.0282)의 약 3.8배에 달하며, 이 차이는 $p < 0.001$ 수준에서 통계적으로 유의하다. 다만 전체 평균 R^2 가 0.163으로 단일 변수 모형의 설명력은 제한적이다. 이는 무역 개방도만으로 성장률 분산의 약 16%를 설명함을 의미하며, 인적자본·제도·투자율 등 누락변수의 존재를 시사한다. 따라서 본 연구의 계수 추정치는 인과적 효과가 아닌 조건부 상관관계로 해석되어야 한다. 이러한 전제 하에서, 관측된 시간적 추세는 세 가지 구조적 요인으로 설명할 수 있다.

첫째, 국제 가치사슬의 심화이다. Baldwin이 "제2차 분리"로 명명한 생산 공정의 국제적 분업은 중간재 무역의 비중을 증가시켰으며[25], 이에 따라 무역 확대가 생산성 향상에 미치는 직접적 경로가 강화되었다. Estevadeordal과 Taylor가 보고한 중간재 관세 인하의 성장 효과와 일치하는 결과이다[12].

둘째, 제도적 수렴이다. 1990년대 이후 WTO 가입 확대, 다수의 양자·다자 자유무역협정 체결, 그리고 투자환경 개선은 무역과 성장의 양(+)의 연관성이 관측되기 위한 보완적 개혁 조건을 충족시키는 방향으로 작용하였다[11]. 표준편차의 시간적 감소(0.4179 $\rightarrow$ 0.2131)는 이러한 제도적 수렴과 정합적이나, 후기 표본의 자료 품질 개선에 따른 기계적 효과일 가능성도 있다.

셋째, 정보기술 혁명이다. 디지털 기술의 발전은 무역 비용을 감소시키고, 서비스 무역의 비중을 높이며, 기술 확산의 속도를 가속화하였다. 이는 무역 개방의 성장 기여도를 구조적으로 상향시키는 요인으로 작용하였을 수 있다.

5.2 국가 이질성의 정책적 함의

체제전환국의 높은 계수는 초기 개방 단계에서의 무역 자유화가 성장에 미치는 효과가 가장 크다는 "개방의 한계효과 체감" 가설을 지지한다. 반면, 한국(약 80%)·중국(약 35%) 등 개방도가 높은 경제에서의 음(-)의 계수는 추가적 무역 비율 상승이 반드시 성장으로 이어지지 않음을 나타낸다. 이는 정책적으로 무역 자유화의 성장 효과가 경제의 발전 단계와 기존 개방 수준에 의존한다는 함의를 가진다.

자원 수출 의존 경제(쿠웨이트, 가봉)의 음(-)의 계수는 "자원의 저주" 문헌과 일치한다[26]. 이들 국가에서 무역 비율의 상승은 자원 가격 등락에 의해 주도되며, 이는 경제 다각화의 저해를 통해 장기 성장에 부정적 영향을 미칠 수 있다.

5.3 방법론적 한계

본 연구는 다음의 한계를 지닌다. 첫째, 단일 변수(무역 개방도) 설정은 누락변수 편이의 가능성을 완전히 배제하지 못한다. 제도, 인적자본, 거시경제 정책 등의 통제변수를 포함한 확장 모형이 후속 연구에서 고려되어야 한다. 둘째, GDP 대비 수출입 비율은 무역 정책의 직접적 측정치가 아니며, 경제 규모 및 지리적 위치에 의해 영향을 받는 내생적 변수이다. 셋째, 4.6절과 4.7절에서 이동 창 크기 및 정규화 모수의 민감도를 분석하여 핵심 결론의 강건성을 확인하였으나, 교차검증 기반 모수 최적화는 향후 과제로 남겨둔다. 넷째, 무역 개방도와 1인당 GDP 성장률은 분모에 GDP를 공유하므로, GDP 급락 시 개방도가 기계적으로 상승하여 인위적 음(-)의 상관관계가 발생할 수 있다. 다섯째, 5,519개 창 각각에 개별 검정을 수행한 데 따른 다중검정 문제가 존재한다.

VI. 결 론

본 연구는 1961 - 2024년 기간 126개국의 패널 자료에 적응적 엘라스틱넷 이동 창 기법을 적용하여 무역 개방도와 경제성장 간의 동태적 관계를 실증 분석하였다. 주요 발견은 다음과 같이 요약된다.

첫째, 전체 평균 무역-성장 계수는 0.0574로 통계적으로 유의한 양(+)의 관계가 존재하나, 중위수 0.000 및 31.2%의 0인 계수 비율은 이 관계가 보편적이지 않음을 나타낸다. 둘째, 무역-성장 계수는 2010년대 이후 유의하게 상승하여 국제 가치사슬 심화 및 제도적 수렴에 따른 무역과 성장 간 연관성의 강화를 시사한다. 셋째, 대륙별·국가별 이질성이 상당하며, 체제전환국에서 가장 강한 양(+)의 관계가, 자원 수출 의존국 및 대규모 개방 경제에서 음(-)의 관계가 관측된다.

본 연구의 정책적 함의는 무역 자유화가 경제성장을 촉진할 수 있으나, 그 효과는 경제의 발전 단계, 기존 개방 수준, 제도적 환경에 의존하는 조건부 관계라는 것이다. 향후 연구에서는 다변량 AEN 모형을 통한 조건부 효과 분석과 비선형 모형을 통한 무역-성장 관계의 문턱 효과 규명이 필요하다.

References

- [1] D. Ricardo, "On the Principles of Political Economy and Taxation", John Murray, 1817.
- [2] J. D. Sachs and A. M. Warner, "Economic Reform and the Process of Global Integration", *Brookings Papers on Economic Activity*, Vol. 1995, No. 1, pp. 1-118, 1995. <https://doi.org/10.2307/2534573>.
- [3] F. Rodriguez and D. Rodrik, "Trade Policy and Economic Growth: A Skeptic's Guide to the Cross-National Evidence", *NBER Macroeconomics Annual*, Vol. 15, pp. 261-338, Jan. 2001. <https://doi.org/10.1086/654419>.
- [4] D. Rodrik, "Goodbye Washington Consensus, Hello Washington Confusion? A Review of the World Bank's Economic Growth in the 1990s: Learning

- from a Decade of Reform", *Journal of Economic Literature*, Vol. 44, No. 4, pp. 973-987, Dec. 2006. <https://doi.org/10.1257/jel.44.4.973>.
- [5] H. Zou and T. Hastie, "Regularization and Variable Selection via the Elastic Net", *Journal of the Royal Statistical Society: Series B*, Vol. 67, No. 2, pp. 301-320, Apr. 2005. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9868.2005.00503.x>.
- [6] H. Zou, "The Adaptive Lasso and Its Oracle Properties", *Journal of the American Statistical Association*, Vol. 101, No. 476, pp. 1418-1429, Dec. 2006. <https://doi.org/10.1198/016214506000000735>.
- [7] R. Wacziarg and K. H. Welch, "Trade Liberalization and Growth: New Evidence", *World Bank Economic Review*, Vol. 22, No. 2, pp. 187-231, Jun. 2008. <https://doi.org/10.1093/wber/lnh007>.
- [8] S. Edwards, "Openness, Productivity and Growth: What Do We Really Know?", *Economic Journal*, Vol. 108, No. 447, pp. 383-398, Mar. 1998. <https://doi.org/10.1111/1468-0297.00293>.
- [9] J. A. Frankel and D. H. Romer, "Does Trade Cause Growth?", *American Economic Review*, Vol. 89, No. 3, pp. 379-399, Jun. 1999. <https://doi.org/10.1257/AER.89.3.379>.
- [10] D. Dollar and A. Kraay, "Trade, Growth, and Poverty", *Economic Journal*, Vol. 114, No. 493, pp. F22-F49, Feb. 2004. <https://doi.org/10.1111/j.0013-0133.2004.00186.x>.
- [11] R. Chang, L. Kaltani, and N. V. Loayza, "Openness Can Be Good for Growth: The Role of Policy Complementarities", *Journal of Development Economics*, Vol. 90, No. 1, pp. 33-49, Sep. 2009. <https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2008.06.011>.
- [12] A. Estevadeordal and A. M. Taylor, "Is the Washington Consensus Dead? Growth, Openness, and the Great Liberalization, 1970s-2000s", *Review of Economics and Statistics*, Vol. 95, No. 5, pp. 1669-1690, Dec. 2013. https://doi.org/10.1162/REST_a_00358.
- [13] G. Duernecker, M. Meyer, and F. Vega-Redondo, "Trade Openness and Growth: A Network-Based Approach", *Journal of Applied Econometrics*, Vol. 37, No. 6, pp. 1182-1203, Sep.-Oct. 2022. <https://doi.org/10.1002/jae.2920>.
- [14] J. Coakley, F. Kulasi, and R. Smith, "The Feldstein-Horioka Puzzle and Capital Mobility: A Review", *International Journal of Finance & Economics*, Vol. 3, No. 2, pp. 169-188, Apr. 1998. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1158\(199804\)3:2<169::AID-IJFE74>3.0.CO;2-H](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1158(199804)3:2<169::AID-IJFE74>3.0.CO;2-H).
- [15] I. Choi and W. C. Kim, "Beyond Linear Insights in the Feldstein-Horioka Puzzle: Delving Into Monotonic and Nonlinear Statistical Dependencies With Moving Windows", *International Finance*, pp. 1-22, Mar. 2026. <https://doi.org/10.1111/infi.70029>.
- [16] I. Choi, "Regime-Dependent Savings Retention Across Emerging Markets: Rolling-Window Adaptive Elastic Net Evidence from a Cross-Country Panel", *Empirica*, pp. 1-28, 2026. <https://doi.org/10.1007/s10663-026-09686-2>.
- [17] J. H. Byun, S. H. Min, and J. H. Kang, "Multivariate Prediction of Socioeconomic Indicators Using Recursive Bayesian Ensemble Modeling", *Journal of Korean Institute of Information Technology*, Vol. 22, No. 2, pp. 21-33, Feb. 2024. <https://doi.org/10.14801/jkiit.2024.22.2.21>.
- [18] I. Choi and W. C. Kim, "Analyzing Global Financial Market Indices and Predicting Fluctuations of the Korean Market Index Using Information Flow-Based Network Analysis", *Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers*, Vol. 48, No. 4, pp. 340-354, Aug. 2022. <https://doi.org/10.7232/JKIIIE.2022.48.4.340>.
- [19] R. Tibshirani, "Regression Shrinkage and Selection via the Lasso", *Journal of the Royal Statistical Society: Series B*, Vol. 58, No. 1, pp. 267-288, Jan. 1996. <https://doi.org/10.1111/j.2517-6161.1996.tb02080.x>.
- [20] A. Belloni, V. Chernozhukov, and C. Hansen,

- "Inference on Treatment Effects after Selection among High-Dimensional Controls", Review of Economic Studies, Vol. 81, No. 2, pp. 608-650, Apr. 2014. <https://doi.org/10.1093/restud/rdt044>.
- [21] M. Caner and Q. Fan, "Hybrid Generalized Empirical Likelihood Estimators: Instrument Selection with Adaptive Lasso", Journal of Econometrics, Vol. 187, No. 1, pp. 256-274, Jul. 2015. <https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2015.01.007>.
- [22] S. Athey and G. W. Imbens, "Machine Learning Methods That Economists Should Know About", Annual Review of Economics, Vol. 11, pp. 685-725, Aug. 2019. <https://doi.org/10.1146/annurev-economics-080217-053433>.
- [23] D. Giannone, M. Lenza, and G. E. Primiceri, "Economic Predictions With Big Data: The Illusion of Sparsity", Econometrica, Vol. 89, No. 5, pp. 2409-2437, Sep. 2021. <https://doi.org/10.3982/ECTA17842>.
- [24] B. Efron and R. J. Tibshirani, "An Introduction to the Bootstrap", Chapman & Hall/CRC, New York, 1993.
- [25] R. Baldwin, "The Great Convergence: Information Technology and the New Globalization", Harvard University Press, Nov. 2016.
- [26] J. D. Sachs and A. M. Warner, "The Curse of Natural Resources", European Economic Review, Vol. 45, No. 4-6, pp. 827-838, May 2001. [https://doi.org/10.1016/S0014-2921\(01\)00125-8](https://doi.org/10.1016/S0014-2921(01)00125-8).

저자소개

최 인 수 (Insu Choi)



2025년 2월 : 한국과학기술원
산업및시스템공학과(공학박사)
2026년 3월 ~ 현재 : 가천대학교
금융·빅데이터학부 조교수
관심분야 : 금융데이터사이언스,
비즈니스 인텔리전스, 데이터
기반 의사결정