



## Predicting the Effects of Tourism Development on Environmental Pollution Emissions in Leading Tourist Destination Countries

Ali Monazzam Ismailpour<sup>1✉</sup>, Ahmad Roumiani<sup>2</sup>, Fahmieh Yusufzadeh Sahlabadi<sup>3</sup>

1. (Corresponding Author) *Department of Geography, Faculty of Social Sciences, Payam Noor University, Tehran, Iran*

**Email:** [monazzam.ali@pnu.ac.ir](mailto:monazzam.ali@pnu.ac.ir)

2. *Department of Geography, Faculty of Literature and Humanities, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran*

**Email:** [roumiani.ah@mail.um.ac.ir](mailto:roumiani.ah@mail.um.ac.ir)

3. *Department of Geography, Faculty of Literature and Humanities, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran*

**Email:** [fyousefzdeh89@gmail.com](mailto:fyousefzdeh89@gmail.com)

### Article Info

**Article type:**  
**Research Article**

### Article History:

**Received:**

10 December 2025

**Received in revised form:**

4 March 2026

**Accepted:**

10 April 2026

**Available online:**

16 May 2026

### Keywords:

*Tourism Development,  
Tourist Destinations,  
Environmental Pollution,  
Penalized Models.*

### ABSTRACT

In recent decades, tourism development has been recognized as one of the most important drivers of economic growth in many countries. However, the expansion of its activities can have consequences such as increased resource consumption, waste generation, and pollutant emissions. The purpose of this research is to predict the effects of tourism development on environmental pollution emissions in the world's leading tourist destination countries. Data for the study were obtained from the World Bank databases and the Global Footprint Network, covering an eight-year period (2010–2017). For data analysis, penalized regression models, including Linear Regression, Ridge Regression, Lasso Regression, and Elastic Net Regression, were employed. The results revealed that the levels of environmental pollution were highest in China (2.46), Mexico (0.946), and Thailand (0.857), while the average CO<sub>2</sub> emissions in the United States and China were 0.74336 and 0.21523, respectively. Furthermore, analysis of MSE and R<sup>2</sup> values showed that the Lasso model performed better than its competing models. Specifically, the predicted value for PM<sub>2.5</sub> was 1.014, and for CO<sub>2</sub>, 0.726 in the Lasso model. A slight improvement in the performance of penalized regression models compared to the standard linear regression was also observed. The model comparison indicated that Ridge and Elastic Net regressions selected a greater number of predictive indicators compared to Lasso, while Lasso demonstrated superior predictive accuracy in estimating environmental pollutants (PM<sub>2.5</sub>, CO<sub>2</sub>). Overall, the findings confirm that penalized regression models serve as effective and powerful tools that significantly enhance the accuracy and reliability of predictions regarding the impacts of tourism development on environmental pollution in the examined countries.

**Cite this article:** Monazzam Ismailpour, A., Roumiani, A., Yusufzadeh Sahlabadi, F. (2026). Predicting the Effects of Tourism Development on Environmental Pollution Emissions in Leading Tourist Destination Countries. *Human Geography Research Quarterly*, 58 (2), 19-38.

<http://doi.org/10.22059/jhgr.2026.387237.1008773>



## Extended Abstract

### Introduction

The tourism industry has been cited as a key strategy in boosting global economic development, increasing foreign exchange, and increasing exports. The importance of this industry in the areas of employment and local income, and promoting cultural and environmental values in developed and underdeveloped countries, is essential. According to statistics published by the World Travel and Tourism Council (2019), the tourism industry contributed US\$8.8 trillion to global GDP and created one-tenth of all jobs in the world in 2018.

### Methodology

To examine the indicators of tourism development and environmental pollution, data from (2010 to 2017) has been extracted from (<https://databank.worldbank.org>,) and (<https://data.footprintnetwork.org>). To examine this issue, we considered two dependent variables (output), namely CO<sub>2</sub> and PM<sub>2.5</sub> environmental pollution. Also, from 10 tourism development indicators (predictor variables), including the number of international tourist arrivals (A1), international tourism expenditure (total imports) (A2), international tourism expenditure (current US dollars) (A3), passenger transportation costs (current US dollars) (A4); international tourism travel item costs (current US dollars) (A5), number of international tourist departures (A6); International tourism revenue (total exports) (A7), international tourism receipts (current US dollars) (A8), international tourism passenger transport item receipts (current US dollars) (A9), and international tourism travel item receipts (current US dollars) (A10) have been used. Also, MSE (mean square error), RMSE (root mean square error), and R-square (coefficient of determination) values were used to measure performance. With  $n$  as the total number of observations, it should be noted that the analyses mentioned were performed in R 4.0 (R Core Team, 2020) using different packages.

### Results and discussion

In order to answer the purpose and question raised in this research, penalized regression methods were used. One of the methods is the ordinary linear regression (OLS) model, which is the simplest algorithm that outperforms other fancy and complex models. The OLS method can only determine the factors affecting the dependent variable and has serious analytical deficiencies in predicting related variables and groups, and its results are unstable. Therefore, to overcome some of the weaknesses of this method in improving the performance of variables, penalized regression models (Ridge, Lasso, and ElasticNet) were used. The advantages of penalized models can be stated as follows: first, they manage and select the multicollinearity of the models; second, these models allow testing a large number of predictor variables; third, they introduce biases in the estimation of the models and reduce the mean square error of the responding variable.

In this study, we have shown how ML algorithms can be more reliable in estimating production process parameters than classical statistical models. The use of ML models can help in planning environmental pollution reduction in top tourism destination countries, to reduce both economic costs and biological damage.

In this study, it was shown how a wide range of tourism development indicators, including the number of tourist arrivals, transportation costs, travel item costs, number of departures, total export revenue costs, passenger transport item costs, and receipts costs, affect environmental pollution and there is evidence of their positive effects on the emission of environmental pollutants (PM<sub>2.5</sub>, CO<sub>2</sub>). In addition, we showed how tourism development has increased environmental pollution in the top tourism destination countries.

### Conclusion

The results of the study showed that the average PM<sub>2.5</sub> emissions in China, Mexico, and Thailand are 2.46, 0.946, and 0.857, and the average CO<sub>2</sub> emissions in

the United States and China are 0.74336 and 0.21523. The prediction results of the models were also compared using the root mean square error (RMSE), mean square error (MSE), and coefficient of determination (R<sup>2</sup>). The RMSE results and prediction accuracy for PM<sub>2.5</sub> and CO<sub>2</sub> values obtained from all competing models are very close. However, overall, the MSE and R<sup>2</sup> results showed that the Lasso model performed better than the other competing models. In this model, the value of the PM<sub>2.5</sub> index is 1.014, and the CO<sub>2</sub> index is 0.726. Although this model showed its potential superiority over other models and is better compatible with training data, its use in selecting indices and prediction methods to achieve high accuracy is accompanied by flexibility. In addition, Elastic Net and RR can play an important role in tourism development and pollution emission, which have a large number of parameters. In such cases, these techniques, used to analyze tourism development on pollution emission, are the best choice for modeling and forecasting such research. In this study, we have shown how ML algorithms can be more reliable in estimating production process parameters than classical statistical models. The use of ML models can help in planning environmental pollution reduction in top tourism destination countries, to reduce both economic costs and biological damage.

### **Funding**

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not for profit sectors.

### **Authors' Contribution**

Authors contributed equally to the conceptualization and writing of the article. All of the authors approved the content of the manuscript and agreed on all aspects of the work declaration of competing interest none.

### **Conflict of Interest**

Authors declared no conflict of interest.

### **Acknowledgments**

We are grateful to all the scientific consultants of this paper.

## پیش‌بینی اثرات توسعه گردشگری بر انتشار آلودگی‌های محیطی در کشورهای برتر مقصد گردشگری

علی منظم اسماعیل پور<sup>۱</sup>✉، احمد رومیانی<sup>۲</sup>، فهیمه زاده سهل‌آبادی<sup>۳</sup>

۱- نویسنده مسئول، گروه جغرافیا، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران. رایانامه: [monazzam.ali@pnu.ac.ir](mailto:monazzam.ali@pnu.ac.ir)

۲- گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران. رایانامه: [roumiani.ah@mail.um.ac.ir](mailto:roumiani.ah@mail.um.ac.ir)

۳- گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران. رایانامه: [roumiani.ah@mail.um.ac.ir](mailto:roumiani.ah@mail.um.ac.ir)

اطلاعات مقاله	چکیده
<b>نوع مقاله:</b> مقاله پژوهشی	در دهه‌های اخیر، توسعه گردشگری به‌عنوان یکی از مهم‌ترین محرک‌های رشد اقتصادی در بسیاری از کشورها شناخته شده است. اما گسترش فعالیت‌های آن می‌تواند پیامدهایی از جمله افزایش مصرف منابع، تولید پسماند و انتشار آلاینده‌ها به همراه داشته باشد. هدف از این تحقیق، پیش‌بینی اثرات توسعه گردشگری بر انتشار آلودگی‌های محیطی در کشورهای برتر مقصد گردشگری است. از داده‌های پایگاه‌های بانک جهانی و شبکه جهانی ردپای اکولوژیکی برای این پژوهش استفاده شده است. بازه زمانی این تحقیق طی ۸ سال گذشته (۲۰۱۰-۲۰۱۷) در نظر گرفته شده است. برای تحلیل داده‌ها از مدل‌های رگرسیون جریمه‌شده (رگرسیون خطی، ریج، لاسو و الاستیک نت) استفاده شد. یافته‌های تحقیق نشان داد که میزان انتشار آلودگی محیطی در کشورهای در کشورهای چین، مکزیک و تایلند برابر با ۲/۴۶، ۰/۹۴۶ و ۰/۸۵۷ و میانگین CO <sub>2</sub> در کشور ایالات متحده آمریکا و چین برابر با ۰.۷۴۳۳۶ و ۰.۲۱۵۲۳ است. نتایج MSE و R <sup>2</sup> نشان داد که مدل لاسو از سایر مدل‌های رقیب بهتر عمل کرده است. در این مدل مقدار شاخص PM <sub>2.5</sub> برابر ۱/۰۱۴ و در شاخص CO <sub>2</sub> برابر با ۰/۷۲۶ است. همچنین بر اساس نتایج، بهبود جزئی در عملکرد مدل‌های جریمه‌شده به رگرسیون خطی مشاهده شد. مقایسه مدل‌ها نشان می‌دهد که در مدل ریج و الاستیک نت شاخص‌های بیشتری نسبت به لاسو انتخاب شدند، اما لاسو عملکرد پیش‌بینی بهتری نسبت به دیگر مدل‌ها در انتشار آلودگی‌های محیطی (PM <sub>2.5</sub> , CO <sub>2</sub> ) دارد. نتایج نشان داد که مدل‌های جریمه‌شده ابزارهای مفیدی هستند که می‌تواند کارکرد قابل‌توجهی در دقت و پیش‌بینی متغیرهای توسعه گردشگری بر انتشار آلودگی محیطی کشورهای مورد مطالعه ارائه دهند.
<b>تاریخ دریافت:</b> ۱۴۰۴/۰۹/۱۹	
<b>تاریخ بازنگری:</b> ۱۴۰۴/۱۲/۱۳	
<b>تاریخ پذیرش:</b> ۱۴۰۵/۰۱/۲۱	
<b>تاریخ چاپ:</b> ۱۴۰۵/۰۲/۲۶	
<b>واژگان کلیدی:</b> توسعه گردشگری، مقصدهای گردشگری، آلودگی‌های محیطی، مدل‌های جریمه‌شده.	

**استناد:** منظم اسماعیل پور، علی؛ رومیانی احمد و یوسف زاده سهل‌آبادی، فهیمه. (۱۴۰۵). پیش‌بینی اثرات توسعه گردشگری بر انتشار آلودگی‌های محیطی در کشورهای برتر مقصد گردشگری. *فصلنامه پژوهش‌های جغرافیای انسانی*، ۵۸ (۲)، ۳۸-۱۹.

<http://doi.org/10.22059/jhgr.2026.398957.1008821>

## مقدمه

در کشورهای برتر مقصد گردشگر، مانند ایالات متحده آمریکا (۲۰۱۹)، رونق گردشگری حدود ۹ میلیون شغل به‌طور مستقیم ایجاد و حدود ۱/۱ تریلیون دلار به تولید ناخالص داخلی آن کمک کرده است (World Data Atlas, 2019). در چین حدود ۶۶۳ تریلیون یوان درآمدزایی و حدود ۲۸/۲۵ و ۷۹/۹۷ میلیون نفر شغل به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم ایجاد کرده است (https://news.cgtn.com/news, 2020). در کشور ایتالیا، حدود ۱۸۹/۱ میلیارد درآمدزایی و بیش از ۱/۵ میلیون شغل ایجاد کرده است (https://worldtourismforum.net/tourism-in-italy). رونق صنعت گردشگری در ترکیه، رشدی ۱۲/۷ درصدی و حدود ۲/۶ میلیون شغل و در مکزیک حدود ۱۷/۳ درصد به تولید ناخالص داخلی کمک است (World Data Atlas, 2019; WTTC, 2019). در تایلند حدود ۱۶/۲ درصد به تولید ناخالص داخلی کمک و حدود ۶۵/۰۸۲ میلیون شغل ایجاد کرده است (World Data Atlas, 2019). در آلمان رشدی ۸ درصدی در تولید ناخالص داخلی داشته است که معادل با ۳۵۳.۱ میلیارد دلار آمریکا است (World Data Atlas, 2019).

با این حال، توسعه گردشگری علاوه بر اثرات مثبتی که در رشد اقتصادی و درآمدزایی کشورهای برتر مقصد دنیا دارد، اما از سوی دیگر، اثرات منفی بر تغییرات آب و هوایی، استفاده بی‌رویه از منابع مانند انرژی و غذا، هدر دادن آب شیرین؛ اثرات نامطلوب بر محیط‌زیست و اکولوژی، کاهش منابع مانند سوخت و آب، تهدید حیات وحش و زیستگاه‌ها، تخریب زمین، افزودن پسماندهای جامد و فاضلاب و افزایش مصرف انرژی‌های فسیلی (زغال سنگ، نفت خام و گازهای طبیعی) و افزایش آلودگی مانند CO<sub>2</sub> و PM<sub>2.5</sub> دارد. بنابراین بخش گردشگری مقدار زیادی انرژی مصرف می‌کند و به‌عنوان یکی از عوامل اصلی تغییرات آب و هوایی شناخته شده است (Chili & Xulu, 2015).

در حال حاضر این صنعت یکی از بزرگ‌ترین انتشاردهنده‌ها در جهان است و تقریباً ۸٪ از انتشار جهانی CO<sub>2</sub> را تشکیل می‌دهد. همچنین مطالعه چرچیل<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۲۰) در کشورهای G20، نشان داد که اثرات گردشگری در کشورها توسعه یافته در انتشار CO<sub>2</sub> بارزتر است و در کشور در حال توسعه مقدار PM<sub>2.5</sub> قوی‌تر است. انتشار PM<sub>2.5</sub> شامل ذرات زباله مایع و جامد است که در هوا معلق هستند و خطرات قابل توجهی را برای سلامتی انسان ایجاد می‌کنند. در مقابل، اگرچه انتشار CO<sub>2</sub> قابل مشاهده نیست، اما مسئول حدود ۷۵٪ از اثر گلخانه‌ای است (Atasoy, 2017).

این تحقیق از اولین تلاش برای بررسی اثرات توسعه گردشگری در انتشار آلودگی‌های هوا (CO<sub>2</sub>, PM<sub>2.5</sub>) با استفاده از مدل‌های جریمه شده است. تحقیقات گذشته بیشتر از مدل‌های اقتصادسنجی با تمرکز بر فعالیت‌های جداگانه توسعه گردشگری بر انتشار آلودگی‌های محیطی مانند CO<sub>2</sub>, PM<sub>2.5</sub> صورت گرفته است (IPCC, 2014). مدل‌های اقتصادسنجی در پیش‌بینی متغیرها، به دلیل افزایش خطای نمونه از دقت کمتری در تفسیرپذیری برآورد شاخص‌ها ارائه می‌کنند. طبق گفته افرون و همکاران (۲۰۰۴) این چنین مدل‌های زمینه افزایش خطای واریانس را بیشتر می‌کنند. همچنین قابلیت‌های پیش‌بینی این مدل‌های در الگوهای آزمایشی ضعیف برآورده شده است (Cherlin et al. 2018). بنابراین برای غلبه بر مشکلات فوق‌الذکر، استفاده از روش‌های رگرسیون جریمه شده مطرح شد (Hastie et al. 2009). استفاده از مدل‌های رگرسیون جریمه شده (PR) با معرفی یک سوگیری جزئی در برآورد مدل برای مقابله با کاستی‌های رگرسیون خطی و کاهش واریانس برآوردها و بهبود پیش‌بینی‌ها توسط محققانی مانند هورل و کنارد<sup>۲</sup> (۱۹۷۰)، تیبشیرانی<sup>۳</sup> (۱۹۹۶) و زو و هستی<sup>۴</sup> (۲۰۰۵) ارائه شد. رگرسیون جریمه شده، برای انتخاب زیرمجموعه متغیرها استفاده

1. Churchill  
2. Hoerl and Kennard  
3. Tibshirani  
4. Zou & Hastie

می‌شود و از دقت پیش‌بینی بهتری نسبت به دیگر مدل‌های رگرسیون برخوردار و به افزایش تفسیر مدل کمک می‌کند (Chen & Zhang, 2020; Yu et al. 2021). بنابراین استفاده از مدل‌های جریمه‌شده، به دلیل غلبه بر هم خطی چندگانه و انتخاب متغیرهای مناسب و صرفه‌جویی در هزینه‌های تحقیق می‌تواند روش‌های مفید برای بهبود تحقیقات اثرات توسعه گردشگری در انتشار آلودگی محیطی باشند.

هدف اصلی این مطالعه، پیش‌بینی اثرات توسعه گردشگری بر انتشار آلودگی‌های محیطی در کشورهای برتر مقصد گردشگری است. برای بررسی این هدف ما از دو مجموعه داده‌های آموزش و آزمایش استفاده کردیم. این مطالعه به طریق مختلف به ادبیات موضوع کمک می‌کند. اول، طبق بررسی‌های انجام‌شده به نظر می‌رسد این اولین تجربه از مدل‌های جریمه‌شده در داخل کشور است که به پیش‌بینی اثرات توسعه گردشگری بر انتشار آلودگی‌های محیطی CO<sub>2</sub> و PM<sub>2.5</sub> ارائه می‌کند. دوم، ما معتقدیم که استفاده از مدل‌های جریمه‌شده در پیش‌بینی آلودگی‌های محیطی می‌تواند علیت دو طرفه بین اثرات توسعه گردشگری و آلودگی‌های محیطی را در این کشورها به نحوه مطلوب ارائه کند. سوم، از متغیرهایی مانند (رسید اقلام سفر، هزینه کل واردات، هزینه‌های اقلام حمل‌ونقل مسافر، تعداد ورودی گردشگران بین‌المللی، هزینه اقلام سفر، هزینه دلار گردشگری، تعداد عزیمت‌ها، هزینه درآمد از کل صادرات، هزینه اقلام حمل‌ونقل مسافر، هزینه رسیدها) و شاخص آلودگی هوا (CO<sub>2</sub>, PM<sub>2.5</sub>) که از نظر اقتصادی اثرات مهمی بر انتشار محیطی جهان دارند، استفاده شده است (<https://databank.worldbank.org>). چهارم؛ این مطالعه به دنبال پاسخگویی به سؤال کلیدی ذیل است؛ کدام یک از مدل‌های OLS، ریج، لاسو و الاستیک نت می‌تواند از دقت بیشتری در پیش‌بینی آلودگی‌های محیطی ناشی از توسعه صنعت گردشگری در مقصدها را داشته باشند؟

## مبانی نظری

اگرچه رابطه بین گردشگری و رشد اقتصادی به‌طور گسترده در ادبیات موردتوجه قرار گرفته است. اما توجه نسبتاً کمتری به اثرات توسعه گردشگری در انتشار آلودگی‌های محیطی (PM<sub>2.5</sub>, CO<sub>2</sub>) شده است. با این وجود، چهارچوب نظری این تحقیق بر توسعه گردشگری در انتشار آلودگی محیطی CO<sub>2</sub> و PM<sub>2.5</sub> تمرکز دارد.

## توسعه گردشگری

در قرن بیست و یکم، با گسترش جهانی‌شدن، جریان سرمایه‌داری، حرکت‌های جمعیت‌ها و پیشرفت در فناوری حمل‌ونقل و ارتباطات منجر به توسعه صنعت گردشگری شده است. به طوری که توسعه گردشگری سهم بسزایی در رونق اقتصاد جوامع کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه دارد.

توسعه صنعت گردشگری فرایند پیچیده‌ای است که عوامل توسعه بین‌المللی و ملی مرتبط با سیاست دولت، برنامه‌ریزی و قانون‌گذاری را در برمی‌گیرد. از این رو کشورهای مختلف در تلاش‌اند تا با مهیاسازی و ارزشمند نمودن جاذبه‌های گردشگری در مناطق دارای پتانسیل، فرصت رضایت‌مندی و بهره‌مندی از ابعاد مثبت این صنعت را فراهم سازند. لذا توسعه گردشگری یکی از صنایع خدماتی در هر کشور محسوب می‌شود که درآمدهای ارزی و تولید ناخالص داخلی آن مستقیماً بر رشد اقتصادی آن تأثیر می‌گذارد (Habibi et al. 2018; Katircioglu et al. 2018). سر و کروس (۲۰۰۳) پیشنهاد کردند که درآمد ارزی حاصل از گردشگری می‌تواند به افزایش تولید سرمایه و رشد اقتصادی کمک کند (Sr & Croes, 2003). از نظر سخنور (۲۰۱۹) و منظم اسماعیل پور و همکاران (۱۴۰۱) توسعه گردشگری می‌تواند تأثیر مهمی بر افزایش اشتغال، درآمدهای مرتبط با مکان‌های اقامتی و نیز درآمدهای دولت داشته باشد. مطالعات سو و لین (۲۰۱۴)

نشان می‌دهد که با افزایش ورود گردشگران بین‌المللی، درآمد حاصل از آن نیز افزایش می‌یابد. از این رو صنعت گردشگری می‌تواند راهکاری مناسب برای کسب درآمدهای ارزی و در نتیجه رشد اقتصادی بالاتر باشد (Holik, 2016).

### گردشگری و انتشار آلودگی محیطی

بررسی اثرات توسعه گردشگری در انتشار آلودگی CO<sub>2</sub> و PM<sub>2.5</sub> در دو دهه اخیر گسترش یافته است و دیدگاه‌های متفاوتی در مورد آن از سوی دانشگاهیان، مدیران و اقتصاددانان ارائه شده است. این موضوع نظر پژوهشگران فعال در مجموعه وسیعی از رشته‌های دانشگاهی را به خود جلب کرده است. در واقع دغدغه اثرات توسعه گردشگری بر آلودگی‌های زیست‌محیطی مانند CO<sub>2</sub> و PM<sub>2.5</sub> موجب شده که اقتصاددانان به نقش وسیع و خلاقانه در مباحث گردشگری و محیط‌زیست گرایش پیدا کنند. اقتصاددانان بیان کردند که با توسعه صنعت گردشگری، سرمایه‌گذاری گسترده در زیرساخت‌های جاده‌ای، فرودگاه‌ها و خدمات متنوع گردشگری (فروشگاه‌ها، استراحتگاه‌ها، رستوران‌ها و هتل‌ها) صورت می‌گیرد و کم‌کم زمینه تخریب‌های زیست‌محیطی و انتشار آلودگی CO<sub>2</sub>, PM<sub>2.5</sub> را به وجود می‌آورد. گوسلینگ (۲۰۰۲) جزء آن دسته از کسانی بود که در تحقیق خود گزارش کرد، که گردشگری عمدتاً از طریق مصرف سوخت‌های فسیلی بر محیط‌زیست تأثیر می‌گذارد و مقدار زیادی گاز CO<sub>2</sub> منتشر می‌کند (Gao & Zhang, 2019). چن و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۱۷) تأثیر توسعه گردشگری بر انتشار آلودگی هوا در کشور تایوان را با ساختن یک شاخص استاندارد آلودگی (PSI) بررسی کردند و به این نتیجه دست یافتند که آلودگی هوا با تقاضای گردشگری ارتباط منفی دارد. اخیراً، بوجانیک و وارنیک (۲۰۱۹) اثرات سطح گردشگری بر انتشار گازهای گلخانه‌ای (GHG) را مورد بررسی قرار دادند. این مطالعه سطح گردشگری در کشورها را به‌عنوان درصدی از سهم گردشگری در تولید ناخالص داخلی (GDP) اندازه‌گیری کرد. با انجام این کار، بوجانیک و وارنیک<sup>۲</sup> (۲۰۱۹) دریافتند که کشورهایی که درصد بیشتری از گردشگری در تولید ناخالص داخلی دارند، در مقایسه با کشورهایی که هیچ (یا کمتر) جزء گردشگری تولید ناخالص داخلی ندارند، از انتشار گازهای گلخانه‌ای کمتری رنج می‌برند. علاوه بر این، در بررسی رابطه بین گردشگری و انتشار دی‌اکسید کربن (CO<sub>2</sub>) در کشورهای مدیترانه‌ای، بالی و همکاران<sup>۳</sup> (۲۰۱۹) پیشنهاد کردند که گردشگری باعث افزایش انتشار CO<sub>2</sub> در بلندمدت در این کشورها خواهد شد. همچنین، مطالعه‌ای کاتیرچی اوغلو<sup>۴</sup> (۲۰۱۴) نشان داد که گردشگری اثرات مثبت قابل توجهی بر انتشار CO<sub>2</sub> با سرعتی در حدود ۹۱٪ در بلندمدت خواهد داشت. همچنین بر اساس مطالعه‌ای که در سال ۲۰۲۴ توسط دانشگاه کوئینزلند و در مجله ارتباط با طبیعت<sup>۵</sup> منتشر شده، انتشار گازهای گلخانه‌ای مرتبط با گردشگری در سطح جهان سالانه حدود ۳.۵٪ افزایش یافته است. این افزایش عمدتاً ناشی از حمل‌ونقل هوایی و زمینی، مصرف انرژی در اقامتگاه‌ها، و تولید مواد زائد در مناطق پرتردد گردشگری است (Sun et al., 2024). کنفرانس E3S (۲۰۲۴) نشان می‌دهد که توسعه بی‌برنامه گردشگری می‌تواند موجب فرسایش خاک، کاهش تنوع زیستی، و افت کیفیت منابع آب گردد. در مناطق ساحلی و طبیعی، تجمع بیش‌ازحد گردشگران باعث تخریب زیستگاه‌ها و افزایش پسماند جامد و فاضلاب سطحی می‌شود (Nguyen et al., 2025). در برخی مقاصد، مانند نواحی ساحلی وابسته به گردشگری، آلودگی دریایی ناشی از زباله‌ها و پلاستیک‌ها اثر مستقیمی بر جذب گردشگر داشته است. بر اساس بررسی سازمان اداره ملی

1. Chen
2. Bojanic & Warnick
3. Balli
4. Katircioglu
5. journal Nature Communication

اقیانوسی و جوی<sup>۱</sup> در ایالات متحده، دو برابر شدن حجم زباله‌های دریایی بر روی سواحل موجب کاهش قابل ملاحظه مدت زمان اقامت گردشگران و درآمد جوامع محلی شده است. در مجموع، یافته‌ها بیانگر آن‌اند که گردشگری در حالت بی‌برنامه و پرمصرف، به یکی از منابع پایدار آلودگی محیطی بدل شده است. ترافیک هواپیما، خودرو، و کشتی‌های تفریحی بیش از ۷۰٪ از کل انتشار دی‌اکسید کربن مرتبط با گردشگری را تشکیل می‌دهد، در حالی که بهره‌برداری بیش از حد از منابع طبیعی و ساخت‌وسازهای گسترده در مناطق حساس، اکوسیستم‌های محلی را تهدید می‌کند (رومیانی و مفیدی، ۲۰۲۱).

## روش پژوهش

برای بررسی شاخص‌های توسعه گردشگری و آلودگی‌های محیطی، داده‌ها از سال (۲۰۱۰ تا ۲۰۱۷) از (<https://data.footprintnetwork.org>) و (<https://databank.worldbank.org>) استخراج شده است. برای بررسی این موضوع، ما دو متغیر وابسته (خروجی) یعنی آلودگی محیطی CO<sub>2</sub> و PM<sub>2.5</sub> را در نظر گرفتیم. همچنین از ۱۰ شاخص توسعه گردشگری (متغیر پیش‌بینی کننده)، شامل تعداد ورودی گردشگران بین‌المللی (A1)، هزینه‌های گردشگری بین‌المللی (کل واردات) (A2)، هزینه‌ها گردشگری بین‌المللی (دلار آمریکا فعلی) (A3)، هزینه‌های حمل‌ونقل مسافر (دلار آمریکای فعلی) (A4)؛ هزینه اقامت سفر گردشگری بین‌المللی (دلار فعلی آمریکا) (A5)، تعداد عزیمت‌ها گردشگران بین‌المللی (A6)؛ درآمد گردشگری بین‌المللی (کل صادرات) (A7)، رسیده‌ها گردشگری بین‌المللی (دلار آمریکای فعلی) (A8)، رسید اقامت حمل‌ونقل مسافر گردشگری بین‌المللی (دلار فعلی آمریکا) (A9) و رسید اقامت سفر گردشگری بین‌المللی (دلار فعلی آمریکا) (A10) مورد استفاده قرار گرفته است (جدول ۱).

جدول ۱. شاخص‌های مورد مطالعه متغیر توسعه گردشگری (متغیر پیش‌بینی کننده) و متغیر وابسته (خروجی) یعنی آلودگی محیطی CO<sub>2</sub> و PM<sub>2.5</sub>

منبع	متغیر	ردیف
	تعداد ورودی گردشگر بین‌المللی	A1
	هزینه‌های گردشگری بین‌المللی (درصد از کل واردات)	A2
	هزینه‌های گردشگری بین‌المللی (دلار فعلی آمریکا)	A3
	هزینه‌های اقامت حمل‌ونقل مسافر گردشگری بین‌المللی (دلار فعلی آمریکا)	A4
	هزینه‌های اقامت مسافرتی گردشگری بین‌المللی (دلار فعلی آمریکا)	A5
بانک جهانی	تعداد سفرهای خروجی گردشگری بین‌المللی	A6
(۲۰۲۰)	درآمدهای گردشگری بین‌المللی (درصد از کل صادرات)	A7
	درآمدهای گردشگری بین‌المللی (به دلار فعلی آمریکا)	A8
	درآمدهای اقامت حمل‌ونقل مسافر گردشگری بین‌المللی (دلار فعلی آمریکا)	A9
	درآمدهای اقامت مسافرتی گردشگری بین‌المللی (دلار فعلی آمریکا)	A10
	ذرات معلق (PM <sub>2.5</sub> )	Y1
	دی‌اکسید کربن (CO <sub>2</sub> )	Y2

برای بررسی نرمال بودن باقیمانده (خطاها) همبستگی خودکار و مدل رگرسیون خطی آن‌ها از آزمون‌های شاپیرو-ویلک و دوربین-واتسون مورد استفاده قرار گرفت. این آزمون آماری برای در نظر گرفتن همبستگی بین باقی‌مانده‌ها به شرح زیر تعریف شده است:

$$D = \frac{\sum_{i=2}^n (e_i - e_{i-1})^2}{\sum_{i=1}^n e_i^2}$$

زمانی که D در محدوده ۰.۵-۲.۵ نشان داده می‌شود، یعنی هیچ ارتباطی بین باقی‌مانده‌ها وجود ندارد. پس از برآزش در مدل اولیه، چندخطی با استفاده از VIF (ضریب تورم واریانس (مایرز و مایرز ۱۹۹۰)) به شرح زیر مورد بررسی قرار گرفت:

$$VIF = \frac{1}{1 - \mathcal{R}_i^2}$$

سرانجام، اعتبار مدل اولیه نشان داده شده است (به‌عنوان مثال، شکل ۲).

### روش‌های آماری و بیکربندی مدل

اگر یک مدل رگرسیون خطی چندگانه استاندارد را به صورت زیر در نظر بگیریم:  $y = 1\beta_0 + X\beta + e$  که در آن y بردار متغیر پاسخ،  $X = x_{i1}, \dots, x_{ip}$  ماتریس متغیرهای پیش‌بینی کننده،  $\beta_0$  نقطه تقاطع،  $\beta = \beta_1, \dots, \beta_p$  بردار ضرایب رگرسیون و e بردار جملات خطا باشد، با فرض توزیع نرمال  $(e \sim N(0, \sigma^2))$ ، در این حالت، مقادیر ضرایب  $\beta_0$  و  $\beta$  با کمینه‌سازی مجموع مربعات باقیمانده (RSS) به صورت زیر تخمین زده می‌شوند: (Waldmann و همکاران، ۲۰۱۳)

$$\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_{(OLS)} \stackrel{\text{def}}{=} \arg \min_{\beta_0, \beta \in \mathbb{R}^p} \sum_{i=1}^n (y_i - \beta_0 - \sum_{j=1}^p x_{ij} \beta_j)^2$$

ضرایب Anda PR به صورت زیر ارائه/نمایش داده می‌شوند:

$$\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_{(PR)} \stackrel{\text{def}}{=} \arg \min_{\beta_0, \beta \in \mathbb{R}^p} \underbrace{\sum_{i=1}^n (y_i - \beta_0 - \sum_{j=1}^p x_{ij} \beta_j)^2}_{\text{Loss function}} + \underbrace{\lambda P(\lambda, \beta)}_{\text{Penalty function}}$$

در اینجا برای جلوگیری از بیش برآزش و کنترل میزان کوچک‌سازی تابع جریمه، یک پارامتر تنظیم‌کننده به نام  $\lambda$  در معادله استفاده می‌شود. این پارامتر در واقع تعادل میان بایاس و واریانس را تعیین می‌کند. مقدار آن با بایاس رابطه مستقیم و با واریانس رابطه معکوس دارد؛ یعنی هرچه  $\lambda$  بزرگ‌تر شود، بایاس زیادتر و واریانس کمتر می‌گردد.

با اعمال معیار حداقل مربعات جریمه‌شده با هنجار  $l_2$  [یعنی،  $P(\lambda, \beta) = \lambda \|\beta\|_2$ ] بر روی ضرایب رگرسیون خطی (Hoerl and Kennard 1970)، تخمین‌های RR به صورت زیر به دست می‌آیند:

$$\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_{(RR)} \stackrel{\text{def}}{=} \arg \min_{\beta_0, \beta \in \mathbb{R}^p} \left[ \sum_{i=1}^n (y_i - \beta_0 - \sum_{j=1}^p x_{ij} \beta_j)^2 + \lambda \sum_{j=1}^p \|\beta_j\|_2^2 \right]$$

در RR، مقدار انقباض طوری تنظیم می‌شود که هیچ متغیری دقیقاً صفر نباشد و فقط واریانس آن‌ها را کاهش دهد، بنابراین تخمین‌ها دارای سوگیری هستند.

در مورد دیگری از PR، مقادیر ضرایب با اعمال محدودیت Lasso (یعنی یک حداقل مربعات جریمه‌شده با هنجار  $l_1$  به صورت Tibshirani 1996)  $P(\lambda, \beta) = \lambda \|\beta\|_1$  به دست می‌آیند. یکی از ویژگی‌های مهم Lasso این است که اجازه می‌دهد ضرایب دقیقاً صفر باشند، بنابراین متغیر انتخاب می‌شود. اگر  $x_{ij}$  را استاندارد شده در نظر بگیریم

به طوری که  $\frac{\sum_i x_{ij}^2}{N} = 1$  and  $\frac{\sum_i x_{ij}}{N} = 0$  باشد، آنگاه ضرایب Lasso به صورت زیر برآورد می‌شوند:

$$\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_{(LASSO)} \stackrel{\text{def}}{=} \arg \min_{\beta_0, \beta \in \mathbb{R}^p} \left[ \sum_{i=1}^n (y_i - \beta_0 - \sum_{j=1}^p x_{ij} \beta_j)^2 + \lambda \sum_{j=1}^p \|\beta_j\|_1 \right]$$

روش EN حالت دیگری از PR است که از ترکیبی از دو جریمه اعمال شده در RR و Lasso روی ضرایب استفاده

می‌کند:

$$\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_{(EN)} \stackrel{\text{def}}{=} \arg \min_{\beta_0, \beta \in \mathbb{R}^p} \left[ \sum_{i=1}^n (\psi_i - \beta_0 - \sum_{j=1}^p x_{ij} \beta_j)^2 + \lambda \sum_{j=1}^p \left( \frac{1}{2} (1 - \alpha) \|\beta_j\|_2^2 + \alpha \|\beta_j\|_1 \right) \right]$$

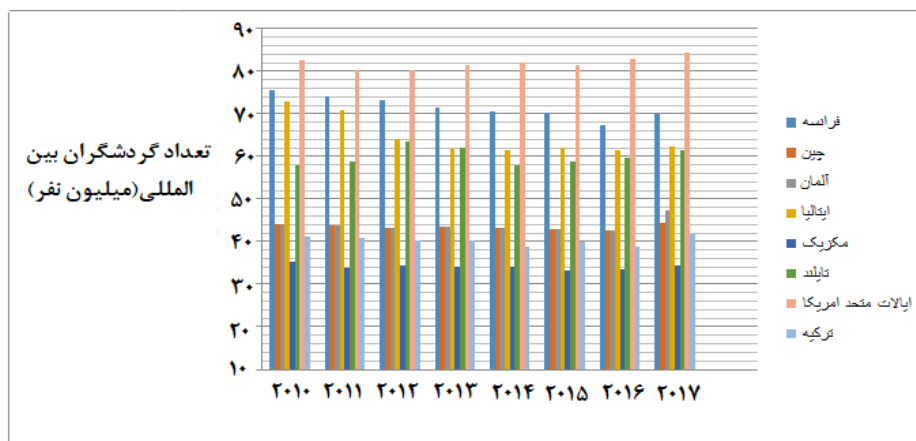
که در آن  $0 \leq \alpha \leq 1$  وزن جریمه است. اگر  $\alpha$  برابر با ۱ باشد، EN مانند Lasso عمل می‌کند اما نحوه برخورد آن با متغیرهای با همبستگی بالا را تغییر می‌دهد (Waldmann et al., 2013).

#### اعتبار متقابل و بهینه‌سازی پارامتر

برای اطمینان از توزیع اصلی متغیرها، داده‌ها در دو سطح (train and test) با استفاده از روش نرمال‌سازی حداقل و حداکثر، اندازه‌گیری شدند. ۷۰ درصد داده‌ها برای آموزش مدل‌ها و ۳۰ درصد برای آزمایش استفاده شد. در این پژوهش، از طریق اعتبار دهی متقابل ۱۰ برابر، ارزیابی شد. همچنین مجموع داده‌ها به‌طور تصادفی به ده زیر مجموع مساوی تقسیم شدند. به‌طوری‌که یک زیرمجموعه اعتبارسنجی برای آزمایش مدل استفاده شد و زیرمجموعه K-1 باقی‌مانده برای آموزش مدل در نظر گرفته شد. این روش وابستگی واریانس معیارهای عملکرد را از مجموعه آزمایش-آموزش کاهش می‌دهد و تأیید می‌کند که نتایج عاری از هر گونه سوگیری نمونه‌گیری است. مقدار بهینه  $\lambda$  درصد خطای پیش‌بینی اعتبار متقابل را در مجموعه آموزش به حداقل می‌رساند. این مقدار  $\lambda$  به‌طور خودکار با استفاده از تابع cv.glmnet تعیین می‌شود. به‌طور پیش‌فرض ۱۰ برابر اعتبار متقابل، تابع cv.glmnet مقدار  $\lambda$  بهینه را برای ارائه ساده‌ترین مدل تنظیم می‌کند. مدل مناسب در یک خطای استاندارد  $\lambda$  بهینه، یعنی lambda.1se نهفته است. اگر  $\lambda$  برابر lambda.1se باشد ما یک مدل ساده‌تر از  $\lambda$  برابر با lambda.min خواهیم داشت، اما ممکن است دقت آن کمی کمتر باشد. همچنین برای سنجش عملکرد از MSE (خطای میانگین مربع)، RMSE (خطای میانگین مربع ریشه)، و مقادیر R-square (ضریب تعیین). با در نظر گرفتن n به‌عنوان تعداد کل مشاهدات استفاده شد لازم به ذکر است که تجزیه‌وتحلیل‌های ذکر شده در برنامه R 4.0 (تیم R Core، ۲۰۲۰) با استفاده از بسته‌های مختلف انجام شده است.

#### محدوده مورد مطالعه

این پژوهش ۸ کشور برتر مقصد گردشگری در سال ۲۰۱۹ را مورد بررسی قرار داده است که بیشترین نرخ جذب گردشگری را در طول سال داشتند. این کشورها شامل چین، آلمان، مکزیک، فرانسه، آمریکا، اسپانیا، انگلستان، ایتالیا، ترکیه و تایلند هستند. بر اساس گزارش WTTC این کشورها در سال ۲۰۱۹ بیشترین درآمد تولید ناخالص داخلی و اشتغال‌زایی مستقیم و غیرمستقیم را به خود اختصاص دادند (Adedoyin et al., 2021). شکل (۱) تعداد ورودی گردشگران بین‌المللی در کشورهای برتر مقصد گردشگری در بازه زمانی بین ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۷ را نشان می‌دهد. این شکل نشان می‌دهد که همه کشورها با روند افزایش ورودی گردشگری روبرو هستند.



شکل ۱. تعداد ورودی گردشگری بین‌المللی در کشورهای برتر مقصد گردشگری

## یافته‌ها

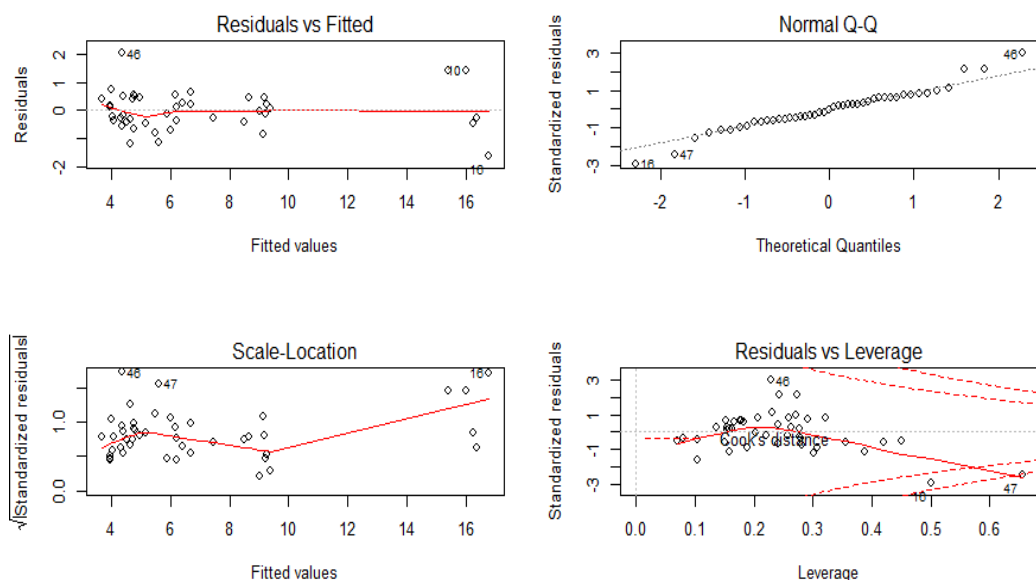
اطلاعات توصیفی شاخص‌ها در جدول ۲ ارائه شده است. در این جدول متغیرهای پیش‌بینی کننده از نظر Mean, SE, Range و CV با هم مقایسه شدند.

جدول ۲. آمار توصیفی شاخص‌ها

Indicators	TMean	SE	CV (%)	Range
A1	۹۶۱۲۳۴۵۸/۴۹۸۴	۷۸۵۹۵۷۶/۷۹۹	+۱۵ e۳/۹۵۳۴۷	۱۹۱۳۳۸۰۰
A2	۵/۴۱۴۳	-۰/۴۳۵۸۵	۱۲/۱۵۸	۱۲/۵۵
A3	+۱۰ e۳/۱۷	+۰۹ e۶/۱۴	+۲۱e۲/۴۱	+۱۱e۱/۵۸
A4	+۰۹ e۷/۹۷	+۰۹ e۱/۵۲	+۲۰e۱/۴۸	+۱۰e۴/۲۳
A5	۱۲/۵۴۸۳	۱/۲۵۹۷	۱۰/۱/۵۵۸	۳۵/۹۲
A6	۲۳۳۳۳۹/۹۵	۲۳۱۴/۲۰۱	+۰۸e۳/۴۳	۵۲۶۳۳/۲۱
A7	۰۸ + e۲/۶۲	۹/۴۴۰۹۹۳۴	+۱۷e۱/۸۳	+۰۹e۱/۳۹
A8	۷۱/۵۲	۱/۳۴۲۰۷	۱۱۵/۳۷۴	۳۹/۹۱
A9	۴/۸۶	-۰/۲۳۹۸۹	۳/۳۸۲	۶/۹۴
A10	۲/۰۲	-۰/۱۰۱۴۹	-۰/۶۵۹	۲/۵۵
Y1	۲۶/۳۹	۲/۱۵۲۰۶	۲۹۶/۴۰۸	۶۳/۱۳۵۵
Y2	۶/۹۲	-۰/۴۹۳۴۸۳	۱۵/۵۸۶	۱۴/۱۳۴۶

شکل (۲) نشان می‌دهد که بر اساس نمودار (Residuals vs Fitted) بین اثرات توسعه گردشگری و آلودگی‌های محیطی رابطه خطی وجود دارد. همچنین نشان می‌دهد که نقاط در اطراف و نزدیک به خط رگرسیون برآورد شده است و فرض مساوی واریانس منطقی است. در اینجا بقایای متناظر در مقابل نمودار متناسب برای مدل رگرسیون خطی ساده مجموعه آلودگی‌های محیطی به‌عنوان پاسخ و سطح اثرات توسعه گردشگری به‌عنوان پیش‌بینی کننده در نظر گرفته شده است. بنابراین، باقی‌مانده‌ها در محور Y و مقادیر برازش شده در محور X نمایش داده شده است. برای ارزیابی توزیع مجموعه داده‌ها از نمودار نرمال Q-Q استفاده شده است. شکل (۲) نشان می‌دهد که توزیع داده‌ها به‌طور خطی است و مجموع داده‌ها در این تحقیق از توزیع نرمال برخوردارند. نمودار (Scale -Location) چگونگی تجزیه و تحلیل مقیاس مکانی داده‌ها را نشان می‌دهد. این شکل نشان می‌دهد که مقدار باقی‌مانده به‌طور مساوی در محدوده متغیرهای ورودی (پیش‌بینی کننده) پخش شده‌اند و بین مقادیر برازش یافته و ریشه مربع باقیمانده استاندارد شده‌اند. بنابراین شکل (۲)

فرض برابر واریانس را نشان می‌دهد و نقاط توزیع در کنار خط افقی به‌طور تصادفی پخش شده‌اند. این به معنی این است نمودار عملکرد خطی مناسب داده‌ها را نشان می‌دهد. نمودار (Residuals vs Leverage) میانگین مربعات باقی‌مانده را نسبت به فاصله کوک نشان می‌دهد. یافته‌های این شکل نشان می‌دهد که داده‌ها بین فاصله کوک قرار دارند. نقاطی که در مجاورت یا خارج از منحنی‌های قرمز رنگ قرار گرفته‌اند، جز داده پرت محسوب می‌شوند.



شکل ۲. تصویر، Residuals vs Fitted و Normal Q-Q و Scale-Location و Residuals vs Leverage انتشار آلودگی‌های محیطی در کشورهای برتر مقصد گردشگری

بررسی انتشار آلودگی‌های محیطی یک راهبرد کلیدی است که به کشورهای مختلف در درک ارزیابی زیست‌محیطی آن‌ها کمک می‌کند و داده‌های لازم را برای مدیریت منابع و ایجاد آینده‌ای امن و مقاوم در اختیار آن‌ها قرار می‌دهد. در چند دهه گذشته توجه به انتشار آلودگی‌های محیطی، در سرلوحه برنامه‌های کشورهای جهان قرار گرفته است تا بتواند زمینه کاهش آن را فراهم کند. جدول (۳) ویژگی‌های شاخص انتشار آلودگی‌ها محیطی (CO<sub>2</sub>, PM<sub>2.5</sub>) در ۸ کشور برتر مقصد گردشگری را نشان می‌دهد. این جدول نشان می‌دهد که میانگین انتشار آلودگی PM<sub>2.5</sub> به ترتیب در کشورهای چین، مکزیک و تایلند برابر با ۲/۴۶، ۰/۹۴۶ و ۰/۸۵۷ و میانگین CO<sub>2</sub> در کشور ایالات متحده آمریکا و چین با ۰.۷۴۳۳۶ و ۰.۲۱۵۲۳ است. برای مثال، در سال ۲۰۱۸ وزارت محیط‌زیست کشور چین، کار پایش PM<sub>2.5</sub> را در ۷۴ شهر انجام داد. میانگین غلظت سالانه PM<sub>2.5</sub> بین ۲۶ تا ۱۶۰ میکروگرم بر مترمکعب است و مقدار متوسط آن ۷۲ میکروگرم بر مترمکعب است که ۲.۰۶ برابر میانگین سالانه استاندارد سطح دوم (۳۵ میکروگرم بر مترمکعب) توسط استانداردهای کیفیت هوای محیطی در چین است (Cao et al. 2018).

در کشور مکزیک، میانگین غلظت PM<sub>2.5</sub> در سال ۲۰۱۷ برای Mazatlán, Los Mochis و Culiacan به ترتیب ۲۲.۴، ۲۲.۸ و ۱۴.۱ میکروگرم بر مترمکعب برآورد شده است (Becerra-Pérez et al. 2021). نتایج تحقیق، اعظم و همکاران (۲۰۱۸) در کشور تایلند نشان داد که گردشگری تأثیر مثبت و معناداری بر آلودگی محیط‌زیست دارد. زیرا این درجه اول به دلیل افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای در بخش حمل‌ونقل، ساختمان و تولید برق است و مورد دوم استفاده بیشتر از سوخت‌های فسیلی است (Chaichaloempreecha et al. 2019). تجزیه و تحلیل نشان می‌دهد که عواملی

ساخت‌وسازهای هتل‌ها و رونق حمل‌ونقل در صنعت گردشگری تأثیر قابل‌توجهی در کشور تایلند داشته است (Le & Nguyen, 2021).

کمترین میزان PM2.5 و CO2 مربوط به کشورهای ایالات متحده آمریکا و ایتالیا، مکزیک، تایلند و ترکیه که هر کدام به ترتیب با میانگین ۰.۳۰۵۸۲؛ ۰.۴۰۰۸۲؛ ۰.۴۷۱۷؛ ۰.۷۰۴۳ و ۰.۷۵۶۶ است. تحقیقات (González-Abraham et al. 2015) در کشور مکزیک نشان داد که حدود ۵۶ درصد از سطح زمین تحت اثرات فعالیت‌های انسانی خیلی کم قرار دارند و استفاده از آن در مناطق این کشور به‌طور مساوی توزیع نشده است، کمترین مقادیر در مناطق خشک شمالی و شمال غربی و مناطق گرمسیری جنوب شرقی است. در کشور تایلند در سال ۲۰۱۱ سازمان مدیریت گازهای گلخانه‌ای تایلند (سازمان عمومی: TGO) با همکاری مرکز ملی فناوری فلزات و مواد، تایلند (MTEC) و آژانس ملی توسعه علم و فناوری (NSTDA)، پروژه رد پای کربن توسعه را ترویج کردند. در واقع پروژه ردپای کربن، "TGO" استراتژی مناسبی را برای ایجاد مدیریت مؤثر در انتشار گازهای گلخانه‌ای، حمایت از اقتصاد، حفاظت از محیط‌زیست و اقتصاد محیط‌زیست و جامعه راه‌اندازی کردند (Chomkhamsri et al. 2017).

جدول ۳. آمار توصیفی شاخص‌های آلودگی محیطی در کشورهای برتر مقصد گردشگری

Indicator	ID	countries	Mean±SE	SE	CV (%)	Skewness	Kurtosis	max	min
PM2.5	1	France	۰/۴۳۹	۱/۴۸۱	۱/۵۴۸	۰/۲۴۸	-۱/۶۴۷	۱۴/۸۷	۱۱/۸۱
	2	USA	۰/۳۰۵	۰/۷۲۲	۰/۷۴۸	۰/۰۲۸	-۱/۳۷۰	۹/۷۴	۷/۴۰
	3	China	۰/۴۶۴	۰/۶۵۲	۴/۵۸۶	-۰/۱۸۱	-۱/۶۰۶	۷۰/۵۴	۵۲/۲۱
	4	Italy	۰/۴۰۰	۰/۶۴۲	۱/۲۸۵	۰/۵۶۵	۰/۲۸۶	۱۹/۹۹	۱۶/۴۹
	5	Mexico	۰/۹۴۶	۰/۷۵۲	۱/۱۷۴	-۰/۰۳۲	-۱/۷۸۸	۲۷/۷۴	۲۰/۷۰
	6	Turkey	۰/۵۷۳	۰/۷۴۲	۲/۶۳۳	-۰/۲۲۰	۰/۹۱۷	۴۵/۴۰	۴۰/۵۴
	7	Germany	۰/۴۱۲	۱/۴۸۱	۱/۳۵۹	۰/۶۳۵	۰/۶۳۲	۱۵/۱۸	۱۱/۹۳
	8	Thailand	۰/۸۵۷	۰/۷۴۲	۵/۸۸۸	-۰/۴۴۱	-۲/۰۵۸	۳۱/۶۰	۲۶/۲۵
CO2	1	France	۰/۱۰۶	۱/۸۸۱	۰/۰۹۰	-۰/۲۹۹	-۱/۸۲۲	۵/۳۵	۵/۱۵
	2	USA	۰/۷۴۳	۰/۶۵۲	۰/۵۵۳	۰/۳۹۱	-۰/۳۰۹	۱۷/۴۳	۱۵/۱۳
	3	China	۰/۲۱۵	۰/۷۶۲	۰/۲۸۳	-۱/۵۰۸	-۱/۴۶۳	۷/۳۲	۵/۷۹
	4	Italy	۰/۱۸۸	۰/۶۵۲	۰/۳۷۱	۰/۰۸۶	-۲/۲۸۸	۶/۸۳	۵/۳۸
	5	Mexico	۰/۰۴۷	۰/۷۸۲	۰/۰۱۸	-۰/۲۴۲	-۱/۹۵۱	۴/۱۵	۳/۸۰
	6	Turkey	۰/۰۷۵	۰/۶۵۲	۰/۰۴۶	۰/۲۳۱	-۰/۳۱۲	۴/۶۹	۴/۰۳
	7	Germany	۰/۰۸۳	۱/۴۸۱	۰/۰۵۶	۰/۴۳۵	-۱/۲۲۰	۹/۶۴	۸/۹۶
	8	Thailand	۰/۰۷۰	۰/۷۵۲	۰/۰۴۰	-۰/۸۲	-۱/۸۱۳	۳/۸۳	۳/۳۰

### روش‌های پیش‌بینی

برای تجزیه و تحلیل اثرات توسعه گردشگری بر انتشار آلودگی‌های محیطی و برآورد خطای میانگین مربع ((MSE و انتخاب مدل مناسب، از مدل‌های جریمه‌شده استفاده و آن‌ها را با یکدیگر مقایسه کردیم. برای بررسی اعتبار متقابل، داده‌های تصادفی را به دو دسته آموزش و آزمایش تقسیم‌بندی کردیم و برای تنظیم پارامترهای مدل در مجموعه آموزش و پیش‌بینی آن‌ها اقدام شد.

خلاصه آمار نمرات RMSE در جدول (۴) ارائه شده است. به طوری که شاخص PM2.5 در مدل رگرسیون خطی ۱/۱۳۵، ریج ۰/۸۵۳، لاسو ۱/۰۱۴ و برای الاستیک نت ۱/۱۱ است. اما در شاخص CO2 برای مدل رگرسیون خطی ۰/۹۴۲، ریج ۰/۷۱۹؛ لاسو ۰/۷۲۶ و برای الاستیک نت ۰/۸۳۸ است. بنابراین در مدل رگرسیون Lasso چهار شاخص

حذف شده است، اما همان مقدار را نسبت به دیگر مدل‌ها نشان می‌دهد. زیرا علاوه بر کارکرد پیش‌بینی خوب خارج از نمونه، توانست انتخاب متغیرها را با کاهش ضرایب به صفر و در نتیجه افزایش تفسیرپذیری انجام می‌دهد. اگرچه مدل الاستیک می‌تواند انتخاب متغیرها را انجام دهد، اما نیاز به انتخاب متغیرهای بیشتری دارد. این مدل عملکرد بهتری نسبت به لاسو ندارد.

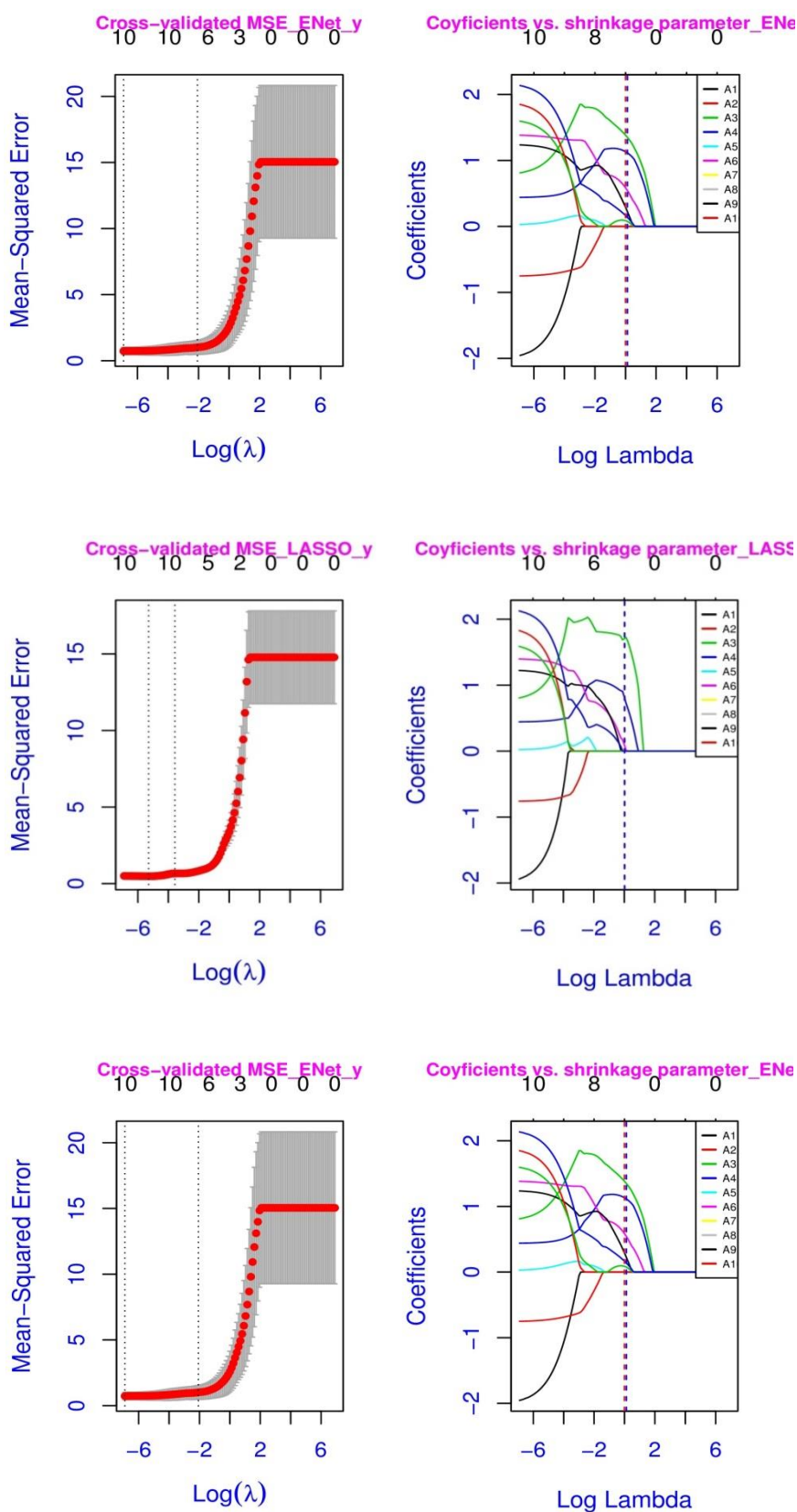
جدول ۴. مقایسه اعتبار پیش‌بینی برای شاخص آلودگی محیطی در ۸ کشور برتر مقصد گردشگری با استفاده از رگرسیون خطی

Variable	Method	MSE	RMSE	R <sup>2</sup>	Acc-R
PM2.5	OLS	۰/۰۱۸	۱/۱۳۵	۰/۹۸۲	۰/۸۵۷
	RR	۰/۰۱۳	۰/۸۵۳	۰/۹۵۹	۰/۸۸۱
	Lasso	۰/۰۱۶	۰/۰۱۴	۰/۹۴۱	۰/۸۶۶
	EN	۰/۰۱۷	۰/۱۱۴	۰/۹۳۲	۰/۵۸۵
CO2	OLS	۰/۰۱۴	۰/۹۴۲	۰/۹۵۷	۰/۸۸۱
	RR	۰/۰۱۱	۰/۷۱۹	۰/۹۶۳	۰/۸۸۸
	Lasso	۰/۰۱۱	۰/۷۲۶	۰/۹۲۶	۰/۸۸۹
	EN	۰/۰۱۳	۰/۸۳۸	۰/۹۶۱	۰/۸۸۸

با توجه به بررسی اثرات توسعه گردشگری بر انتشار آلودگی‌های محیطی، واقعیت، ممکن است بسیار پیچیده‌تر از یک مدل پیشنهادی باشد. از این رو، هیچ اطمینان وجود ندارد که رویدادهای مورد بررسی به قدری ساده باشند که بتوان آن‌ها را با مدل‌هایی که برای انسان قابل درک است تقریب زد (بارکونی و وست فال ۲۰۱۷).

شکل (۳) نشان می‌دهد، قسمت بالای نمودارها، خطای میانگین مربع CV 10 برابر (MSE) و با مقادیر  $\lambda$  نشان می‌دهد، اما قسمت پایین نمودار، مقادیر ضرایب پیش‌بینی کننده در مقابل پارامترهای انقباضی را نشان می‌دهد. خطوط خطچین عمودی اول و دوم مربوط به مقدار  $\lambda$  با حداقل MSE و حداکثر مقدار  $\lambda$  در یک خطای حداقل استاندارد MSE است. T حداکثر دقت پیش‌بینی و مقدار ضرایب محدود را نشان می‌دهد.

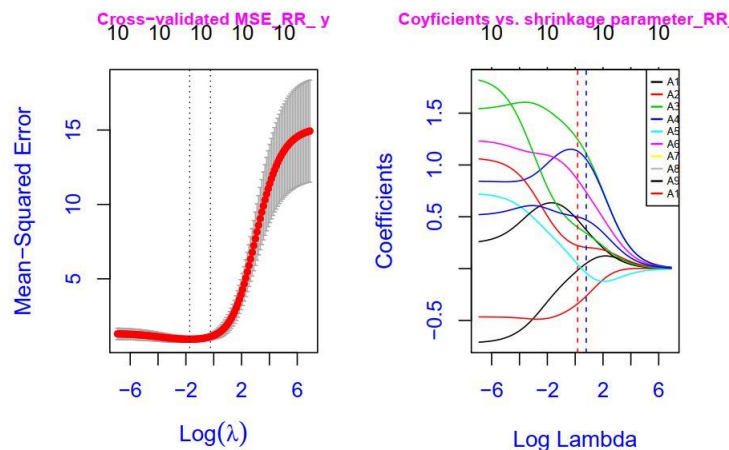
شکل (۳) نشان می‌دهد که محور  $y$  مقادیر MSE و محور  $x$  تعداد متغیرهای پیش‌بینی کننده‌ها هستند. از چندین مدل برای شناسایی پارامتر هموارسازی بهینه  $\lambda$  در مجموع ۶۴ داده در ۱۲ شاخص انجام شد. سپس، نویز داده‌ها را کاهش دادیم تا در تشخیص سیگنال‌های واقعی مدل دقیق‌تر باشد. به همین دلیل، از شاخص‌های توسعه گردشگری در ۸ کشور برتر جهان، برای تعیین پارامتر هموارسازی بهینه  $\lambda$  استفاده شد. همان‌طور که در شکل (۳) نشان داده شده است، به‌طور پیش‌فرض، تعداد نقطه‌چین ۱۰ و آلفا (۰/۵ و ۱/۰) است. مدل Ridge تقریباً ضریب متغیرها را به صفر رساند و همه متغیرها مورد بررسی قرار گرفتند. در واقع، مدل Ridge متغیرهای همبسته مثبت و دیگری منفی را نسبت به یکدیگر کاهش داده است. همان‌طور که در شکل ۶ مشاهده می‌شود برای بهبود مدل و انتخاب متغیر خودکار با افزایش مقادیر  $\lambda$  از روش Lasso استفاده شده است. این مدل خروجی کاهش تعداد متغیرهای پیش‌بینی کننده به هنگام  $\log(\lambda) \rightarrow -5$  نشان می‌دهد. این متغیرها به احتمال زیاد با دیگر متغیرها ارتباط قوی دارند و باعث می‌شوند ضرایب آن‌ها متورم شود. مزیت Elastic Net این است که امکان تنظیم از طریق Ridge با ویژگی انتخاب متغیر Lasso را فراهم می‌کند. نمودارهای آزمون MSE با مقدار  $\lambda$  و جنبه‌های عملی مدل PR در شکل (۳) برای PM2.5 نشان داده شده است.

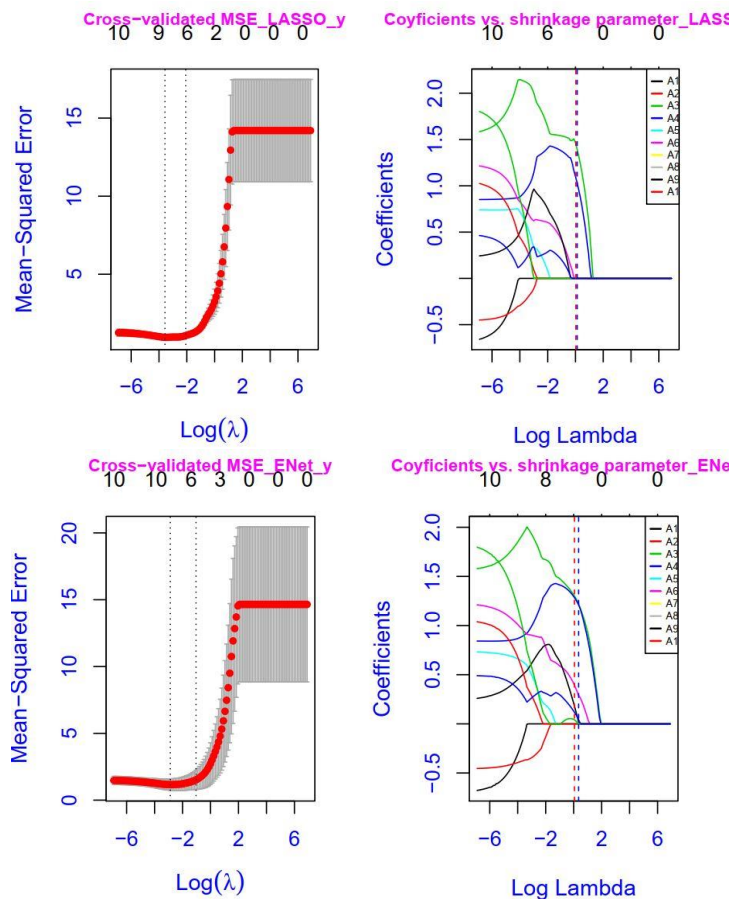


شکل ۳. میانگین خطای CV برابر (MSE) در مقادیر  $\lambda$  برای PM2.5

شکل (۴) خطای میانگین مربع CV 10 برابر (MSE) و با مقادیر  $\lambda$  در شاخص CO2 را نشان می‌دهد، اما قسمت پایین آن، مقادیر ضرایب پیش‌بینی کننده در مقابل پارامترهای انقباضی را نشان می‌دهد. این بخش امکان ارزیابی مستقیم موازنه بایاس-واریانس را فراهم می‌آورد؛ یعنی با افزایش  $\lambda$  شدت کوچک‌سازی ضرایب بیشتر می‌شود و در نتیجه واریانس کاهش می‌یابد، ولی در مقابل بایاس مدل افزایش می‌یابد. روند MSE در این بخش اهمیت زیادی دارد، زیرا نقطه بهینه  $\lambda$  باید همان‌جایی باشد که خطای کلی (شامل هر دو مؤلفه بایاس و واریانس) کمینه می‌شود. بنابراین، مقایسه سه مدل رگرسیونی جریمه‌شده نشان داد که دامنه انتخاب شاخص‌ها در هر مدل بیانگر سطح متفاوتی از کوچک‌سازی و ارزیابی ویژگی‌ها است. در مدل رگرسیون ریبج تمامی شاخص‌ها حفظ شدند که نشان از تمرکز مدل بر کاهش واریانس بدون حذف متغیرها دارد؛ به عبارت دیگر، این مدل پایداری ضرایب را در اولویت قرار داده است. در مقابل، مدل لاسو با قی بخشی از ضرایب را برابر صفر قرار داده و تنها ۶ شاخص کلیدی را حفظ کرده است که بیانگر فرآیند انتخاب خودکار متغیرهای مؤثرتر و حذف ویژگی‌های کم‌اهمیت در تبیین آلودگی است؛ این انتخاب سبب کاهش پیچیدگی مدل و افزایش تفسیرپذیری روابط علی میان گردشگری و آلودگی شد. اما در مدل الاستیک‌نت، ترکیب هم‌زمان جریمه‌های موجب شد تا ۸ شاخص نهایی با ساختار همبسته حفظ شوند؛ یعنی مدل نه تنها توانسته متغیرهای مهم را انتخاب کند، بلکه گروه‌هایی از شاخص‌های درهم وابسته (مانند هزینه‌های سفر، حمل‌ونقل و درآمد صادراتی) را نیز به شکل گروهی نگه دارد. این نتیجه نشان می‌دهد که الاستیک‌نت در تعادل میان کوچک‌سازی و همبستگی گروهی متغیرها عملکردی بهینه‌تر نسبت به لاسو و ریبج داشته و توانسته ساختار چندبعدی تأثیر شاخص‌های گردشگری بر انتشار آلودگی را واقع‌بینانه‌تر بازسازی کند.

نمودارهای آزمون MSE با مقدار  $\lambda$  و جنبه‌های عملی مدل PR در شکل (۴) برای CO2 نشان داده شده است.





شکل ۴. میانگین خطای CV برابر (MSE) در مقادیر  $\lambda$  برای  $CO_2$

## بحث

در سال‌های اخیر، رابطه میان رشد صنعت گردشگری و تشدید آلودگی‌های زیست‌محیطی به یکی از محورهای اصلی بحث در مطالعات جهانی تبدیل شده است. انتشار آلاینده‌هایی مانند  $CO_2$  و  $PM_{2.5}$  در مقاصد گردشگری پیشرو، از جمله چین، فرانسه، ترکیه و تایلند، به دلیل حجم بالای گردشگران و تمرکز فعالیت‌های خدماتی، مورد توجه جدی دانشگاهیان، اقتصاددانان و برنامه‌ریزان محیطی قرار گرفته است. در برخی کشورها، تأثیر آلودگی فراتر از شاخص‌های انرژی است. گزارش شورای بین‌المللی حمل‌ونقل پاک (ICCT) نشان می‌دهد که شهر پاریس در سال ۲۰۱۵ نهمین رتبه مرگ‌ومیر ناشی از آلودگی هوا را در میان کلان‌شهرهای جهان داشته است. همچنین پژوهش (Wu & Wang, 2020) نشان می‌دهد که در فرانسه، ایالات متحده و چین، توسعه گردشگری در بلندمدت رابطه‌ای مثبت با رشد انتشار کربن دارد؛ هرچند در کوتاه‌مدت، اثر آن بیشتر به تحریک رشد اقتصادی محدود می‌شود و میان رشد اقتصادی و انتشار  $CO_2$  رابطه‌ای دوطرفه برقرار است. در ترکیه، (Saint Akadiri, 2019) گزارش کرد که افزایش یک درصدی در ورود گردشگران بین‌المللی یا درآمد واقعی، موجب رشد بین ۰.۱۲۹ تا ۰.۶۲۵ درصدی در انتشار  $CO_2$  در کوتاه‌مدت شده است؛ این یافته‌ها نشانگر حساسیت شدید شاخص‌های آلودگی به رونق گردشگری است. در کشورهای تایلند، مکزیک و آلمان نیز، توسعه زیرساخت حمل‌ونقل گردشگری (هوایی، ریلی و جاده‌ای) باعث افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی و در نتیجه انتشار گازهای گلخانه‌ای شده است (Adedoyin et al., 2021).

در راستای پاسخ به هدف و سؤال مطرح‌شده در این پژوهش، از روش‌های رگرسیونی جریمه‌شده استفاده شد. در مدل کلاسیک رگرسیون خطی، فرض اصلی بر استقلال کامل متغیرهای پیش‌بین است؛ یعنی هیچ همبستگی شدیدی میان آن‌ها وجود ندارد. اما در مطالعات تجربی به‌ویژه در حوزه‌هایی مانند گردشگری، اقتصاد، یا محیط‌زیست، چنین شرطی به‌ندرت برقرار است، زیرا شاخص‌ها معمولاً به‌صورت زنجیره‌ای و درهم‌تنیده عمل می‌کنند (برای مثال، مصرف انرژی، حمل‌ونقل و انتشار CO<sub>2</sub> ارتباط هم‌زمان دارند). در چنین شرایطی، روش رگرسیون خطی با چند هم خطی روبه‌رو می‌شود که باعث ناپایداری ضرایب و تشخیص‌های نادرست در روابط متغیرها می‌گردد. به همین دلیل، ضرایب برآوردی در مدل رگرسیون خطی ممکن است در داده‌های جدید به‌طور قابل‌توجهی تغییر کنند که نشانه‌ای از بیش‌برازش و ضعف در تعمیم‌پذیری مدل است. در پاسخ به این چالش، مدل‌های رگرسیونی جریمه‌شده مانند ریج، لاسو و الاستیک‌نت وارد شده‌اند تا با افزودن تابع جریمه به معادله برآورد، ثبات ضرایب را افزایش دهند و واریانس مدل را تحت کنترل قرار دهند. این مدل‌ها بر پایه مفهوم کوچک‌سازی ضرایب عمل می‌کنند؛ یعنی به‌جای حذف کامل متغیرها، اندازه آن‌ها را کاهش می‌دهند تا تأثیر متغیرهای کم‌اهمیت کمتر شود و از نوسانات بی‌دلیل در ضرایب جلوگیری گردد.

همچنین، با روش اعتبار سنجی متقابل، ما نشان دادیم که استفاده از رویکرد «غیراستاندارد» در رگرسیون لاسو برای پیش‌بینی آلودگی‌های زیست‌محیطی در کشورهای برتر مقصد گردشگری، در مقایسه با رگرسیون خطی «استاندارد» دقیق‌تر است. انتخاب رگرسیون لاسو با این هشدار همراه است که بین متغیرهای انتخاب‌شده و غیرمنتخب همبستگی زیادی وجود دارد و در پیش‌بینی‌ها مؤثر واقع شوند.

جدول ۵ نشان داد که مدل‌های MSE، RMSE در عملکرد پیش‌بینی شاخص‌ها بهتر از مدل رگرسیون خطی است. به‌طوری‌که نتایج به‌دست‌آمده با مطالعات محققان در این زمینه مطابقت دارد. در بررسی و برآورد عوامل تعیین‌کننده هزینه‌های گردشگری فردی با استفاده رگرسیون الاستیک نت، ابروزو و همکاران (۲۰۱۴) پیشنهاد کردند که اثرات قابل‌توجه از هزینه‌های گردشگران در ارائه خدمات خانه‌های گران‌قیمت، انجام فعالیت‌های گردشگری، فصلی بودن گردشگری وجود دارد. همچنین آن‌ها بیان کردند که انتخاب شاخص‌های منطقی می‌تواند به مدیران در اقدامات مدیریت پیشگیرانه کاهش آلودگی‌ها، کمک کند. فن و همکاران<sup>۲</sup> (۲۰۱۵) در پژوهش خود گزارش کردند که روش‌های رگرسیون خطی و ریج نمی‌توانند تفسیرپذیری و دقت پیش‌بینی را هم‌زمان برآورده کنند. آن‌ها پیشنهاد کردند که استفاده از روش Lasso نه تنها می‌تواند مشکلات فوق را حل کند، بلکه پیچیدگی محاسبه را نیز کاهش می‌دهد. علاوه بر این استفاده از مدل‌های جریمه‌شده مانند lasso نقش بسیار مهمی در برآورد عوامل تعیین‌کننده انتخاب شاخص‌ها در اهداف پشتیبانی فرایند تصمیم‌گیری‌ها دارد. فرهادی و همکاران (۲۰۱۹)، بیان کردند که روش‌های لاسو، ریج و الاستیک نت ویژگی‌های مطلوبی دارند، آن‌ها می‌توانند به‌طور هم‌زمان، انتخاب متغیرهای پیش‌بینی کننده مناسب را انجام دهند و اثرات آن‌ها را برآورد کنند. علاوه بر این آن‌ها عملکرد سه روش رگرسیون جریمه‌شده را باهم مقایسه کردند و دریافتند که سه روش قادر به تولید مدل‌های مناسب هستند، نتایج آن‌ها نشان داد که الاستیک نت دقت پیش‌بینی بهتری نسبت به بقیه دارد و از دو روش دیگر بهتر عمل کرده و از نظر MSE ارزش کمتری نشان داد. جونز<sup>۳</sup> (۲۰۱۵)، دریافت که استفاده از مدل‌های جریمه‌شده به دلیل ثبات، دقت پیش‌بینی بالاتر و کارایی محاسباتی بهتری دارند و این مدل‌ها برای جایگزینی

1. Abbruzzo  
2. Fan  
3. Gunes

جذاب در انتخاب روش‌های سنتی در داده‌های همبسته یا داده‌هایی که دارای تعداد زیادی متغیرهای پیش‌بینی کننده هستند، نام می‌برد.

بنابراین در کل می‌توان بیان کرد که در بین مدل‌های رگرسیون جریمه‌شده، رگرسیون لاسو در انتخاب متغیرها صرفه‌جویی است و عملکرد بهتری دارد. به این معنی که این مدل در انتخاب متغیرها سخاوتمند است. همچنین رگرسیون ریب، زمانی می‌تواند عملکرد مناسبی داشته باشد که تعداد زیادی متغیر پیش‌بینی کننده وجود داشته باشد و ضرایب آن غیر صفر و از توزیع نرمال استخراج شده باشد. یعنی این مدل نشان می‌دهد که تعداد متغیرهای زیاد و یا هم خطی چندگانه شدید روبرو است. مدل الاستیک نت نشان داد که انتخاب متغیر و منظم‌سازی را به‌طور هم‌زمان انجام می‌دهد و گروه‌بندی‌ها و انتخاب متغیرها نقش‌های کلیدی در این مدل هستند و از دو مدل رگرسیون ریب و لاسو بهره می‌گیرد.

### نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق نشان داد که میانگین انتشار PM2.5 در کشورهای چین، مکزیک و تایلند برابر با ۲/۴۶، ۰/۹۴۶ و ۰/۸۵۷ و میانگین CO2 در کشور ایالات متحده آمریکا و چین برابر با ۰.۷۴۳۳۶ و ۰.۲۱۵۲۳ است. همچنین نتایج پیش‌بینی مدل‌ها، با استفاده از خطای میانگین مربع ریشه (RMSE)، خطای میانگین مربع (MSE) و ضریب تعیین (R2) مقایسه شد. نتایج RMSE، دقت پیش‌بینی برای مقادیر PM2.5 و CO2 به‌دست آمده از همه مدل‌های رقیب بسیار نزدیک است، اما در مجموع نتایج MSE و R2 نشان داد که مدل لاسو از سایر مدل‌های رقیب بهتر عمل کرده است. در این مدل مقدار شاخص PM2.5 برابر ۱/۰۱۴ و در شاخص CO2 برابر با ۰/۷۲۶ است. این مدل اگرچه برتری بالقوه خود را نسبت به دیگر مدل‌ها نشان داد و با داده‌های آموزشی سازگار بهتری دارد. لذا استفاده از آن در انتخاب شاخص‌ها و روش پیش‌بینی برای دستیابی به دقت بالا، همراه با انعطاف‌پذیری است. الاستیک نت و ریب می‌توانند نقش مهمی در توسعه گردشگری و انتشار آلودگی که دارای تعداد زیادی پارامتر هستند، ایفا کنند. در چنین مواردی، این تکنیک‌ها، برای تجزیه و تحلیل توسعه گردشگری بر انتشار آلودگی استفاده می‌شوند، بهترین انتخاب برای مدل‌سازی و پیش‌بینی چنین نوع تحقیقاتی هستند.

این مطالعه دو کمک مهم به ادبیات توسعه گردشگری و انتشار آلودگی محیطی ارائه می‌دهد، اولاً روش‌های مختلفی برای تجزیه و تحلیل تحقیقات علمی وجود دارد که انتخاب روش مناسب بستگی به اهداف تحقیق دارد. مدل رگرسیون خطی یکی از قدیمی‌ترین و ساده‌ترین روش‌ها است که در مقایسه با مدل‌های پیچیده عملکرد قابل قبولی دارد، اما تنها می‌تواند میانگین تأثیرات عوامل مؤثر بر متغیر وابسته را تعیین کند و در مواجهه با مجموعه‌های آموزشی و آزمایشی دارای نقص‌های شدید است و نتایج آن‌ها ناپایدار است. بنابراین از روش مدل‌های رگرسیون جریمه‌شده برای رفع برخی از نقاط ضعف مدل رگرسیون چند متغیر استفاده شد. استفاده رگرسیون جریمه‌شده امکان آزمایش تعداد زیادی از متغیرهای پیش‌بینی را فراهم می‌کند. برخی سوگیری‌ها را در تخمین مدل‌ها اضافه می‌کند و میانگین خطای مربعات متغیر رضایت‌بخش را کاهش می‌دهد. دوم، ما از مدل‌های جریمه‌شده (لاسو، ریب و الاستیک نت) برای رفع مشکل دقت پیش‌بینی و انتخاب متغیرها مؤثر استفاده کردیم. این مدل می‌تواند هم خط چندگانه را مدیریت کند و هم انتخاب متغیر را انجام دهند.

از محدودیت این تحقیق می‌توان بیان کرد، که استفاده از روش‌های مدل رگرسیون خطی فقط می‌تواند میانگین اثرات متغیر وابسته را تعیین کند و در مواجهه با مجموعه‌های آموزشی و آزمایشی دارای نقص‌های شدید است. علاوه بر آن، ضعف دسترسی به داده‌ها همه کشور و بررسی شاخص‌های بیشتر از محدودیت‌های این تحقیق بود. نتایج این تحقیق

تأکید می‌کند، محققان آینده گردشگری باید روش‌های را اتخاذ کنند تا حداقل اثرات توسعه گردشگری بر انتشار آلودگی محیطی را کاهش دهند. از این رو استفاده از روش‌های جریمه‌شده در توسعه گردشگری باید همراه برنامه‌ریزی، هدفمند و مرتبط با سیاست‌های اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی و رفاهی دولت‌ها باشد. ذینفعان توسعه گردشگری باید بر استراتژی‌های مدل‌های جریمه‌شده تمرکز کنند و تعاملات دو طرفه بین توسعه گردشگری با انتشار آلودگی‌های محیطی تضمین کنند.

#### حامی مالی

این اثر حامی مالی نداشته است.

#### سهام نویسندگان در پژوهش

نویسندگان در تمام مراحل و بخش‌های انجام پژوهش سهم برابر داشتند.

#### تضاد منافع

نویسندگان اعلام می‌دارند که هیچ تضاد منافی در رابطه با نویسندگی و یا انتشار این مقاله ندارند.

#### تقدیر و تشکر

نویسندگان از همه کسانی که در انجام این پژوهش به ما یاری رساندند، تشکر و قدردانی می‌نمایند.

#### منابع

منظم اسماعیل پور، علی؛ رومیانی، احمد و دهبان نژادیان، اکبر (۱۴۰۱)، تحلیل نگرش و انتظارت زنان گردشگری از فضاهای جذب گردشگری روستایی، مطالعه موردی: دهستان رودپی شرقی شهرستان ساری. *پژوهش‌های جغرافیای انسانی*، ۵۴(۳) ۹۹۹-۱۰۱۹

Doi:10.22059/jhgr.2021.313033.1008198

پوربافرانی، فاطمه؛ وفایی، ابوذر و مزروعی، اسماعیل (۱۴۰۴)، ارائه عوامل کلیدی موفقیت گردشگری خلاق، مطالعه موردی: شهر

نائین. *پژوهش‌های جغرافیای انسانی*، ۵۷(۳) ۱۵-۳۶. Doi:10.22059/jhgr.2024.374776.1008684

#### References

- Abbruzzo, A., Brida, J. G., & Scuderi, R. (2014). Scad-elastic net and the estimation of individual tourism expenditure determinants. *Decision support systems*, 66, 52-60.
- Adedoyin, F. F., Alola, U. V., & Bekun, F. V. (2021). On the nexus between globalization, tourism, economic growth, and biocapacity: evidence from top tourism destinations. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-11.
- Adedoyin, F. F., Nathaniel, S., & Adeleye, N. (2021). An investigation into the anthropogenic nexus among consumption of energy, tourism, and economic growth: do economic policy uncertainties matter?. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(3), 2835-2847. DOI <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10638-x>
- Atasoy, B. S. (2017). "Testing the Environmental Kuznets Curve Hypothesis across the US: Evidence from Panel Mean Group Estimators." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 77:731-47. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.04.050>
- Azam, M., Alam, M. M., & Hafeez, M. H. (2018). Effect of tourism on environmental pollution: Further evidence from Malaysia, Singapore and Thailand. *Journal of cleaner production*, 190, 330-338. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.04.168>

- Balli, E., Sigeze, C., Manga, M., Birdir, S., & Birdir, K. (2019). The relationship between tourism, CO2 emissions and economic growth: a case of Mediterranean countries. *Asia Pacific Journal of Tourism Research*, 24(3), 219-232. <https://doi.org/10.1080/10941665.2018.1557717>
- Becerra-Pérez, L. A., Ramos-Álvarez, R. A., Delacruz, J. J., García-Páez, B., Páez-Osuna, F., Cedeño-Laurent, J. G., & Boldo, E. (2021). An Economic Analysis of the Environmental Impact of PM2.5 Exposure on Health Status in Three Northwestern Mexican Cities. *Sustainability*, 13(19), 10782. <https://doi.org/10.3390/su131910782>.
- Bojanic, D.C., Warnick, R.B., 2019. The relationship between a country's level of tourism and environmental performance. *J. Travel Res.*, 0047287519827394 (Article in press). DOI:10.1177/0047287519827394.
- Chaichaloempreecha, A., Chunark, P., & Limmeechokchai, B. (2019). Assessment of Thailand's energy policy on CO2 emissions: Implication of National Energy Plans to Achieve NDC Target. *International Energy Journal*, 19(2).
- Chen, C. M., Lin, Y. L., & Hsu, C. L. (2017). Does air pollution drive away tourists? A case study of the Sun Moon Lake National Scenic Area, Taiwan. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 53, 398-402. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.04.028>
- Cheng, L., & Zhang, J. (2020). Is tourism development a catalyst of economic recovery following natural disaster? An analysis of economic resilience and spatial variability. *Current Issues in Tourism*, 23(20), 2602-2623. DOI:10.1080/13683500.2019.1711029
- Chili, N. S., & Xulu, N. (2015). The role of local government to facilitate and spearhead sustainable tourism development. *Problems and perspectives in management*, (13, Iss. 4), 27-31.
- Chomkham Sri, K., Mungcharoen, T., & Yuvaniyama, C. (2017). 10-year experience with the Thai national LCI database: case study of "refinery products". *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 22(11), 1760-1770. <https://doi.org/10.1007/s11367-016-1160-3>
- Churchill, S. A., Pan, L., & Paramati, S. R. (2020). Air Pollution and Tourism: Evidence from G20 Countries. *Journal of Travel Research*, 0047287520977724. DOI:10.1177/0047287520977724
- Endo, K. (2006). Foreign direct investment in tourism—flows and volumes. *Tourism management*, 27(4), 600-614. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2005.02.004>
- Farhadi, Z. F. Z., Belaghi, R. A., & Alma, O. G. (2019). Analysis of penalized regression methods in a simple linear model on the High-Dimensional data. *American Journal of Theoretical and Applied Statistics*, 8(5), 185-192. DOI:10.11648/j.ajtas.20190805.14
- Gao, J., & Zhang, L. (2021). Exploring the dynamic linkages between tourism growth and environmental pollution: new evidence from the Mediterranean countries. *Current Issues in Tourism*, 24(1), 49-65. <https://doi.org/10.1080/13683500.2019.1688767>
- Gonzalez-Abraham, R., Chung, S. H., Avise, J., Lamb, B., Salathé Jr, E. P., Nolte, C. G., ... & Streets, D. G. (2015). The effects of global change upon United States air quality. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 15(21), 12645-12665. <https://doi.org/10.5194/acp-15-12645-2015>
- Gunes, F. (2015). Penalized regression methods for linear models in SAS/STAT®. In *Proceedings of the SAS Global Forum 2015 Conference*. Cary, NC: SAS Institute Inc. [http://support.sas.com/rnd/app/stat/papers/2015/PenalizedRegression\\_LinearModels.pdf](http://support.sas.com/rnd/app/stat/papers/2015/PenalizedRegression_LinearModels.pdf). <https://www.semanticscholar.org/paper/Penalized-Regression-Methods-for-Linear-Models-in-Gunes/01bfe8fd6824ec8ad9f6b69c37c35b293>
- Habibi, F., Rahmati, M., & Karimi, A. (2018). Contribution of tourism to economic growth in Iran's Provinces: GDM approach. *Future Business Journal*, 4(2), 261-271.
- Hastie, T. R., Tibshirani, R., and Friedman, J. (2009). *Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference and Prediction*. 2nd Edn. New York, NY: Springer-Verlag.
- Holik, A. (2016). Relationship of economic growth with tourism sector. *JEJAK: Jurnal Ekonomi dan Kebijakan*, 9(1), 16-33.
- IPCC. (2014). *Summary for policymakers*. In C. B. Field, V. R. Barros, M. D. Mastrandrea, K. J. Mach, M. K. Abdrabo, N. Adger, & V. R. Burkett (Eds.), *Climate change 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability*. Part A: Global and sectoral aspects. Contribution of working group II to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change (pp. 1-32). London: Cambridge University Press. DOI:10.15294/jejak.v9i1.6652

- Katircioglu, S., Katircioglu, S., & Altinay, M. (2018). Interactions between tourism and financial sector development: evidence from Turkey. *The Service Industries Journal*, 38(9-10), 519-542. <https://doi.org/10.1080/02642069.2017.1406479>
- Katircioglu, S.T., (2014). International tourism, energy consumption, and environmental pollution: the case of Turkey. *Renew. Sust. Energ. Rev.*, 36, 180–187. DOI: 10.1016/j.rser.2014.04.058
- Le, T. H., & Nguyen, C. P. (2021). The impact of tourism on carbon dioxide emissions: insights from 95 A3B2 show \$132#?> countries. *Applied Economics*, 53(2), 235-261.
- Nguyen, C. T., Downes, N. K., Sitthi, A., & Losiri, C. (2025). Tourism-Induced Land Use Transformations, Urbanisation, and Habitat Degradation in the Phu Quoc Special Economic Zone. *Urban Science*, 9(1)11. <https://doi.org/10.3390/urbansci9010011>
- Roumiani, A., & Mofidi, A. (2022). Predicting ecological footprint based on global macro indicators in G-20 countries using machine learning approaches. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(8), 11736-11755. DOI: 10.1007/s11356-021-16515-5
- Saint Akadiri, S., Alola, A. A., & Akadiri, A. C. (2019). The role of globalization, real income, tourism in environmental sustainability target. Evidence from Turkey. *Science of the total environment*, 687, 423-432. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.139>
- Sr, M. V., & Croes, R. R. (2003). Growth, development and tourism in a small economy: Evidence from Aruba. *International Journal of Tourism Research*, 5(5), 315-330. <https://doi.org/10.1002/jtr.441>
- Sun, Y. Y., Faturay, F., Lenzen, M., Gössling, S., & Higham, J. (2024). Drivers of global tourism carbon emissions. *Nature Communications*, 15(1), 10384. <https://doi.org/10.1038/s41467-024-54582-7>
- Tibshirani, R. (1996). Regression shrinkage and selection via the lasso. *Journal of the Royal Statistical Society Series B: Statistical Methodology*, 58(1), 267-288. <https://doi.org/10.1111/j.2517-6161.1996.tb02080.x>
- Waldmann, P., et al. (2013). Evaluation of the lasso and the elastic net in genome-wide association studies. *Frontiers in genetics*, 4, 270. <https://doi.org/10.3389/fgene.2013.00270>
- Wang, C. M., & Wu, T. P. (2021). Does tourism promote or reduce environmental pollution? Evidence from major tourist arrival countries. *Environment, Development and Sustainability*, 1-22. DOI: 10.1007/s10668-021-01568-w
- World Data Atlas, (2019). <https://www.snowflake.com/datasets/knoema-tourism-data-atlas/>
- WTTC. (2019). Travel & tourism economic impact 2019 European Union LCU. London: World Travel & Tourism Council. Retrieved from <http://travelbi.turismodeportugal.pt/pt-Documentos/An%C3%A1lises/Economia/economicimpactanalysis-europeanunion2017.pdf>.
- WTTC. (2019). World Travel & Tourism Council Economic impact 2019 Mediterranean. Retrieved from <http://www.wttc.org/media/files/reports/economic%20impact%20research/regional%202015/mediterranean2019.pdf>
- Xu, D., Huang, Z., Hou, G., & Zhang, C. (2020). The spatial spillover effects of haze pollution on inbound tourism: Evidence from mid-eastern China. *Tourism Geographies*, 22(1), 83-104. DOI:10.1080/14616688.2019.1612464
- Yu, L., Ma, X., Wu, W., Wang, Y., & Zeng, B. (2021). A novel elastic net-based NGBMC (1, n) model with multi-objective optimization for nonlinear time series forecasting. *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*, 96, 105696. DOI 10.1016/j.cnsns.2021.105696
- Zhang, L., & Gao, J. (2016). Exploring the effects of international tourism on China's economic growth, energy consumption and environmental pollution: Evidence from a regional panel analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 53, 225-234. DOI: 10.1016/j.rser.2015.08.040
- Zikirya, B., Wang, J., & Zhou, C. (2021). The Relationship between CO2 Emissions, Air Pollution, and Tourism Flows in China: A Panel Data Analysis of Chinese Provinces. *Sustainability*, 13(20), 11408. <https://doi.org/10.3390/su132011408>
- Monazzam Ismailpour, A., Roumiani, A., & Dehban Nejadian, A. (2022). Analysis of the Attitudes and Expectations of Women Tourists from Rural Tourism Attraction Spaces, Case Study: Eastern Rudpi Rural District, Sari County. *Human Geography Research*, 54(3)999-1019. <https://doi.org/10.22059/JHGR.2021.313033.1008198> [In Persian]
- Pourbafarani, F., Vafaei, A., & Mazrouei, I. (2024). Presenting the key factors of success of

- creative tourism, case study: Nain city. *Human Geography Research*, 57(3)36-15. <https://doi.org/10.22059/jhgr.2024.374776.1008684> [In Persian]
- Fan, L., Chen, S., Li, Q., & Zhu, Z. (2015, December). Variable selection and model prediction based on lasso, adaptive lasso and elastic net. *In 2015 4th International Conference on Computer Science and Network Technology (ICCSNT) (Vol. 1, pp. 579-583). IEEE.*
- Cao, Q., Rui, G., & Liang, Y. (2018). Study on PM2. 5 pollution and the mortality due to lung cancer in China based on geographic weighted regression model. *BMC public health*, 18(1), 1-10. <https://doi.org/10.1186/s12889-018-5844-4>