



폭염에 대한 온라인 검색관심과 실제 기온의 관계 - 20개국 Google Trends 패널분석 -

*The Relationship between Online Search Interest in Heatwaves and Actual Temperature
- A Google Trends-Based Panel Analysis of 20 Countries -*

김예슬*
Yesuel Kim*

* Assistant Professor, School of Applied AI and Entrepreneurship, Handong Global Univ., South Korea (yslight@handong.edu)

ABSTRACT

Purpose: Heat vulnerability has traditionally been assessed using physical exposure indicators and socio-demographic characteristics. This study examines whether public perception and behavior, proxied by online search attention, can complement conventional heat vulnerability indicators and how search attention relates to temperature after accounting for country-specific seasonality. **Method:** A monthly panel dataset (2018~2022; 1,200 country-month observations) was constructed by merging Google Trends heatwave search interest with ERA5-based climate data from the World Bank Climate Change Knowledge Portal for 20 countries across both hemispheres. Country-specific regressions examined cross-national heterogeneity, followed by panel fixed-effects models. To account for opposing seasonal cycles between hemispheres, country-by-month fixed effects were adopted as the final specification, with calendar-month fixed effects estimated for comparison. **Result:** Temperature was significantly and positively associated with search interest in 14 of 20 countries. In the final model, a 1°C increase in temperature was associated with a 2.03-point increase in search interest after controlling for humidity and extreme-heat-day frequency ($p<.001$, $R^2=0.623$). Absolute-temperature and temperature-anomaly specifications produced identical coefficients under country-by-month fixed effects, whereas calendar-month models yielded smaller, less precise estimates. These findings highlight the importance of controlling for country-specific seasonality and support Google Trends as a complementary indicator of public attention and information-seeking behavior related to heat vulnerability.

KEYWORD

폭염 취약성
패널 고정효과모형
기온편차
온라인 정보탐색 행동

Google Trends
Heat Vulnerability
Panel Fixed-Effects Model
Temperature Anomaly
Online Information-Seeking Behavior

ACCEPTANCE INFO

Received Aug 11, 2026
Final revision received Aug. 18, 2026
Accepted Aug. 21, 2026

© 2026. KIEAE all rights reserved.

1. 서론

1.1. 연구의 배경 및 목적

폭염은 전 세계적으로 가장 치명적인 기후위험 중 하나이다. WHO에 따르면 2000~2019년 전 세계에서 연평균 약 48만 9천 명의 고온 관련 사망이 발생한 것으로 추정되며, 2003년 유럽 폭염에서는 약 7만 명의 사망자가 발생하였다[1]. 또한 Lancet Countdown의 2025년 자료에 따르면 전 세계의 연평균 고온 관련 사망자 수는 1990~1999년 약 33만 5천 명에서 2012~2021년 약 54만 6천 명으로 약 63.2% 증가하였다[2]. 이처럼 고온으로 인한 건강피해가 증가함에 따라 폭염에 대한 효과적인 탐지와 대응은 전 세계적인 정책과제가 되고 있다.

각국은 폭염 위험에 대응하기 위해 기온을 핵심 기상정보로 활용하는 경보체계를 운영하고 있다. 국내 기상청은 일 최고 체감온도 33°C 이상이 2일 이상 지속될 것으로 예상될 때 폭염주의보를, 35°C 이상이 2일 이상 지속될 것으로 예상될 때 폭염경보를 발표한다. 2026년 여름철부터는 기존 2단계 체계로는 극단적 폭염의 위험성

을 충분히 반영하기 어렵다는 판단에 따라, 체감온도 35°C 이상이 2일 이상 관측된 지역에서 체감온도 38°C 이상 또는 최고기온 39°C 이상이 1일 이상 지속될 것으로 예상되는 경우 발표하는 폭염중대경보가 신설되었다(Table 1.)[3].

이처럼 온도 기준의 정보체계는 한국에 국한된 것이 아니다. 미국 NWS는 Heat Advisory와 Extreme Heat Warning 등의 폭염특보를 운영하고 있으며, 이와 함께 기존 폭염특보를 보완하는 위험정보로 HeatRisk를 제공하고 있다[4,5]. HeatRisk는 해당 시기의 평년과 비교한 고온의 이례성, 주·야간을 포함한 고온의 지속기간, 그리고 고온으로 인한 잠재적 건강영향을 함께 고려하여 폭염 위험수준을 제시한다[5]. 영국의 경우 Met Office는 지역별 기온 임계값을 활용하여 폭염을 정의하고 있으며[6], UKHSA와 Met Office가 공동으로 운영하는 Heat-Health Alert는 예상되는 건강영향과 그 발생가능성을 함께 고려하는 영향 기반(impact-based) 체계로 운영되고 있다[7]. 이처럼 국가별 제도에는 차이가 있으나, 기온은 폭염 위험을 판단하는 핵심적인 물리적 지표로 활용되고 있으며, 최근에는 이를 건강·사회적 영향 정보와 결합하려는 방향으로 경보체계가 발전하고 있다(Table 1.).

경보체계뿐 아니라 학술적으로 폭염 재해의 취약성을 평가하는

들에서도 유사한 경향이 나타난다. 국제적으로 가장 널리 활용되는 틀은 IPCC의 위험(risk) 평가 프레임워크이다. IPCC 제6차 평가보고서(AR6)는 기후위험을 위해(hazard), 노출(exposure), 취약성(vulnerability)의 상호작용으로 정의하며, 취약성을 민감도(sensitivity)와 적응역량(adaptive capacity)의 함수로 규정한다[8]. 이러한 취약성 개념은 폭염 취약성 연구에서도 폭넓게 활용되어 왔으며, 물리적 노출과 사회인구학적 민감도 및 적응역량을 함께 고려하는 다양한 평가방법이 제시되어 왔다[9~12]. 그러나 이러한 연구들에서 대중이 실제로 폭염을 어떻게 인식하고 반응하는지를 반영하려는 시도는 상대적으로 드물게 이루어지고 있다. 이러한 접근은 주로 사전에 정의된 인구·환경 특성을 바탕으로 '누가 더위에 취약한가'를 평가하며, 실제 개인이 폭염을 얼마나 위험하게 인식하고 반응하는지는 직접 포함하지 않는 경우가 많다.

그러나 실제 폭염으로 인한 위험은 객관적인 기후조건뿐 아니라 사람들이 폭염을 어떻게 인식하고 이에 어떻게 반응하는가에 따라 서로 달라질 수 있다. 최근에는 Google Trends와 같은 온라인 검색 자료를 활용하여 열환경에 대한 대중의 관심과 인식을 지역별로 탐구하거나, 국가 간 기후위험 인식의 차이를 규명하려는 연구가 이루어지고 있으며[13,14], 이러한 연구들은 폭염 위험을 이해하는 과정에서 대중의 인식과 행동을 함께 고려할 필요성을 제시하고 있다. 따라서 폭염을 평가하고 대응하는 과정에서도 물리적 위험뿐 아니라 대중의 관심과 정보탐색 행동을 포함한 인식·행동적 차원을 함께 검토할 필요가 있다.

본 연구는 이러한 문제의식에서 출발하여, Google Trends 검색 관심도를 대중의 온라인 정보탐색 행동을 나타내는 대리변수(proxy)로 활용하고, 실제 기온 및 평년 대비 기온편차와의 관계를 국가 간 패널자료를 이용하여 분석한다. 이를 통해 실제 기후조건의 변화가 폭염에 대한 대중의 관심과 정보탐색 행동과 어떠한 관련성을 갖는지를 실증적으로 검증하고, 향후 폭염 취약성 평가에서 기존의 물리적·사회인구학적 지표를 보완할 수 있는 대중의 관심 및 정보탐색 행동을 반영하는 보조지표의 활용 가능성을 탐색하고자 한다.

1.2. 연구의 범위

본 연구는 World Bank Climate Change Knowledge Portal (CCKP)의 ERA5 국가별 월별 기후자료와 Google Trends의 폭염 관련 검색관심도를 결합하여 20개국 월별 패널데이터(2018~2022년, 총 1,200개 국가-월 관측치)를 구축하였다. 분석은 국가별 회귀 분석을 통해 기온과 검색관심도 간 관계의 국가별 이질성을 살펴본 후, 20개국 패널 고정효과 회귀분석을 통해 표본 전체에서의 평균적인 기온-검색관심 관계를 추정하는 방식으로 수행하였다. 특히 북반구와 남반구 국가가 함께 포함된 표본의 특성을 고려하여, 국가별 계절성을 통제하는 국가×월 고정효과를 최종 모형에 적용하였다.

2. 이론적 고찰

2.1. Google Trends 기반 대중 관심 및 정보탐색 행동 연구

Google Trends는 Google 검색엔진에 입력된 검색어의 빈도를 지역과 기간별로 집계하여 제공하는 공개 자료이다. 특정 검색어가 해당 지역·기간 안에서 상대적으로 얼마나 많이 검색되었는지를 0~100의 지수로 제시하며, 또한 응답자의 자기보고에 기반한 설문 자료와 달리, 이용자의 실제 온라인 정보탐색 행위를 집계한 자료라는 점에서 대중의 관심과 정보탐색 행동을 간접적으로 관찰할 수 있다는 특징이 있다[13,15].

이러한 특성 때문에 Google Trends를 이용한 대중 관심·행동 연구는 여러 분야에서 축적되어 왔다. Preis 등은 구글 검색량의 상대적 변화가 실제 주식시장 변동에 선행할 수 있음을 보였으며[16], 이는 검색관심의 변화가 실제 사건에 선행하거나 동반하는 신호가 될 수 있음을 시사한다. 보건 분야에서는 호흡기·정신건강 관련 검색어를 실제 대기오염 물질 농도와 회귀분석으로 연결한 연구가 있으며[17], 자살 관련 검색량을 다중모형으로 분석하여 실제 공공통계와 연계한 연구도 있다[18]. 문화 분야에서는 검색량 지수(SVI)를 이용해 국가 간 문화 확산 네트워크를 실증적으로 규명한 연구도 이루어졌다[19]. 기후 분야에서도 이러한 접근이 시도되어 왔다. 독일을 대

Table 1. Heatwave warning and risk assessment systems in Korea, the United States, and the United Kingdom

Country/agency	Tier	Criteria/description
Korea (KMA) [3]	Advisory	Daily maximum apparent temperature $\geq 33^{\circ}\text{C}$ expected to persist for ≥ 2 consecutive days
	Warning	Daily maximum apparent temperature $\geq 35^{\circ}\text{C}$ expected to persist for ≥ 2 consecutive days
	Severe warning (2026~)	In areas where daily maximum apparent temperature $\geq 35^{\circ}\text{C}$ has been observed for ≥ 2 days: ① apparent temperature $\geq 38^{\circ}\text{C}$ expected for ≥ 1 day, or ② maximum temperature $\geq 39^{\circ}\text{C}$ expected for ≥ 1 day
United States (NWS) [4]	Heat advisory	Criteria vary by local Weather Forecast Office and are generally based on locally defined temperature and/or heat-index thresholds and duration.
	Extreme heat warning	Criteria vary by local Weather Forecast Office and generally represent more severe heat conditions than those for a Heat Advisory.
United States (NWS) [5]	HeatRisk	A supplementary risk-assessment tool that considers how unusual the heat is for the time of year, the duration of daytime and nighttime heat, and the potential risk of heat-related health impacts.
United Kingdom (Met Office) [6]	Meteorological heatwave definition	A heatwave is identified when daily maximum temperature meets or exceeds the county-specific threshold for ≥ 3 consecutive days; thresholds generally range from about 25°C to 28°C
United Kingdom (UKHSA/ Met Office) [7]	Heat-health alert	Impact-based alerting system in which alert levels reflect the expected health impacts and the likelihood of those impacts occurring, based on a joint dynamic risk assessment.

상으로 폭염 관련 Google 검색관심과 기온 및 폭염 관련 건강영향 간의 관계를 분석한 연구가 있으며[20], K-means 군집분석을 통해 Google Trends 기반 열환경 인식 패턴을 전 세계 단위로 지역화하고 국가별 열환경 계획에 대한 시사점을 도출한 연구도 있다[13]. 최근에는 다수 국가의 Google Trends 자료를 활용하여 기후변화와 건강에 대한 대중의 온라인 정보탐색 행동을 분석하고, 국가별 관심의 차이를 살펴본 연구도 이루어진 바 있다[21].

기존 연구를 종합하면 Google Trends는 기후 및 폭염에 대한 대중의 관심과 정보탐색 행동을 관찰하는 자료로 활용되어 왔으며, 단일 국가를 대상으로 실제 기온과 폭염 관련 검색관심 간의 관계를 분석하거나[20], 다수 국가를 대상으로 기후변화 관련 온라인 정보탐색의 양상을 분석한 연구도 이루어졌다[13,21]. 그러나 다수 국가의 실제 기온자료와 폭염 관련 검색관심 자료를 결합하여 두 변수 간의 관계를 패널자료로 분석한 연구는 상대적으로 제한적이다.

2.2. 폭염 취약성 평가 연구와 본 연구의 차별성

전통적인 폭염 취약성 연구에서는 기온·폭염일수와 같은 물리적 노출지표와 인구밀도·고령인구비율·소득수준 등의 사회인구학적 지표를 결합한 Heat Vulnerability Index (HVI)가 널리 활용되어 왔다[9,10]. 또한 열 취약성 평가를 위한 분석 프레임워크를 제시하며 원인요인·결과문제·대응전략의 3단계에 걸쳐 정적·동적 특성에 따라 관련 지표들을 체계적으로 분류한 연구도 있다[22]. 즉, 기존의 폭염 취약성 평가는 다양한 물리적·사회인구학적 정보를 종합적으로 반영하는 방향으로 발전해 왔으나, 대중이 실제로 폭염에 얼마나 관심을 보이고 관련 정보를 탐색하는지와 같은 행동적 측면은 상대적으로 드물게 고려되어 왔다.

본 연구의 차별성은 다음과 같다. 첫째, 기존 연구에서는 단일 국가를 대상으로 실제 기온과 폭염 관련 검색관심 간의 관계를 분석하거나[20], 다수 국가를 대상으로 기후변화 관련 온라인 정보탐색의 양상을 분석한 연구가 이루어져 왔다[13,21]. 본 연구는 이러한 연구를 확장하여 20개국의 실제 기후자료와 폭염 관련 Google Trends 자료를 결합하고, 국가별 회귀분석과 패널 고정효과모형을 통해 실제 기온과 검색관심 간의 관계를 분석하였다. 특히 국가별 계절성을 통제하기 위해 국가×월 고정효과를 적용함으로써, 서로 다른 계절 주기를 갖는 국가들을 포함한 패널에서 평균적인 기온-검색관심 관계를 추정하였다는 점에서 차별성이 있다. 둘째, 전통적 HVI 기반 폭염 취약성 연구가 물리적 노출과 사회인구학적 특성을 중심으로 이루어져 왔다면, 본 연구는 Google Trends 검색관심도를 대중의 관심 및 온라인 정보탐색 행동을 나타내는 대리변수로 활용하여, 향후 취약성 평가에 행동 기반 정보를 보완적으로 결합할 수 있는 가능성을 탐색한다.

3. 연구자료 및 방법

3.1. 자료 수집 및 변수 구축

기후자료는 World Bank CCKP의 ERA5 0.25도 컬렉션에서 국가 단위 월별 시계열로 수집하였으며[23], 사용 변수는 월평균기온,

35°C 이상 고온일 지표, 상대습도이다. 또한 평년 대비 기온의 이례성을 측정하기 위해 30년 기후평년기간인 1991~2020년을 기준기간으로 설정하고, 국가별·월별 평균기온을 기준기온(baseline temperature)으로 산출하였다. 이후 해당 월의 실제 기온에서 기준기온을 차감하여 기온편차(temperature anomaly)를 구축하였다. 본 연구에서는 분석시점에 사용한 CCKP ERA5 월별 자료에서 12개월 자료가 모두 확보되는 최신 5개 연도를 자동 식별하여 분석기간으로 설정하였으며, 이에 따라 2018~2022년을 최종 분석기간으로 사용하였다. Google Trends 자료 역시 동일 기간으로 구축하였다(Table 2).

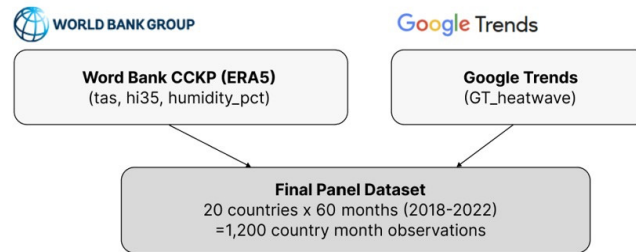
Google Trends 자료는 ‘Heat wave’와 관련된 주제(Topic)의 검색강도(search intensity)를 이용하여 국가별 월 단위 검색관심도(GT_heatwave)로 구축하였다. 본 연구에서는 개별 검색어(search term)가 아닌 Google Trends의 주제(Topic) 기능을 활용하였다. Google Trends의 Topic 기능은 특정 언어의 개별 검색어에 한정되지 않고, 동일한 개념을 나타내는 다양한 언어의 관련 검색어를 하나의 주제로 포괄하여 검색관심도를 산출하는 방식이다[14]. 따라서 본 연구에서는 서로 다른 언어를 사용하는 국가 간 폭염 관련 검색관심을 일관된 기준으로 분석하기 위해 ‘Heat wave’ Topic을 적용하였다. GT 지수는 각 국가와 분석기간 내 검색관심도를 0~100으로 정규화한 상대지수로, 100은 해당 조건에서 검색관심이 가장 높았던 시점을 의미한다[13,16]. 따라서 국가 간 검색량의 절대적 수준을 직접 비교하기보다는 각 국가 내부에서 시간에 따른 폭염 관련 검색관심의 변화를 분석하는 데 활용하였다. 두 자료는 국가코드·연도·월을 기준으로 병합하였으며, GT 자료가 확보된 20개국(아르헨티나, 호주, 브라질, 캐나다, 독일, 이집트, 스페인, 프랑스, 영국, 그리스, 인도, 일본, 한국, 멕시코, 나이지리아, 뉴질랜드, 사우디아라비아, 태국, 미국, 남아프리카공화국)을 최종 표본으로 선정하였다.

국가선정은 데이터 가용성뿐 아니라 세 가지 기준을 함께 고려하였다. 첫째, 대륙 균형으로 아시아·유럽·북아메리카·남아메리카·아프리카·오세아니아 6개 권역에 국가를 배분하였다. 둘째, 기후적 다양성을 고려하여 각 권역 내에서 고온기후 국가와 온대·냉대 국가를 함께 포함하였다. 이는 특정 기후대에 표본이 편중되는 것을 방지하고, 서로 다른 기후환경을 가진 국가들을 분석에 포함하기 위한 것이다. 셋째, Google 기반 검색자료의 대표성을 고려하였다. Google 검색엔진의 이용 비중이 상대적으로 낮고 자국 검색엔진의 이용 비중이 높은 국가(예: 중국, 러시아)는 Google Trends 자료가 해당 국가의 전반적인 온라인 정보탐색 행동을 충분히 대표하지 못할 가능성을 고려하여 표본에서 제외하였다.

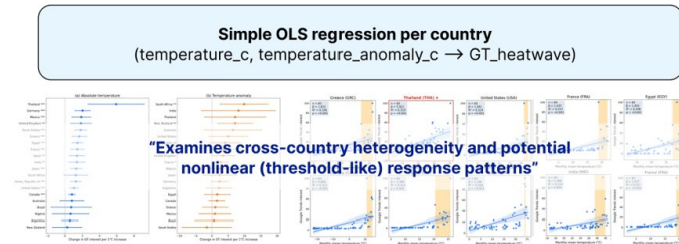
3.2. 분석 방법

본 연구의 실증분석은 국가별 이질성을 파악하기 위한 국가별 회귀분석과, 20개국을 통합하여 평균적인 관계를 추정하기 위한 패널 고정효과 회귀분석의 두 단계로 구성하였다(Fig. 1.). 먼저 국가별로 월 평균기온 및 기온편차와 Google Trends (GT) 검색관심도 간의 단순·다중회귀분석을 수행하여 기온-검색관심 관계가 국가별로 어떻게 나타나는지를 살펴보았다. 이때 이분산성으로 인한 추론의 왜곡 가능성을 고려하여 이분산성 강건 표준오차(heteroskedasticity-robust standard errors)를 적용하였다. 다음으로 20개국의 월별 자료를 통

Stage 1. Data Collection & Construction



Stage 2. Analysis 1 - Country-Specific Regression



Stage 3. Analysis 2 - Panel Fixed-Effects Regression

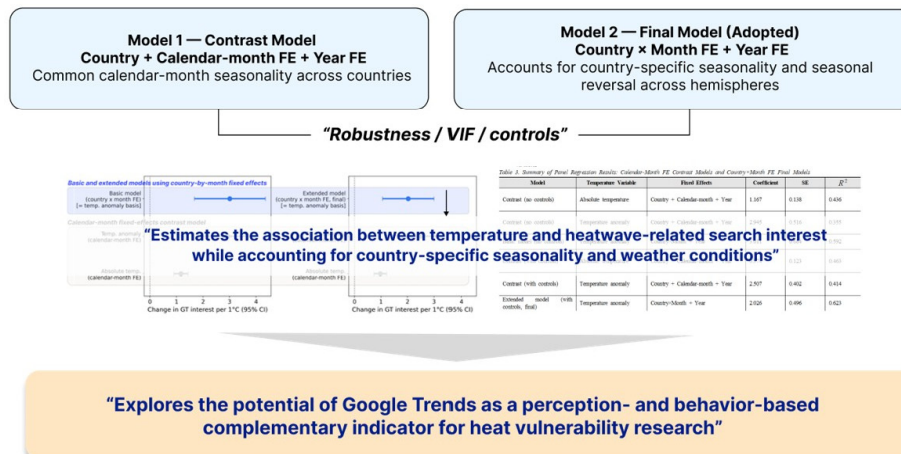


Fig. 1. Research framework and analytical workflow for examining the relationship between temperature and heatwave-related search interest

Table 2. Definition and source of key variables

Variable	Definition	Source
temperature_c	Monthly mean near-surface (2m) air temperature (CCKP variable: tas) for a given country, year, and month (°C)	World Bank CCKP (ERA5)
baseline_temperature_c	1991–2020 mean temperature for the same country and calendar month (°C)	World Bank CCKP (ERA5), authors' calculation
temperature_anomaly_c	temperature_c – baseline_temperature_c (°C)	Authors' calculation
hi35	Indicator of days with temperature ≥35°C within the month	World Bank CCKP (ERA5)
humidity_pct	Relative humidity (%)	World Bank CCKP (ERA5)
GT_heatwave	Heatwave-related search interest (normalized 0–100)	Google Trends

함하여 패널 고정효과 회귀분석을 수행하였다.

패널자료의 개체효과를 처리하기 위해 고정효과모형(fixed effects model)과 확률효과모형(random effects model)을 고려할 수 있다. 확률효과모형은 개체 고유의 관측되지 않은 특성이 설명변수와 상관되지 않는다는 가정을 전제로 하는 반면, 고정효과모형은 이러한 개체 고유의 시간불변 특성과 설명변수 간의 상관을 허용한다[24~26]. 본 연구의 분석단위인 국가는 인터넷 및 Google 이용환경, 언어, 사회·문화적 특성 등 시간에 따라 크게 변하지 않는 고유한 특성을 가지며, 이러한 관측되지 않은 국가별 특성이 기온 등 설명변수와 상관되지 않는다고 가정하기 어렵다. 이에 본 연구에서는 국가별 시간불변 특성을 통제하기 위해 고정효과모형을 채택하였다.

고정효과(fixed effects)는 국가·월·연도와 같은 범주별로 서로 다른 결편을 허용함으로써 해당 범주 내에서 공통적으로 나타나는 관측되지 않은 특성을 통제하는 방법이다. 이는 기준범주를 제외한 각

범주에 대한 더미변수를 회귀식에 포함하는 것과 동일하게 구현할 수 있다. 예컨대 국가 고정효과는 20개 국가 중 하나를 기준범주로 설정하고 나머지 19개 국가에 대한 더미변수를 회귀식에 포함시키는 것과 같다.

달력월 고정효과(calendar-month FE)는 1월부터 12월까지의 월 범주에 대해 기준 월 하나를 제외한 더미변수를 포함하여 모든 국가에 공통적인 월별 패턴을 통제하는 방식이다. 여기서 ‘달력월’은 실제 날짜상의 1~12월을 의미하므로, 동일한 ‘1월’ 범주에는 북반구 국가의 겨울철 관측치와 남반구 국가의 여름철 관측치가 함께 포함될 수 있다. 반면 국가×월 고정효과(country-by-month FE)는 국가와 월의 조합마다 별도의 고정효과를 부여함으로써 국가별로 상이한 계절적 패턴을 허용한다. 예를 들어 달력월 FE에서는 한국과 호주의 1월에 공통된 월 효과가 적용되는 반면, 국가×월 FE에서는 ‘한국의 1월’과 ‘호주의 1월’에 서로 다른 고정효과가 적용된다. 본 연구의 표본에는 계절기가 북반구와 상이한 남반구 국가 5개(아르헨티나, 호주, 브라질, 뉴질랜드, 남아프리카공화국)가 포함되어 있으므로, 국가별 계절성을 보다 유연하게 통제하기 위해 국가×월 고정효과를 적용한 모형을 최종 분석모형으로 채택하였다. 국가×월 고정효과를 적용한 기본모형은 다음과 같다.

$$GT_heatwave_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 \cdot Temp_{i,t} + FE_{Country \times month} + FE_{year} + \varepsilon_{i,t} \quad (Eq. 1)$$

여기서 아래첨자 i 는 국가, t 는 연-월을 나타내며, $GT_heatwave_{i,t}$ 는 국가 i 의 t 시점 폭염 관련 Google Trends 검색관심도, $Temp_{i,t}$ 은 절대기온(temperature_c) 또는 기온편차(temperature_anomaly)를 의미한다. β_0 는 상수항(intercept), β_1 은 기온과 GT 검색관심도 간의 관계를 나타내는 회귀계수이다. $FE_{Country \times month}$ 는 국가×월 고정효과, FE_{year} 는 연도 고정효과이며, $\varepsilon_{i,t}$ 는 오차항을 나타낸다.

기본모형에 더하여, 기온과 검색관심도 간의 관계가 다른 기상조건을 고려한 이후에도 유지되는지를 확인하기 위해 극단적 고온일의 빈도를 나타내는 hi35와 상대습도를 통제변수로 추가한 확장모형을 함께 추정하였다. 이는 폭염이 평균적인 기온 수준뿐 아니라 극단적 고온의 발생과 습도 조건과도 관련된다는 점을 고려한 것이다. 확장모형은 다음과 같다.

$$GT_heatwave_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 \cdot Temp_{i,t} + \beta_2 \cdot hi35_{i,t} + \beta_3 \cdot Humidity_pct_{i,t} + FE_{Country \times month} + FE_{year} + \varepsilon_{i,t} \quad (Eq. 2)$$

여기서 $hi35_{i,t}$ 는 국가 i 의 t 시점에서 월별 35℃ 이상 고온일의 발생 빈도를 나타내며, $Humidity_pct_{i,t}$ 는 해당 국가·시점의 월평균 상대습도를 의미한다. β_2 와 β_3 는 각각 이들 통제변수의 회귀계수를 나타낸다. 나머지 항의 정의는 Eq. 1과 동일하다.

표준오차는 국가 단위로 군집화하였다. 국가×월 고정효과는 국가·월별로 고정된 1991~2020년 평년기온(baseline temperature)을 흡수하므로, 해당 명세에서는 절대기온과 기온편차를 사용한 모형이 동일한 국가·월 내 기온변동에 의해 추정된다. 따라서 두 기온변수를 사용한 추정결과는 이론적으로 동일하게 나타난다. 또한 계절성 통제방식에 따른 결과를 비교하기 위해, 모든 국가에 공통된 달력월 고정효과를 적용한 대조모형도 함께 추정하였다.

4. 분석 결과

4.1. 국가별 회귀분석 결과

1) 기온과 검색관심의 국가별 관계

월평균기온은 20개국 중 14개국(독일, 캐나다, 한국, 미국, 사우디아라비아, 그리스, 프랑스, 영국, 일본, 스페인, 인도, 이집트, 멕시코, 태국)에서 Google Trends (GT) 검색관심도와 유의한 양(+)의 관계를 보였다($p < .05$). 반면 브라질, 나이지리아, 아르헨티나, 호주, 뉴질랜드, 남아프리카공화국에서는 통계적으로 유의한 관계가 확인되지 않았다(Fig. 2. a)).

기온편차를 기준으로 분석한 결과에서는 프랑스, 뉴질랜드, 남아프리카공화국의 3개국에서만 유의한 관계가 나타났으며($p < .05$), 나머지 17개국에서는 신뢰구간이 0을 포함하였다(Fig. 2. b)). 다만 국가별 관측치가 60개(5년×12개월)에 불과하고, 기온편차는 절대기온에 비해 국가 내 변동 폭이 상대적으로 작다는 점을 고려하면, 이러한 결과만으로 기온편차가 검색관심과 덜 관련되어 있다고 해석하기는 어렵다. 실제로 이후 20개국을 통합한 패널분석에서는 기온편차와 검색관심 간의 유의한 관계가 확인되었다.

따라서 절대기온이 기온편차보다 더 많은 국가에서 유의하게 나타났다라는 사실만으로 두 지표 중 어느 것이 검색관심에 더 결정적인 요인인지를 판단하지 않았다. 절대기온은 계절에 따른 변동 폭이 상대적으로 큰 반면, 기온편차는 국가·월별 평년값을 기준으로 산출되어 변동 폭이 제한적이므로 동일한 표본 크기에서 통계적 유의성이 검출되는 정도에 차이가 발생할 수 있기 때문이다. 더욱이 이후 국가×월 고정효과를 적용한 패널모형에서는 두 온도 변수가 수학적으로 동일한 추정결과를 갖게 된다. 이에 이하의 국가별 이질성 분석에서는 유의한 국가가 상대적으로 많아 국가별 차이를 보다 구체적으로 살펴볼 수 있는 절대기온 결과를 중심으로 논의하되, 이를 두 온도 지표의 상대적 중요성에 대한 판단으로 해석하지 않았다.

절대기온과 유의한 관계를 보인 14개국의 결정계수(R^2)는 약 0.15~0.40의 범위로 나타났다. 독일($R^2=0.398$), 한국($R^2=0.361$), 사우디아라비아($R^2=0.349$), 그리스($R^2=0.336$) 등에서 상대적으로 높은 설명력이 확인되었다. 다만 R^2 는 국가별 자료에서 기온과 검색관심 간 선형관계가 설명하는 변동의 정도를 나타내는 지표이므로, 국가 간 효과의 크기를 직접 비교하는 기준으로 해석하지 않았다.

한편 회귀계수(β)의 크기와 R^2 의 순위는 반드시 일치하지 않았다. 회귀계수는 기온이 1℃ 증가할 때 GT 관심도가 평균적으로 얼마나 변화하는지를 나타내는 반응의 크기인 반면, R^2 는 관측된 GT 변동이 기온과의 선형관계에 의해 얼마나 일관되게 설명되는지를

나타내기 때문이다. 예를 들어 독일은 $\beta=2.035$ 로 비교적 큰 회귀계수를 보이면서 R^2 역시 0.398로 높았으나, 일부 국가에서는 상대적으로 큰 계수에도 불구하고 R^2 가 낮게 나타났다. 이러한 차이는 회귀계수와 설명력이 서로 다른 측면의 정보를 제공한다는 점을 보여준다.

2) 고온 구간에서의 검색관심 집중 패턴

Fig. 2와 같이 국가별 산점도를 추가로 살펴본 결과, 일부 국가에서는 기온과 검색관심 간의 관계가 전체 온도 범위에서 일정하게 증가하기보다는 높은 기온 구간에서 검색관심도가 회귀직선의 예측값을 크게 상회하는 패턴이 관찰되었다.

대표적으로 사우디아라비아는 절대기온 회귀계수가 $\beta=1.814$ 로 비교적 크게 나타났으나 R^2 는 0.349였다. 사우디아라비아의 60개 관측치 중 21개(35%)에서 GT 관심도가 0이었으며, 이러한 0값은 낮은 기온에만 집중되지 않고 약 14~33°C에 이르는 넓은 온도 범위에서 나타났다. 사우디아라비아의 월평균기온이 33°C 이하인 관측치에서 평균 GT 관심도는 8.1이었던 반면, 33°C를 초과한 관측치에서는 41.1로 약 5배 높게 나타났다. 이는 기온과 검색관심 간의 관계가 전체 범위에서 일정한 비율로 증가하는 선형관계라기보다 고온 구간에서 검색반응이 급격하게 커질 가능성이 있음을 보여준다.

이러한 고온구간의 검색관심 집중 패턴이 사우디아라비아에 한정된 현상인지 탐색적으로 확인하기 위해, 절대기온과 GT 관심도 간에 유의한 관계가 확인된 14개국에 동일한 기준을 적용하였다. 구체적으로 각 국가에서 기온 상위 30% 구간에 위치하면서 회귀직선 잔차가 해당 국가 잔차 표준편차의 1.5배를 초과하는 관측치가 2개 이상 존재하는지를 확인하였다.

그 결과 태국을 제외한 13개국에서 해당 기준을 충족하는 고온구간 집중 패턴이 확인되었다(Fig. 2의 음영 부분). 예를 들어 한국에서는 월평균기온이 가장 높았던 관측치인 26.8°C에서 회귀모형이

예측한 GT 관심도가 35.8이었으나 실제 GT 관심도는 100으로 나타났다. 그리스에서도 26.1°C에서 예측 GT 관심도는 27.5였으나 실제값은 100으로 나타났다. 이처럼 고온 구간에서 선형모형의 예측값을 뚜렷하게 상회하는 검색반응은 사우디아라비아에만 국한되지 않았으며, 본 연구에서 설정한 탐색적 기준에 따르면 유의한 관계를 보인 14개국 중 13개국에서 관찰되었다.

반면 태국은 동일한 검색관심 집중 패턴을 보이지 않았다. 태국의 관측기온은 22.6~30.1°C라는 비교적 좁은 범위에 분포하고 있었으나, 그 범위 전반에서 GT 관심도는 1점에서 100점까지 변화하였으며 절대기온 회귀계수 역시 $\beta=5.921$ 로 20개국 가운데 가장 크게 나타났다. 따라서 태국은 특정 고온 시점에서 일부 관측치가 국지적으로 집중되는 형태보다는 관측된 온도 범위 전체에서 기온 증가에 따른 검색관심의 기울기가 크게 나타나는 특성을 보였다.

다만 본 분석에서 사용한 기준은 선형회귀의 잔차에 기초하여 설정한 탐색적 기준이며, 비선형 회귀나 문턱회귀(threshold regression)를 통해 통계적 문턱값을 직접 추정하는 것은 아니다. 따라서 이러한 결과를 특정 온도에서 검색관심이 구조적으로 변화한다는 확정적 증거로 해석하기보다는, 고온 구간에서 선형모형의 예측을 상회하는 검색반응이 나타날 가능성을 보여주는 탐색적 결과로 해석하였다. 이에 대한 구체적인 의미와 후속 연구방향은 5장에서 논의한다.

4.2. 달력월 고정효과 대조모형 분석

20개국의 월별 자료를 통합한 패널분석에서는 먼저 모든 국가에 공통된 달력월 고정효과(calendar-month fixed effects)를 적용한 대조모형을 추정하였다.

통제변수를 포함하지 않은 모형에서 월평균기온이 1°C 높을 때 GT 관심도는 평균 1.17점 높은 것으로 나타났으며($p<0.001$), hi35와 습도를 추가한 모형에서도 0.97점의 유의한 양(+)의 관계가 유지되

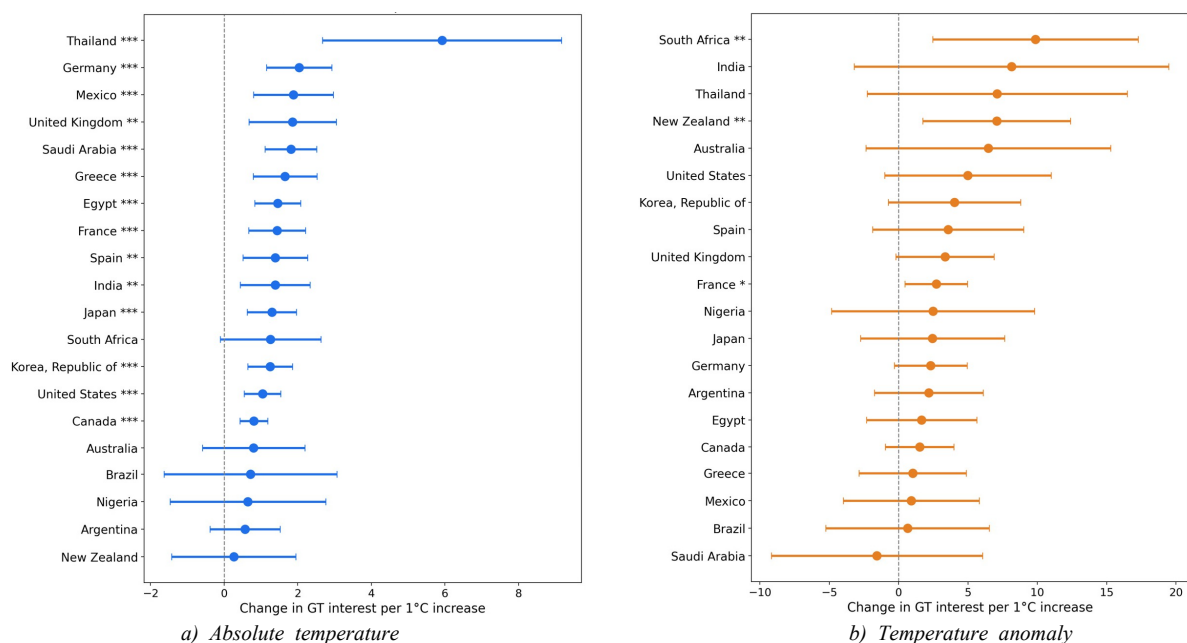


Fig. 2. Country-specific regression coefficients with 95% confidence intervals

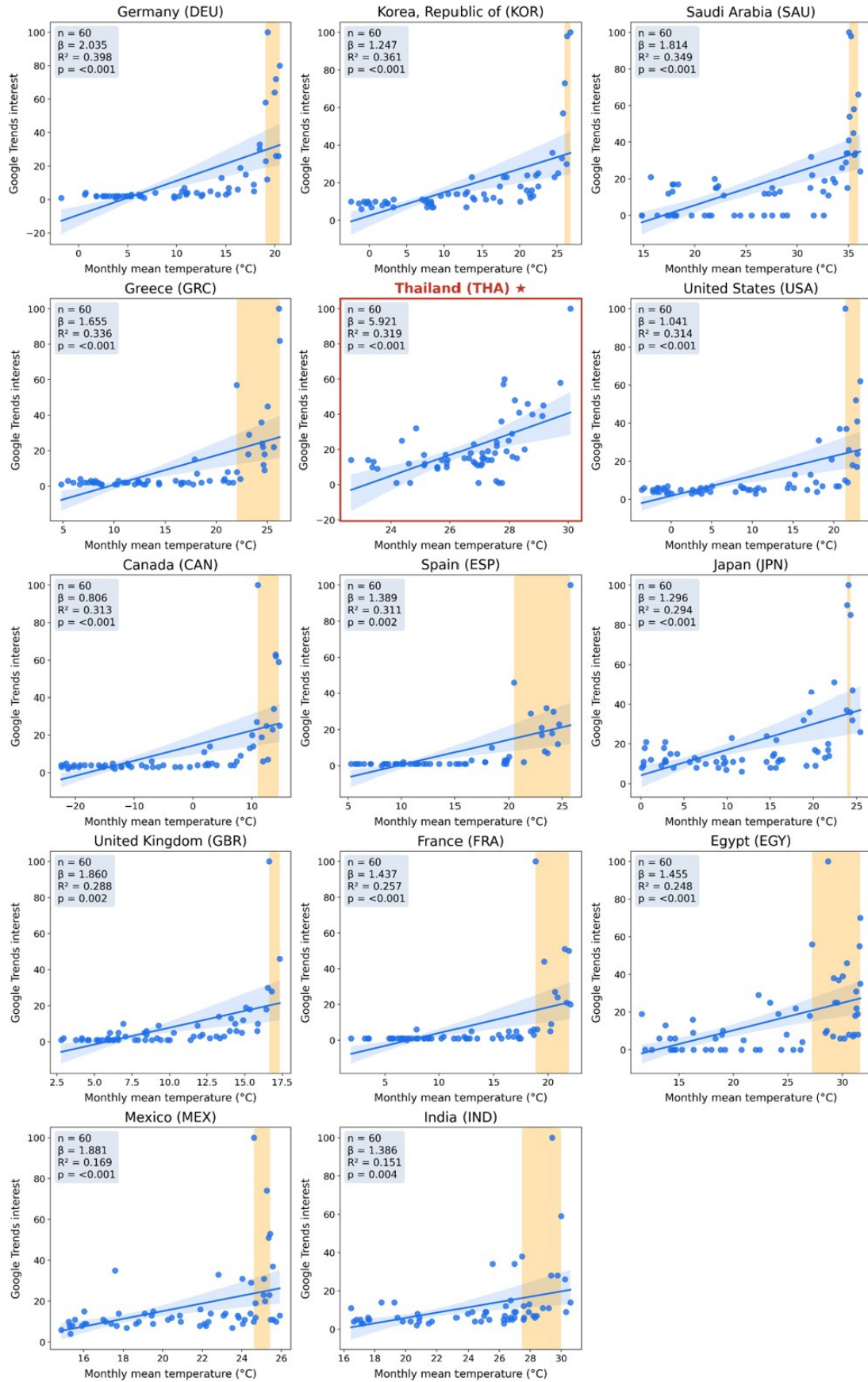


Fig. 3. Country-specific regression coefficients for monthly mean temperature with 95% confidence intervals

었다($p < .001$).

기온편차를 사용한 경우에도 유의한 양(+)의 관계가 확인되었다. 통제변수가 없는 모형에서는 기온편차가 1°C 증가할 때 GT 관심도가 평균 2.95점 증가하였으며($p < .001$), hi35와 습도를 통제한 모형에서는 평균 2.51점 증가하였다($p < .001$).

다만 달력월 고정효과는 모든 국가의 동일한 달력월에 공통된 계절효과를 부여한다. 본 연구의 표본에는 북반구와 남반구 국가가 함께 포함되어 있으므로 동일한 달력월이 국가에 따라 서로 다른 계절적 조건을 나타낼 수 있어, 국가별 계절성이 충분히 통제되지 않을 가능성이 있다. 따라서 달력월 고정효과 모형은 결과 비교를 위한 대조모형으로 활용하고, 국가별 계절성을 통제하는 국가×월 고정효과 모형을 최종 분석모형으로 채택하였다.

4.3. 국가×월 고정효과 최종모형 분석

1) 국가×월 고정효과 추정 결과

본 연구의 표본에는 아르헨티나, 호주, 브라질, 뉴질랜드, 남아프리카공화국 등 남반구 국가 5개국이 포함되어 있다. 실제로 표본 내 북반구 국가의 평균기온은 7월에 가장 높게 나타난 반면(24.25°C), 남반구 국가의 평균기온은 1월에 가장 높게 나타나(23.21°C) 상이

한 계절주기가 확인되었다. 따라서 북반구와 남반구에 동일한 달력월 고정효과를 적용할 경우 국가별 계절성이 충분히 통제되지 않을 가능성이 있다.

이에 국가별 계절성을 통제하기 위해 국가×월 고정효과(country-by-month fixed effects)와 연도 고정효과를 포함하여 패널모형을 재추정하였다. 그 결과 통제변수를 포함하지 않은 기본모형에서 기온의 회귀계수는 3.011($SE=0.684$, $p < .001$, $R^2=0.592$)로 나타났다. hi35와 습도를 통제한 확장모형에서는 기온계수가 2.026($SE=0.496$, $p < .001$, $R^2=0.623$)으로 나타나 다른 기상조건을 통제한 이후에도 기온과 GT 검색관심도 간의 유의한 양(+)의 관계가 유지되었다(Table 3.).

한편 최종 확장모형에서 통제변수의 회귀계수를 살펴보면, hi35는 3.619($SE=0.984$, $p < .001$)로 유의한 양(+)의 관계를 보여 월평균 기온을 통제한 이후에도 극단적 고온일의 빈도가 검색행동에 별도로 관련되어 있음이 확인되었다. 반면 상대습도는 -0.718 ($SE=0.179$, $p < .001$)로 유의한 음(-)의 관계를 보였다. 추가적으로 국가별 월평균기온과 상대습도의 상관관계를 확인한 결과, 표본 20개국 중 14개국에서 음(-)의 상관관계가 나타났다. 다만 상대습도는 본 연구의 주요 관심변수가 아닌 통제변수이므로, 해당 계수의 의미에 대해서는 제한적으로 해석하였다.

Table 3. Summary of panel regression results: Calendar-month FE contrast models and country×month FE final models

Model	Temperature measure	Fixed effects	Temperature coefficient	SE	R ²
Contrast (no controls)	Absolute temperature	Country+calendar-month+year	1.167***	0.138	0.436
Contrast (no controls)	Temperature anomaly	Country+calendar-month+year	2.945***	0.516	0.355
Basic model (no controls)	Temperature anomaly	Country×month+year	3.011***	0.684	0.592
Contrast (with controls)	Absolute temperature	Country+calendar-month+year	0.974***	0.123	0.463
Contrast (with controls)	Temperature anomaly	Country+calendar-month+year	2.507***	0.402	0.414
Extended model (with controls, final)	Temperature anomaly	Country×month+year	2.026***	0.496	0.623

Note: ‘Contrast’ rows refer to the calendar-month fixed-effects models discussed in Section 4.2, while ‘Basic model’ and ‘Extended model’ are the country×month fixed-effects models adopted as the final specification of this study. Models with controls additionally include hi35 and relative humidity. Coefficients are for the temperature variable specified in each row; control-variable coefficients are reported in Section 4.3. Standard errors are clustered by country (20 clusters); N = 1,200. *** $p < .001$, ** $p < .01$, * $p < .05$.

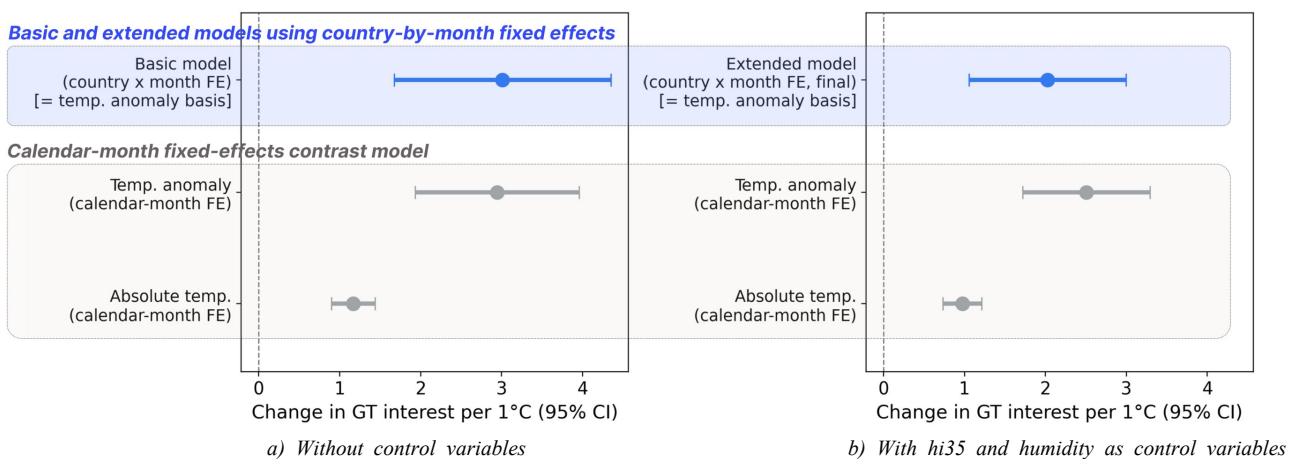


Fig. 4. Comparison of temperature coefficients between the basic/extended models in Table 3 (blue) and the calendar-month FE contrast models (gray)

국가×월 고정효과 모형에서는 절대기온과 기온편차를 사용한 경우 회귀계수, 표준오차 및 R^2 가 동일하게 산출되었다. 이는 기온 편차가 실제기온에서 국가·월별 1991~2020년 평년기온을 차감하여 산출된 변수이며, 국가×월 고정효과가 각 국가·월 조합 내에서 일정한 평년기온을 완전히 흡수하기 때문이다. 따라서 국가×월 고정효과 모형에서 절대기온과 기온편차는 동일한 국가·월 내 기온변동에 의해 계수가 식별된다. 이러한 결과는 모형의 구조와 변수의 정의에 의해 이론적으로 예상되는 결과이며, 실제 추정결과가 이에 부합하였음을 보여준다.

국가×월 고정효과 최종모형과 달력월 고정효과 대조모형을 비교하면 계절 통제방식에 따른 차이가 확인되었다. 절대기온의 경우 통제변수가 없는 모형에서는 회귀계수가 1.17에서 3.01로 증가하였으며, 통제변수를 포함한 모형에서는 0.97에서 2.03으로 증가하였다. 이는 절대기온이 계절에 따른 변동을 직접 포함하고 있기 때문에 국가별 계절성 통제방식에 상대적으로 민감하게 나타났음을 보여준다.

반면 기온편차는 통제변수가 없는 경우 계수가 2.95에서 3.01로 소폭 증가하였으나, 통제변수를 포함하면 2.51에서 2.03으로 감소하였다. 기온편차는 정의상 국가·월별 평년기온이 이미 차감된 변수이므로 달력월 고정효과를 적용한 경우에도 계절성이 일정 부분 제거되어 있고, 이에 따라 국가×월 고정효과로 전환했을 때 절대기온만큼 일관된 계수 변화가 나타나지 않은 것으로 해석할 수 있다. 따라서 국가별 계절성을 통제하면 회귀계수가 항상 증가한다고 일반화하기보다는, 계절 통제방식이 추정결과에 영향을 미치며 그 영향이 절대기온과 기온편차에서 서로 다르게 나타날 수 있다고 해석하는 것이 타당하다.

한편 모형의 설명력은 국가×월 고정효과를 적용한 경우 전반적으로 높게 나타났다. 달력월 고정효과 대조모형의 R^2 는 약 0.35~0.46이었던 반면 국가×월 고정효과 최종모형에서는 약 0.59~0.62 수준으로 증가하였다(Table 3.).

Fig. 4.는 Table 3.의 달력월 고정효과 대조모형과 국가×월 고정효과 최종모형의 기온계수 및 신뢰구간을 비교한 것이다. 패널 (a)는 통제변수가 없는 모형, 패널 (b)는 hi35와 습도를 통제한 모형을 나타낸다. 회색 점은 달력월 고정효과 대조모형에서 절대기온과 기온편차를 각각 사용한 추정치를 나타내며, 국가×월 고정효과를 적용한 최종모형은 앞서 설명한 바와 같이 절대기온과 기온편차의 결과가 동일하므로 하나의 추정치로 제시하였다. 이러한 비교는 국가별 계절성을 통제하는 방식에 따라 기온과 검색관심 간의 추정관계가 달라질 수 있음을 시각적으로 보여준다.

2) 다중공선성 진단 및 민감도 분석

국가×월 고정효과와 같이 다수의 터미변수를 포함하는 회귀모형에서는 설명변수 간 다중공선성 여부를 확인할 필요가 있다. 이에 분산팽창지수(Variance Inflation Factor, VIF)를 이용하여 관심 변수와 통제변수의 다중공선성을 점검하였다.

분석 결과 관심 변수인 기온편차(temperature_anomaly_c)의 VIF는 1.36으로 낮은 수준이었으나, 통제변수인 hi35와 습도의 VIF는 각각 12.81과 29.62로 상대적으로 높게 나타났다. 이는 hi35와 습도가 기온 및 계절적 변동과 높은 관련성을 가질 가능성을 시사한다.

일반적으로 VIF가 10을 초과하면 높은 다중공선성이 존재하는 것으로 판단하는 경험적 기준이 널리 활용되고 있다. 그러나 VIF가 10을 초과한다는 이유만으로 해당 변수를 기계적으로 제거해야 한다는 기준에는 방법론적 이견이 존재한다[27]. 특히 다중공선성은 회귀계수 자체에 편향을 발생시키기보다는 해당 변수들의 표준오차를 증가시켜 개별 계수의 추정 정밀도를 낮추는 문제이며, 연구의 주된 관심 변수가 아닌 통제변수의 VIF가 높더라도 관심 변수의 VIF가 낮고 관심 계수의 방향과 안정성이 유지된다면 높은 VIF만을 근거로 통제변수를 제거하는 것은 적절하지 않을 수 있다[28].

본 연구에서는 관심 변수인 기온편차의 VIF가 1.36으로 낮은 반면 높은 VIF는 hi35와 습도라는 통제변수에서 나타났다. 따라서 통제변수의 높은 VIF가 관심 변수인 기온편차 계수의 추정 안정성에 영향을 미치는지를 추가적으로 확인하였다.

이를 위해 hi35와 습도를 각각 단독으로 포함한 축소모형을 추가로 추정하였다. 그 결과 hi35만 통제한 모형에서 기온편차의 회귀계수는 2.485($p < .001$), 습도만 통제한 모형에서는 2.473($p < .001$)으로 나타났다. 두 통제변수를 모두 포함한 최종 확장 모형에서의 기온편차 계수는 2.026($p < .001$)이었다. 즉 통제변수의 구성에 따라 기온계수의 크기에는 일정한 변화가 있었으나, 모든 모형에서 계수의 방향은 양(+)으로 동일하게 유지되었으며 통계적 유의성 역시 $p < .001$ 수준에서 일관되게 나타났다.

따라서 hi35와 습도에서 상대적으로 높은 VIF가 확인되었으나, 본 연구의 주된 관심변수인 기온편차의 회귀계수는 통제변수의 구성에 따라 크기가 다소 변화하였으나, 방향과 통계적 유의성은 일관되게 유지되었다. 이에 본 연구에서는 이론적 필요성과 민감도 분석 결과를 종합적으로 고려하여 hi35와 습도를 최종 확장모형의 통제변수로 유지하였다.

5. 고찰 및 결론

5.1. 핵심 발견

본 연구는 20개국의 2018-2022년 월별 자료를 이용하여 실제 기온과 Google Trends 폭염 검색관심도 간의 관계를 국가별 회귀분석과 패널 고정효과모형을 통해 분석하였다. 주요 결과는 Table 4.와 같이 네 가지로 요약할 수 있다.

첫째, 국가별 회귀분석에서는 20개국 중 14개국에서 월평균기온과 GT 검색관심도 간 유의한 양(+)의 관계가 확인되었으나, 회귀계수와 설명력에는 상당한 국가별 차이가 나타났다. 이는 기온 변화와 온라인 정보탐색 행동 간의 관계가 다수 국가에서 관찰되는 동시에 그 크기와 형태는 국가별로 상이할 수 있음을 보여준다.

둘째, 유의한 관계를 보인 국가 다수에서는 고온구간에서 검색관심이 선형회귀의 예측값을 상회하는 집중 패턴이 관찰되었다. 태국을 제외한 13개국이 본 연구에서 설정한 탐색적 기준을 충족하였다. 반면 태국은 비교적 좁은 기온범위 전반에서 높은 기울기를 보여 다른 국가와 상이한 검색반응 형태를 나타냈다. 기존 건강영향 연구에서 기온에 대한 건강반응의 기준점이 지역 기후와 적응수준에 따라 달라질 수 있음이 보고된 바 있으며[29], 이러한 논의를 참고하면 검

Table 4. Summary of main findings and interpretations

Analysis	Main finding	Interpretation
Country-specific regression	Significant positive association in 14 of 20 countries	Temperature-search relationships are evident in most countries but vary in magnitude and pattern
High-temperature pattern	High-temperature concentration pattern identified in 13 countries, with a distinct pattern in Thailand	Search responses may vary in form across different climatic contexts
Panel fixed-effects model	Positive association remained under country×month fixed effects	Average association persists after controlling for country-specific seasonality
Model specification	Absolute temperature and temperature anomaly yielded identical estimates under country×month fixed effects	Their relative effects cannot be separately identified under this specification

색행동에서도 지역의 장기적 기후환경에 따른 반응 차이가 존재할 가능성을 탐색적으로 고려할 수 있다. 다만 건강결과에 관한 선행연구를 검색행동에 직접 적용할 수는 없으므로, 이는 향후 일 단위 자료와 비선형모형을 통해 검증할 필요가 있다.

셋째, 20개국을 통합한 국가×월 고정효과모형에서도 기온과 검색관심 간의 유의한 양(+)의 관계가 유지되었다. hi35와 습도를 통제한 최종모형에서 기온이 1℃ 높은 경우 GT 검색관심도는 평균 약 2.03점 높은 것으로 나타나, 국가별 계절성과 다른 주요 기상조건을 고려한 이후에도 두 변수 간의 통계적 연관성이 확인되었다.

넷째, 국가×월 고정효과를 적용한 최종모형에서는 절대기온과 기온편차의 추정결과가 동일하게 나타났다. 이는 기온편차가 실제 기온에서 국가·월별 평년기온을 차감한 변수이며, 국가×월 고정효과가 해당 상수부분을 흡수하기 때문이다. 따라서 본 연구는 기온 변화와 검색관심 간의 연관성을 확인하지만, 절대적인 기온수준과 평년 대비 이상고온 가운데 어느 요인이 검색행동에 상대적으로 더 중요한지를 최종모형만으로 구분하여 식별하지는 못한다. 이 결과는 고정효과 선택이 단순한 통제방식이 아니라 변수의 해석 가능성에도 직접 영향을 미친다는 점을 보여준다.

5.2. 연구의 시사점

본 연구의 첫 번째 시사점은 Google Trends 검색관심도를 기존 폭염 취약성 지표를 대체하는 지표가 아니라, 대중의 온라인 정보탐색 행동을 보완적으로 관찰할 수 있는 정보원으로 활용할 가능성을 제시하였다는 점이다. GT 검색관심도는 심리적 위험인식을 직접 측정하는 자료는 아니지만, 폭염 상황에서 실제 정보탐색이 언제 증가하는지를 시계열적으로 관찰할 수 있다는 점에서 기존의 물리적·사회인구학적 지표와 다른 정보를 제공한다. 따라서 GT 검색관심도는 그 자체로 취약성을 대표하기보다, 기존 지표가 포착하지 못하는 대중의 관심과 정보탐색 행동을 간접적으로 반영하는 보조지표

로 활용하는 것이 적절하다.

둘째, 국가별 회귀분석과 패널 고정효과 분석을 병행함으로써 기온-검색관심 관계의 국가별 이질성과 전체적인 평균 관계를 함께 확인하였다는 점에서 방법론적 의의가 있다. 패널 고정효과모형은 국가별 계절성과 시간불변 특성을 통제한 평균적 관계를 추정하는 반면, 국가별 분석은 평균적인 패널계수만으로 드러나지 않는 국가 간 차이와 고온구간의 검색관심 집중 패턴을 보여준다. 이러한 분석들은 폭염뿐 아니라 다른 기후·환경위험에 대한 온라인 정보탐색 행동을 비교하는 연구로 확장될 수 있다는 점에서도 의미가 있다. 다만 분석대상을 확장할 경우에는 각 위험의 시간적 특성과 지역별 기후 및 정보환경을 고려하여 변수와 분석단위를 설정할 필요가 있다.

한편 GT 검색관심도의 활용 범위는 위험인식이나 실제 대응행동과 구분하여 이해할 필요가 있다. Protective Action Decision Model (PADM)은 위험정보의 수용과 처리, 위험 및 보호행동에 대한 인식, 실제 행동반응을 서로 관련되어 있으나 구분되는 과정으로 설명한다[30]. 폭염 관련 검색 역시 상황 확인, 위험에 대한 우려, 대응방법 탐색 등 다양한 동기를 포함할 수 있으므로, 본 연구의 검색관심은 대중의 관심과 온라인 정보탐색 행동을 나타내는 지표로 제한하여 해석하는 것이 적절하다.

정책적으로는 본 연구에서 탐색적으로 확인된 고온구간의 검색관심 집중 패턴을 향후 폭염 경보체계와 연계하여 검토할 수 있다. 일 단위 기온자료와 검색자료를 활용하여 검색반응이 증가하는 기온 수준을 국가별로 추정하고 이를 공식 정보 기준과 비교한다면, 폭염경보와 대중의 정보탐색 반응 간의 시간적 관계를 보다 구체적으로 평가할 수 있을 것이다. 다만 본 연구는 국가 단위의 월평균기온과 월별 검색자료를 사용하였으므로 현재 결과를 일 단위 폭염특보 기준과 직접 비교하는 것은 적절하지 않다.

5.3. 연구의 한계 및 제언

본 연구는 다음과 같은 한계를 가진다. 첫째, Google Trends는 각 국가 및 분석기간 내에서 0~100으로 정규화된 상대지수이므로 국가 간 검색량의 절대적 수준을 직접 비교하기 어렵다. 따라서 본 연구의 결과는 국가 간 검색량 자체의 차이보다 각 국가 내 기온 변화에 따른 검색관심의 변동을 중심으로 해석할 필요가 있다.

둘째, 자료의 시간적 해상도에 한계가 있다. 본 연구는 2018~2022년의 월 단위 자료를 사용하여 국가별 관측치가 60개에 그치며, 월 평균기온은 일 단위로 발생하는 극단적 고온을 평활할 수 있다. 본 연구에서는 극단적 고온일의 빈도인 hi35를 통제하였으나 이러한 한계를 완전히 해소하기는 어렵다. 향후 일 최고기온 또는 체감온도와 일 단위 검색자료를 활용한다면 검색행동의 단기적 반응을 보다 직접적으로 분석할 수 있을 것이다.

셋째, 국가×월 고정효과 모형에서는 절대기온과 기온편차가 동일한 국가·월 내 변동에 의해 식별되므로 두 온도지표의 상대적 영향을 분리하여 추정할 수 없다. 또한 고온구간의 검색관심 집중 패턴은 탐색적 결과로서 통계적으로 검증된 문턱효과를 의미하지 않는다. 향후 일 단위 자료와 구간회귀, spline, generalized additive model (GAM) 등의 비선형모형을 활용하여 국가별 검색반응의 형태와 잠재적 문턱값을 검증할 필요가 있다.

넷째, 본 연구는 기온과 Google Trends 검색관심 간의 통계적 연관성을 분석한 것으로 인과관계를 규명한 것은 아니다. 언론보도나 폭염경보와 같이 기온과 검색행동 사이에 작용할 수 있는 매개요인을 현재 자료에서는 분리하여 확인하지 못하였다.

이러한 한계에도 불구하고 본 연구는 20개국 자료를 통해 실제 기온과 온라인 정보탐색 행동 간의 관계를 국가별 이질성과 계절성을 함께 고려하여 분석하였다는 점에서 의의가 있다. 향후 일 단위·지역 단위 자료와 인식·건강 관련 자료를 결합하여 분석한다면, 폭염 취약성 평가에서 행동 기반 정보의 활용 가능성을 보다 구체적으로 검증할 수 있을 것으로 기대된다.

References

- [1] World Health Organization, Climate change: Heat and health, <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-heat-and-health>, 2026.08.09.
- [2] Lancet Countdown, The 2025 report of the Lancet Countdown on health and climate change, 2025.
- [3] 기상청, 2026년도 여름철 주요 방재기상대책, 보도자료, 2026.05.12. // (Korea Meteorological Administration, Major disaster prevention weather measures for summer 2026, Press Release, 2026.05.12.)
- [4] National Weather Service, Understanding heat alerts, <https://www.weather.gov/box/criteria>, 2026.08.09.
- [5] National Weather Service, HeatRisk, <https://www.wpc.ncep.noaa.gov/heatrisk/>, 2026.08.09.
- [6] Met Office, Heatwave, <https://weather.metoffice.gov.uk/learn-about/weather/types-of-weather/temperature/heatwave>, 2026.08.09.
- [7] UK Health Security Agency, Met Office, Weather-health alerting system user guide, 2025.
- [8] Intergovernmental Panel on Climate Change, Climate change 2022: Impacts, adaptation and vulnerability, Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge: Cambridge University Press, 2022.
- [9] Y. Niu et al., A systematic review of the development and validation of the heat vulnerability index: Major factors, methods, and spatial units, *Current Climate Change Reports*, 7(3), 2021, pp.87-97.
- [10] P. Romero-Lankao et al., Urban vulnerability to temperature-related hazards: A meta-analysis and meta-knowledge approach, *Global Environmental Change*, 22(3), 2012, pp.670-683.
- [11] Y. Kim, Y. Kim, Explainable heat-related mortality with random forest and SHapley Additive exPlanations (SHAP) models, *Sustainable Cities and Society*, 79, 2022, 103677.
- [12] V. Lyngdoh et al., District-level climate vulnerability assessment in Meghalaya using an IPCC AR5 framework, *Scientific Reports*, 15(1), 2025, 42486.
- [13] Y. Kim, Y. Kim, Global regionalization of heat environment quality perception based on K-means clustering and Google trends data, *Sustainable Cities and Society*, 96, 2023, 104710.
- [14] M. Gartin et al., Climate change as an involuntary exposure: A comparative risk perception study from six countries across the global development gradient, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(6), 2020, 1894.
- [15] I. El Ouadghiri et al., Attention to biodiversity and stock returns, *International Review of Financial Analysis*, 97, 2025, 103855.
- [16] T. Preis, H.S. Moat, H.E. Stanley, Quantifying trading behavior in financial markets using Google Trends, *Scientific Reports*, 3, 2013, 1684.
- [17] B. Bondi et al., Google Trends as a health sentinel. ALERT study: Analyzing symptoms perceptions related to environmental pollution, *Respiratory Medicine*, 252, 2026, 108623.
- [18] 송태민, 빅 데이터를 활용한 자살요인 다변량 분석: Google 검색트렌드 적용, 보건·복지 Issue & Focus, 제168호, 2012, pp.1-8. // (T.M. Song, Multivariate analysis of suicide factors using big data: Application of Google search trends, *Health and Welfare Issue & Focus*, 168, 2012, pp.1-8.)
- [19] 김세현, 황성식, 구글 트렌드를 통해 살펴 본 아시아 한류 네트워크: EXO 사례를 중심으로, 문화경제연구, 제22권 제2호, 2019, pp.29-56. // (S.H. Kim, S.S. Hwang, Asian Hallyu network examined through Google Trends: Focusing on the case of EXO, *Journal of Cultural Economics*, 22(2), 2019, pp.29-56.)
- [20] J. Meyer et al., Societal attention to heat waves can indicate public health impacts, *Weather, Climate, and Society*, 15(3), 2023, pp.557-569.
- [21] N. Dasandi et al., Public engagement with health and climate change around the world: A Google Trends analysis, *The Lancet Planetary Health*, 9(3), 2025, pp.e236-e244.
- [22] Y. Kim, Y. Kim, An analytical framework for assessing heat vulnerability in urban thermal environmental planning, *Urban Climate*, 58, 2024, 102145.
- [23] World Bank Group, Climate change knowledge portal, <https://climateknowledgeportal.worldbank.org/>, 2026.08.09.
- [24] 박진웅, 최진무, 패널고정효과모형을 이용한 아파트가격 관련변수의 영향력 분석, 대한지리학회지, 제55권 제5호, 2020, pp.541-553. // (J.H. Park, J.M. Choi, Analysis of the impact of explanatory variables related to apartment price using panel fixed effect model, *Journal of the Korean Geographical Society*, 55(5), 2020, pp.541-553.)
- [25] 민인식, 최필선, STATA 패널데이터 분석, 서울: 한국STATA학회, 2009. // (I.S. Min, P.S. Choi, STATA panel data analysis, Seoul: Korean STATA Association, 2009.)
- [26] B.E. Hansen, *Econometrics*, Princeton: Princeton University Press, 2022.
- [27] R.M. O'Brien, A caution regarding rules of thumb for variance inflation factors, *Quality & Quantity*, 41(5), 2007, pp.673-690.
- [28] E. Fieldhouse, D. Cutts, Confounding and collinearity in regression analysis: A cautionary tale and an alternative procedure, illustrated by studies of British voting behaviour, *Quality & Quantity*, 52(6), 2018, pp.2557-2576.
- [29] S. Hajat, T. Kosatky, Heat-related mortality: A review and exploration of heterogeneity, *Journal of Epidemiology and Community Health*, 64(9), 2010, pp.753-760.
- [30] M.K. Lindell, R.W. Perry, The protective action decision model: Theoretical modifications and additional evidence, *Risk Analysis*, 32(4), 2012, pp.616-632.