E-ISSN: 2676-6159 | P-ISSN: 2538-5079

Journal of Decisions and Operations Research

www.journal-dmor.ir

J. Decis. Oper. Res. Vol. 6, Spec. Issue. (2022) 1–25.

Paper Type: Original-Application Paper

# Threshold Impact of Financial Development on the Composite Environmental Quality Index with Emphasis on the Role of Research and Development: Using Multi-Criteria Decision Makin and Principal Component Analysis

**Hossein Ali Fakher***

*Department of Environmental Economics, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran; imanfakher@yahoo.com.*

*Citation:*

Fakher, H. A. (2022). Threshold impact of financial development on the composite environmental quality index with emphasis on the role of research and development: using multi-criteria decision makin and principal component analysis. *Journal of decisions and operations research,* 6 (Spec. Issue), 1-25.

Received: 06/02/2021 Reviewed: 12/03/2021 Revised: 18/04/2021 Accepted: 25/04/2021

## Abstract

**Purpose:** The purpose of this paper is to apply a composite index for environmental quality to investigate the threshold impact of financial development on this composite index; Because the use of this composite index, which includes all dimensions of environmental pollution, can provide more accurate results for us in this study.

**Methodology:** In order to rech the research goals, annual data for selected OPEC countries over the period of 2000 to 2019 and Panel Smooth Transition Regression (PSTR) approach are used. Firstly, a composite environmental quality index is created as a dependent variable in the model and then, the pre-estimations (including cross-sectional dependence, second-generation unit root, nonlinear association existence, no-remaining nonlinear association existence) are investigated. Finally, the threshold impact of financial development on environmental quality are estimated.

**Findings:** The results indicate a non-linear relationship between the studied variables. According to the test of no-remaining nonlinear association, the inclusion of a transfer function with a threshold parameter which is representing a two-regime model, is recommended to determine the nonlinear relationship between variables. Financial development (bank- and market-oriented) in first regime have a positive effect, but by crossing of threshold and entering to second regime it has negative effect on environmental quality. Accordingly, there is a U-shaped relationship between financial development and environmental quality. Given the relationship between economic growth and environmental quality in the two regimes, the Environmental Kuznets Curve (EKC) hypothesis is also confirmed. The trade openness and, research and development expenditures in both regimes have negative and positive effects on the composite environmental quality index, respectively.

**Originality/Value:** Based on the results, some policy suggestions and new recommendations are presented for future studies, which would contribute to the better implementation of economic–environmental policies.

**Keywords:** Economic growth, Financial development, Environmental indicators, CRITIC approach.

Corresponding Author: imanfakher@yahoo.com
http://dx.doi.org/10.22105/dmor.2021.272043.1321
Licensee. **Journal of Decisions and Operations Research**. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0).

Journal of Decisions and Operations Research

# تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات

دوره ۶، شماره ویژه، (۱۴۰۰)، ۲۵-۱

www.journal-dmor.ir

نوع مقاله: پژوهشی-کاربردی

# تأثیر آستانه‌ای توسعه مالی بر شاخص ترکیبی کیفیت محیط زیست با تأکید بر نقش تحقیق و توسعه: کاربردی از روش تصمیم‌گیری چند معیاره و تحلیل مؤلفه‌های اصلی

**حسینعلی فاخر***

گروه اقتصاد محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

## چکیده

**هدف:** هدف از این مطالعه بکارگیری یک شاخص ترکیبی برای کیفیت محیط‌زیست جهت بررسی تأثیر آستانه‌ای توسعه مالی بر این شاخص ترکیبی می‌باشد؛ چرا که بکارگیری این شاخص ترکیبی که در بردارنده تمامی ابعاد آلودگی محیط‌زیست می‌باشد، می‌تواند نتایج دقیق‌تری را برای ما در این تحقیق ارائه دهد.

**روش‌شناسی پژوهش:** جهت دستیابی به اهداف تحقیق، از داده‌های سالیانه مربوط به کشورهای منتخب *OPEC* طی بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۹ و رویکرد غیرخطی رگرسیون انتقال ملایم پانلی استفاده شده است. ابتدا با استفاده از رویکرد *CRITIC* شاخص ترکیبی محیط‌زیستی به عنوان متغیر وابسته ساخته شد و سپس، آزمون‌های اولیه (آزمون وابستگی مقطعی، آزمون ریشه واحد نسل دوم، آزمون وجود رابطه غیرخطی و آزمون وجود رابطه غیرخطی باقیمانده) قبل از تخمین مدل‌های تحقیق انجام شد. درنهایت، تاثیر آستانه‌ای توسعه مالی بر کیفیت محیط‌زیست در قالب دو مدل تخمین زده شد.

**یافته‌ها:** نتایج بر وجود یک رابطه غیرخطی بین متغیرهای مورد بررسی دلالت دارد و یک مدل دو رژیمی برای تفسیر رفتار غیرخطی بین متغیرهای تحقیق پیشنهاد شد. متغیر توسعه مالی (بانک محور و بازار محور) در رژیم حدی اول اثر منفی و در رژیم حدی دوم تأثیر مثبت بر کیفیت محیط زیست داشته‌اند. بر این اساس، رابطه *U* شکل بین توسعه مالی و کیفیت محیط زیست تأیید می‌شود. با توجه به نوع رابطه بین رشد اقتصادی و کیفیت محیط‌زیست در دو رژیم، فرضیه منحنی محیط زیستی کوزنتس نیز مورد تأیید قرار می‌گیرد.

**اصالت/ارزش افزوده علمی:** پیشنهادات سیاستی و همچنین پیشنهادات جدیدی برای مطالعات آینده ارائه شده که نه تنها می‌توانند در اجرای هر چه بهتر سیاست‌های اقتصادی- محیط‌زیستی کمک قابل توجهی نمایند بلکه در ارتقاء ادبیات اقتصادی - محیط‌زیستی نیز می‌توانند نقش مهمی ایفا کنند.

**کلیدواژه‌ها:** رشد اقتصادی، توسعه مالی، شاخص‌های محیط زیستی، رویکرد *CRITIC*.

## ۱- مقدمه

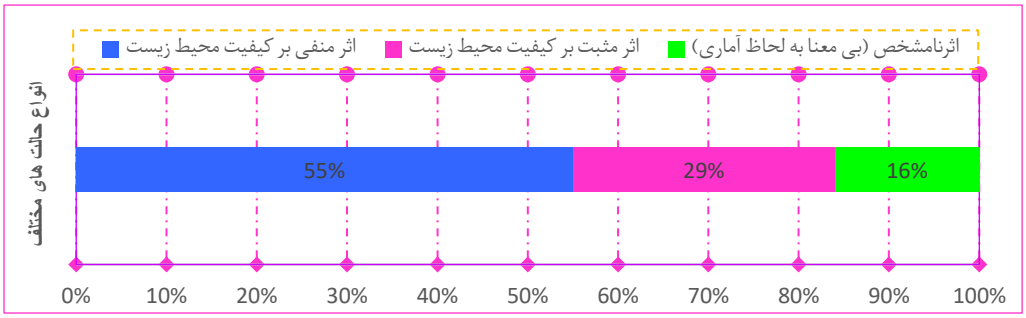
در دهه‌های اخیر علاقه‌ی زیادی بین اقتصاددانان برای مطالعه‌ی شاخص‌های محیط زیستی و عوامل تأثیرگذار بر آن ایجاد شده است. سیستم مالی یکی از مهم‌ترین ارکان تأثیرگذار بر شاخص‌های محیط زیستی است، زیرا اقتصاد امروزی بدون ارائه خدمات توسط این سیستم قادر به انجام وظایف خود نمی‌باشد. بر این اساس، خیلی از اقتصاددانان به تبیین رابطه بین توسعه مالی و شاخص‌های محیط زیستی پرداخته‌اند،

* نویسنده مسئول

imanfakher@yahoo.com

http://dx.doi.org/10.22105/dmor.2021.272043.1321

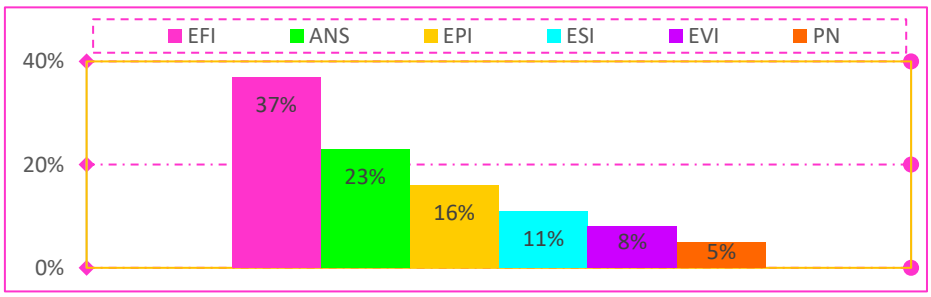
ولی به دیدگاه قطعی و واحدی نرسیده‌اند (فاخر و همکاران[1]، ۲۰۲۱a، ۲۰۲۱b). برخی از پژوهش‌های انجام شده، بر ارتباط مثبت بین توسعه مالی و شاخص‌های محیط زیستی تأکید دارند. بر اساس استدلال این پژوهش‌ها، توسعه مالی به طور مستقیم و غیرمستقیم از طریق کاهش هزینه‌ی اطلاعات و مبادلات، افزایش بهره‌وری عوامل تولید، افزایش پس‌انداز و بهبود جریان تخصیص منابع، موجبات افزایش سرمایه‌گذاری و در نتیجه بهبود شاخص‌های محیط زیستی را فراهم می‌کند (فاخر[2]، ۲۰۱۹). برخی دیگر از پژوهش‌ها، بیان‌کننده یک ارتباط منفی بین توسعه مالی و شاخص‌های محیط زیستی هستند. استدلال این پژوهش‌ها این است که اگر توسعه مالی باعث بهبود در تخصیص منابع و در نتیجه باعث افزایش بازدهی پس‌انداز گردد، ممکن است نرخ پس‌انداز کاهش یابد، که این امر منجر به بحران اعتبارات شده و از طریق کاهش سرمایه‌گذاری، اثرات منفی بر شاخص‌های محیط زیستی داشته باشد (فاخر و همکاران، ۲۰۱۸؛ فاخر و عابدی[3]، ۲۰۱۷). این درحالی است که در برخی دیگر از پژوهش‌ها رابطه معناداری بین توسعه مالی و کیفیت محیط زیست مشاهده نمی‌شود (زفر و همکاران[4]، ۲۰۱۹). این ناهمسویی و ابهام در نوع اثر توسعه مالی بر کیفیت محیط زیست در **شکل ۱** به تصویر کشیده شده است (لازم به ذکر است که **شکل ۱** برگرفته از ادبیات تحقیق می‌باشد).




**شکل ۱- انواع حالت‌های مختلف رابطه بین توسعه مالی و کیفیت محیط زیست.**

**Figure 1- Different types of economic growth (EG) - environmental degradation (ED) nexus.**

شاید دلیل این اختلاف نتایج، در نوع شاخص‌های محیط زیستی مورد استفاده و یا داده‌های و روش‌های اقتصادسنجی مورد استفاده در تحقیق بوده است. نوع شاخص‌های محیط‌زیستی که به عنوان نماینده کیفیت محیط زیست مورد استفاده قرار می‌گیرد نقش بسیار مهمی می‌تواند داشته باشد. چرا که در مطالعات تجربی گذشته، از شاخص‌های محیط‌زیستی متفاوتی به عنوان نماینده کیفیت محیط زیست استفاده شده است که این امر خود می‌تواند یکی از دلایل مهم تفاوت در نتایج باشد (فاخر و همکاران، ۲۰۲۱d). تنوع این شاخص‌های محیط زیست که در مطالعات گذشته مورد استفاده قرار گرفته در **شکل ۲** به تصویر کشیده شده است.




**شکل ۲- میزان فراوانی نسبی استفاده از انواع شاخص‌های محیط‌زیستی.**

**Figure 2- Relative frequency in the use of a variety of environmental indicators.**

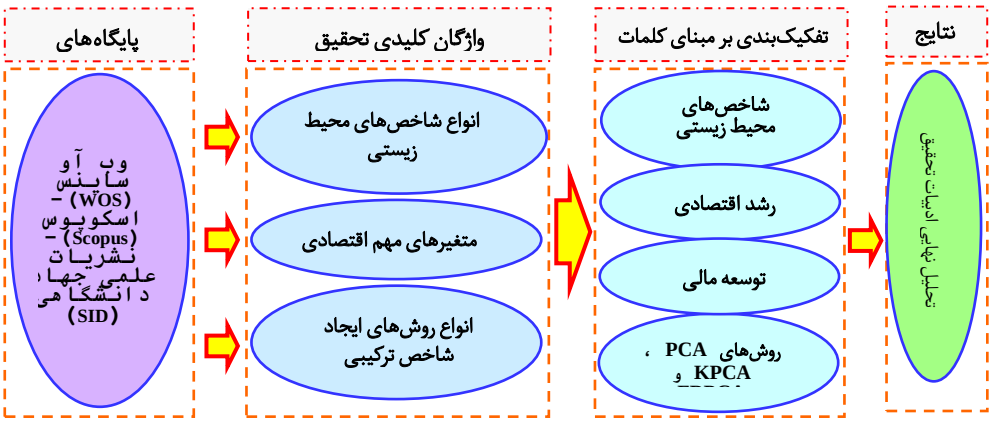
از طرفی دیگر، اغلب مطالعات انجام شده در زمینه‌ی ارتباط توسعه مالی و شاخص‌های محیط زیستی از رویکردهای خطی جهت تجزیه و تحلیل استفاده کرده‌اند. در این تحقیقات این سؤال مطرح شده است که آیا تأثیر توسعه مالی بر شاخص‌های محیط زیستی در شرایط مختلف اقتصادی ثابت است یا بسته به شرایط موجود، این اثر ضعیف‌تر یا قوی‌تر می‌شود؟ اهمیت پاسخ به این سؤال زمانی معلوم می‌شود که سیاست‌گذاران اقتصادی در راستای بهبود شاخص‌های محیط زیستی بخواهند سیاست مناسب در بخش مالی را اتخاذ نمایند. در صورت نادیده گرفتن شرایط (تجزیه و تحلیل خطی) امکان اعمال سیاستی مخل با شاخص‌های محیط زیستی وجود دارد؛ درحالی که سیاست‌گذار

[1] Fakher et al.
[2] Fakher
[3] Fakher and Abedi
[4] Zafar et al.

با استفاده از نتایج رویکـرد غیرخطی می‌تواند سیاست مناسب در بخش مالی را جهت بهبود شاخص‌های محیط زیستی اتخاذ نماید. به عبارتی، استفاده از مدل‌های غیرخطی از امکان بیشتری در زمینه آشکارسازی واقعیت‌های مربوط به اثرات توسعه مالی بر شاخص‌های محیط زیستی در جامعه آماری برخوردار بوده و از نتایج دقیق‌تری برخوردار می‌باشد. لذا با در نظر گرفتن دیدگاه‌های مختلف در مورد اثرات توسعه مالی بر شاخص‌های محیط زیستی از یک سو و متفاوت بودن نتایج مطالعات اقتصادی در این زمینه، ضرورت استفاده از مدل‌های غیرخطی بیش از پیش آشکار می‌شود، تا با تکیه بر نتایج این تحقیق سیاست‌گذاری اقتصادی بتواند در برنامه‌ریزی و سیاست-گذاری‌های اقتصادی با شناخت بهتر و دقت بیشتر انجام امور کنند. هدف اصلی این مقاله بررسی تجربی تأثیر آستانه‌ای توسعه مالی بر شاخص‌های محیط زیستی و نقش تحقیق و توسعه در کیفیت محیط زیست با استفاده از یک رویکرد غیرخطی از رگرسیون انتقال ملایم در کشورهای منتخب عضو اوپک می‌باشد. بنابراین در این تحقیق به دنبال پاسخ به این سوال هستیم که چگونه توسعه مالی و تحقیق و توسعه، شاخص ترکیبی کیفیت محیط زیست را در کشورهای منتخب عضو اوپک تحت تأثیر قرار می‌دهد؛ به عبارتی می‌توان گفت تجزیه و تحلیل غیرخطی این مسأله، تلفیق نظریات متقابل در زمینه ارتباط توسعه مالی و شاخص‌های محیط زیستی است و این مطالعه می‌تواند هر دو دیدگاه را در قالب مدل‌های غیرخطی مورد بررسی قرار دهد. در ادامه، بخش دوم به مروری بر ادبیات اختصاص دارد. در بخش سوم، به معرفی داده‌ها و روش‌شناسی اقتصادسنجی پرداخته می‌شود. نتایج تجربی تحقیق در بخش چهارم ارائه شده است که در این بخش، نحوه محاسبه شاخص ترکیبی کیفیت محیط زیست و مراحل مربوط به تخمین مدل‌های تحقیق مورد بررسی قرار می‌گیرد.. بخش پنجم نیز، نتیجه‌گیری و پیشنهادهای سیاستی را به خود اختصاص می‌دهد. در نهایت، در بخش ششم محدودیت‌های تحقیق حاضر و همچنین پیشنهاداتی برای مطالعات آینده ارائه می‌شود.

## ۲- مبانی تجربی

با توجه به اهداف مورد نظر در پژوهش حاضر، این بخش در قالب سه قسمت بررسی می‌شود. در قسمت اول، به انواع شاخص‌های محیط زیستی مورد استفاده در مطالعات تجربی گذشته پرداخته می‌شود. در قسمت دوم، مطالعات مربوط به روش‌های ایجاد شاخص ترکیبی در قالب یک جدول مورد بررسی قرار می‌گیرد. قسمت سوم نیز به مطالعات مربوط به رابطه بین رشد اقتصادی و توسعه مالی با کیفیت محیط زیست اختصاص داده شده است. لازم به ذکر است که با توجه به خلأ تحقیقاتی موجود، نوآوری‌های مطالعه حاضر در هر یک از این قسمت‌ها اشاره شده است. در نهایت، روند مربوط به هر یک از این متغیرها در قالب یک نمودار ارائه شده و بطور مختصر مورد بررسی قرار گرفته است. در ادامه، نموداری شماتیک از استراتژی مربوط به ادبیات تحقیق در **شکل ۳** نیز ارائه شده است.




شکل ۳- نموداری شماتیک از استراتژی ادبیات تحقیق در مطالعه حاضر.

**Figure 3- A schematic diagram of literature review search strategy in this study.**

### ۲-۱- مطالعات مربوط به انواع شاخص‌های محیط زیستی

با توجه به اهمیت بالای متغیرهای مهم اقتصادی و تأثیرپذیری کیفیت محیط زیست از این متغیرها، مطالعات فراوانی در این زمینه انجام شد که در این مطالعات از شاخص‌های محیط‌زیستی متنوعی به عنوان نماینده کیفیت محیط زیست استفاده شد. با توجه به محدودیت فضا در این مطالعه، برخی از این مطالعات (داخلی و خارجی) در قالب **جدول ۱** بطور خلاصه ارائه شده‌اند.

جدول ۱- خلاصه‌ای از انواع شاخص‌های محیط زیستی مورد استفاده در مطالعات تجربی.

Table 1- A brief review of environmental indicators used in empirical studies.

| نویسنده(گان) | دوره زمانی | کشور | نویسنده(گان) | دوره زمانی | کشور |
|---|---|---|---|---|---|
| **شاخص ردپای اکولوژیکی (EFI)** | | | | | |
| **مطالعات داخلی** | | | **مطالعات خارجی** | | |
| شهباز و همکاران[1] (۲۰۱۳) | 1992-2013 | کشورهای منتخب آسیا | فاخر و همکاران (۲۰۲۱c، ۲۰۲۱b، ۲۰۲۱ a) | 2010-2019 | OPEC countries |
| کارگرده‌بیدی و بخشوده[3] (۲۰۱۹) | 1995-2013 | کشورهای عضو اپک | نقوی و همکاران[2] (۲۰۲۱) | 1990–2017 | 155 countries |
| فلاحی و همکاران[5] ( In Press) | 1991-2016 | کشورهای درحال توسعه | اوموکه و همکاران[4] (۲۰۲۰) | 1971-2014 | Nigeria |
| فاخر و همکاران (۲۰۱۸) | 1996-2016 | کشورهای درحال توسعه | دانیش و همکاران[6] (۲۰۲۰) | 1992-2016 | BRICS economies |
| فاخر و همکاران (۲۰۱۷) | 1994-2014 | کشورهای درحال توسعه | کانگ بامی و همکاران[7] (۲۰۲۰) | 1974-2016 | Thailand |
| **ادامه مطالعات خارجی** | | | ناتانائیل و همکاران[8] (۲۰۲۰) | 1990-2016 | MENA region |
| فاخر (۲۰۱۹) | 1990-2016 | Developing countries | ناتانائیل[9] (۲۰۲۰) | 1971-2014 | Indonesia |
| **شاخص عملکرد محیط زیست (EPI)** | | | | | |
| فاخر و همکاران (۲۰۱۷) | 1983-2013 | کشورهای‌درحال توسعه | فاخر و همکاران (۲۰۲۱c، ۲۰۲۱b، ۲۰۲۱ a) | 2010-2019 | OPEC countries |
| فاخر و همکاران (۲۰۱۸) | 1996-2016 | کشورهای‌درحال توسعه | الصلیح و همکاران[10] (۲۰۲۰) | 2002-2014 | OPEC countries |
| فاخر و همکاران (۲۰۱۸) | 2006-2016 | کشورهای‌درحال توسعه | فاخر و همکاران (۲۰۱۸) | 1996-2016 | Developing countries |
| **شاخص پس انداز خالص تعدیل شده (ANS)** | | | | | |
| رسولی‌زاده وضیایی[11] (۲۰۱۹) | 1990-2014 | OECD | فاخر و همکاران (۲۰۲۱c، ۲۰۲۱b، ۲۰۲۱ a) | 2010-2019 | OPEC countries |
| میرزایی و همکاران[13] (۲۰۱۶) | 1999-2013 | کشورهای منطقه منا | صلاح الدین و گاو[12] (۲۰۱۹) | 1980-2016 | Qatar |
| نقیبی و تنهایی دیلمقانی[15] (۲۰۱۵) | 2003-2010 | کشورهای‌درحال توسعه | آسیچی[14] (۲۰۱۳) | 1970-2008 | 213 countries |
| بهبودی و همکاران[17] (۲۰۱۱) | 1990-2006 | کشور صادرکننده نفت | پیتر[16] (۲۰۱۰) | 2001-2006 | Development countries |
| **شاخص پایداری محیط زیست (ESI)** | | | | | |
| حسین‌زاده و همکاران[18] (۲۰۱۱) | 2011-2019 | شهر بندرترکمن | فاخر و همکاران (۲۰۲۱c، ۲۰۲۱b، ۲۰۲۱ a) | 2010-2019 | OPEC countries |
| حسینی و همکاران[20] (۲۰۱۷) | 2009-2012 | کلان شهر اهواز | لانگ و جی[19] (۲۰۱۹) | 1997-2016 | China |
| **شاخص آسیب‌پذیری محیط زیست (EVI)** | | | | | |
| دهشور و همکاران[21] (۲۰۱۴) | 2001-2011 | ایران | فاخر و همکاران (۲۰۲۱c، ۲۰۲۱b، ۲۰۲۱ a) | 2010-2019 | OPEC countries |
| - | - | - | هو و همکاران[22] (۲۰۱۹) | 2007-2014 | China |
| **شاخص فشار بر طبیعت (PN)** | | | | | |
| چن و همکاران[23] (۲۰۲۱) | 2000-2015 | 77 countries | فاخر و همکاران (۲۰۲۱c، ۲۰۲۱b، ۲۰۲۱ a) | 2010-2019 | OPEC countries |

[1] Shahbaz et al.
[2] Naqvi et al.
[3] Kargar Dehbidi and Bakhshoodeh
[4] Omoke et al.
[5] Fallahi et al.
[6] Danish et al.
[7] Kongbuamai et al.
[8] Nathaniel et al.
[9] Nathaniel
[10] Elsalih et al.
[11] Rasoolizadeh and Ziaee
[12] Salahuddin and Gow
[13] Mirzaei et al.
[14] Aşıcı
[15] Naghibi and Tanhai Deilamghani
[16] Peter
[17] Behboudi et al.
[18] Hosseinzadeh et al.
[19] Long and Ji
[20] Hosseini et al.
[21] Daheshvar et al.
[22] Ho et al.
[23] Chen et al.

با توجه به **جدول ۱**، انواع مختلفی از شاخص‌های محیط زیستی به عنوان متغیر کیفیت محیط زیست در مدل‌های اقتصادی - محیط زیستی مورد استفاده قرار گرفته است. اما با توجه به نتایج متفاوتی که حاصل این مطالعات (نمونه کامل‌تر این مطالعات در **جدول ۳** نیز ارائه شده است) بوده است، بکارگیری یک شاخص ترکیبی که بتواند نماینده کامل‌تری برای کیفیت محیط زیست باشد، امری ضروری بنظر می‌رسد. لذا ایجاد این شاخص ترکیبی و بکارگیری آن به عنوان متغیر وابسته در مدل، یکی دیگر از نوآوری‌های موجود در مطالعه حاضر است که این مطالعه را از سایر مطالعات مشابه متمایز می‌نماید.

## ۲-۲- مطالعات مربوط به روش‌های ایجاد شاخص ترکیبی

با توجه به بکارگیری شاخص ترکیبی کیفیت محیط زیست در این مطالعه، در این قسمت به برخی از مهمترین مطالعات تجربی داخلی و خارجی که از روش‌های مناسبی برای ایجاد شاخص ترکیبی استفاده کرده‌اند، اشاره می‌شود. با توجه به محدودیت فضا در این مطالعه، خلاصه‌ای از این مطالعات در قالب **جدول ۲** آورده شده است.

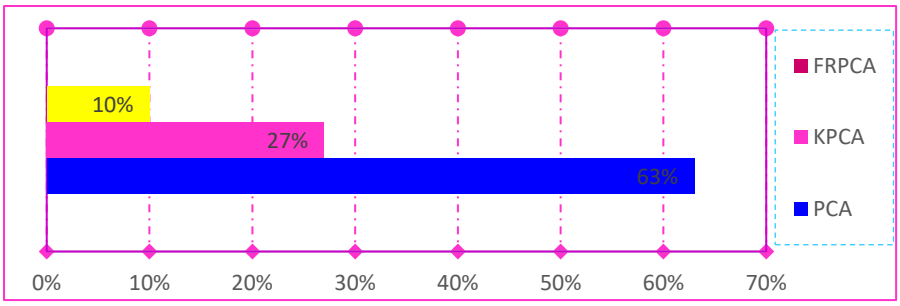
**جدول ۲- خلاصه‌ای از انواع روش‌های ایجاد شاخص ترکیبی مورد استفاده در مطالعات تجربی.**

**Table 2- A brief review of various methods of creating a composite index used in empirical studies.**

| نویسنده (گان) | دوره زمانی | شاخص ترکیبی | نویسنده (گان) | دوره زمانی | شاخص ترکیبی |
|---|---|---|---|---|---|
| **تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA)** | | | | | |
| **مطالعات داخلی** | | | **مطالعات خارجی** | | |
| محمدی و همکاران[2] (۲۰۲۰) | 2004-2015 | تمرکزدایی مالی | کاسی و همکاران[1] (۲۰۲۰) | 1990-2017 | توسعه مالی |
| کازرونی و همکاران[4] (۲۰۲۰) | 1986-2014 | ثبات سیاسی | لیو و همکاران[3] (۲۰۱۹) | 2000-2011 | آلودگی محیط زیست |
| احمدی و همکاران[6] (۲۰۱۹) | 2006-2016 | نابرابری | تریپاسی و سینگال[5] (۲۰۱۹) | 1991-2010 | کیفیت آب |
| **ادامه مطالعات خارجی** | | | سینگ و آنجا[7] (۲۰۱۹) | 1992-2014 | توسعه مالی |
| چو و همکاران[9] (۲۰۱۸) | 1986-2011 | آلودگی محیط زیست | ریزک و سلیمن[8] (۲۰۱۸) | 1996-2014 | کیفیت نهادی |
| ژانگ و اینکه[11] (۲۰۱۷) | 2003-2013 | توسعه مالی | فیصل و همکاران[10] (۲۰۱۸) | 1993-2014 | توسعه مالی |
| زینلی‌زاده و رضائی[13] (۲۰۱۷) | 1990-2010 | کیفیت آب | اویانگ و لی[12] (۲۰۱۸) | 1996-2015 | توسعه مالی |
| **تحلیل مؤلفه اصلی کرنل (KPCA)** | | | | | |
| **نویسنده (گان)** | **دوره زمانی** | **شاخص ترکیبی** | **نویسنده (گان)** | **دوره زمانی** | **شاخص ترکیبی** |
| آدو و همکاران[15] (۲۰۱۳) | 1961-2010 | توسعه مالی | کابن و تاپکو[14] (۲۰۱۳) | 1990-2011 | توسعه مالی |
| ساسی و هلدن[16] (۲۰۰۸) | 1988-2001 | توسعه مالی | ژانگ و اینکه (۲۰۱۷) | 2003-2013 | توسعه مالی |
| **تحلیل مؤلفه اصلی مبتنی بر منطق فازی (FRPCA)** | | | | | |
| **نویسنده (گان)** | **دوره زمانی** | **شاخص ترکیبی** | **نویسنده (گان)** | **دوره زمانی** | **شاخص ترکیبی** |
| ژانگ و همکاران[17] (۲۰۱۵) | 1995-2011 | یکپارچگی بازار انرژی | ژانگ و اینکه (۲۰۱۷) | 2003-2013 | توسعه مالی |

[1] Kassi et al.
[2] Mohammadi et al.
[3] Liu et al.
[4] Kazerooni et al.
[5] Tripathi and Singal
[6] Ahmadi et al.
[7] Singh and Aneja
[8] Rizk and Slimane
[9] Chu et al.
[10] Faisal et al.
[11] Zhong and Enke
[12] Ouyang and Li
[13] Zeinalzadeh and Rezaei
[14] Çoban and Topcu
[15] Adu et al.
[16] Saci and Holden
[17] Zhang et al.

با توجه به **جدول ۲**، روش‌های تحلیل عاملی متعددی برای ایجاد شاخص‌های ترکیبی مختلف مورد استفاده قرار گرفته است. فراوانی نسبی مربوط به بکارگیری انواع روش‌های ایجاد شاخص ترکیبی در **شکل ٤** به تصویر کشیده شده است.




**شکل ۴- میزان فراوانی نسبی استفاده از انواع روش‌های ایجاد شاخص ترکیبی.**

**Figure 4- Relative frequency in the use of various methods of creating a composite index.**

همانطور که مشاهده می‌شود، روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی (*PCA*) یکی از پرکاربردترین روش‌های تحلیل عاملی در ایجاد شاخص‌های ترکیبی به شمار می‌آید. این امر بیان‌کننده مناسب بودن این روش در ایجاد شاخص ترکیبی می‌باشد که در این مطالعه برای ایجاد شاخص ترکیبی کیفیت محیط زیست مورد استفاده قرار می‌گیرد و با روش کریتیک (*CRITIC*) مورد مقایسه قرار می‌گیرد. این امر نیز یکی دیگر از نوآوری‌های تحقیق حاضر به شمار می‌آید. سایر مطالعات انجام شده که رابطه بین توسعه مالی و رشد اقتصادی را با کیفیت محیط زیست بررسی کرده‌اند، در **جدول ۳** ارائه شده است.

## ۳-۲- مطالعات مربوط به رابطه رشد اقتصادی و توسعه مالی با کیفیت محیط زیست

با توجه به اهمیت و نقش مهم متغیرهای اقتصادی در کیفیت محیط زیست و با توجه به نتایج مختلف و گاها متضادی که در ارتباط با تأثیر دو متغیر اقتصادی (رشد اقتصادی و توسعه مالی) بر کیفیت محیط زیست بدست آمده، در این قسمت به صورت مختصر و مفید به برخی از این مطالعات پرداخته می‌شود.

**جدول ۳- خلاصه‌ای از مطالعات انجام شده در زمینه تأثیر رشد اقتصادی و توسعه مالی بر کیفیت محیط زیست.**

**Table 3- A summary of studies on the impact of economic growth and financial development on environmental quality.**

**مطالعات داخلی**

| نویسندگان | کشورها | دوره زمانی | شاخص | یافته‌ها |
|---|---|---|---|---|
| طرازکار و همکاران[1] (۲۰۲۰) | منطقه خاورمیانه | ۱۳۹۰-۲۰۱۳ | EFI | رشد اقتصادی : منفی<br>توسعه مالی: مثبت |
| فلاحی و همکاران (In Press) | ایران | ۱۳۷۰-۱۳۹۵ | CO2 | رشد اقتصادی: EKC |
| کارگر ده بیدی و بخشوده (۲۰۱۹) | کشورهای عضو اوپک | ۱۹۹۵-۲۰۱۳ | CO2 | رشد اقتصادی: N شکل |
| مسعودی و همکاران[2] (۲۰۲۰) | کشورهای منتخب | ۱۹۹۰-۲۰۱۶ | CO2 | رشد اقتصادی : مثبت |
| فاخر و همکاران (۲۰۱۸) | کشورهای درحال توسعه | ۱۹۹۶-۲۰۱۶ | EPI | رشد اقتصادی: N شکل<br>توسعه مالی: مثبت |
| فاخر و همکاران (۲۰۱۷) | کشورهای درحال توسعه | ۱۹۹۴-۲۰۱۴ | EFI | رشد اقتصادی : منفی<br>توسعه مالی: مثبت |

**مطالعات خارجی**

| یافته‌ها | شاخص | نویسندگان | کشورها | دوره زمانی |
|---|---|---|---|---|
| EKC | EFI | دوگان و همکاران[3] (۲۰۲۰) | BRICST | 1980-2014 |
| رشد اقتصادی : مثبت | EFI | دانیش و وانگ[4] (۲۰۱۹) | Emerging economies | 1971-2014 |
| رشد اقتصادی : منفی<br>توسعه مالی: منفی | CO2 | ایگیامسو و لین[5] (۲۰۱۹) | low and middle income | 1990-2014 |

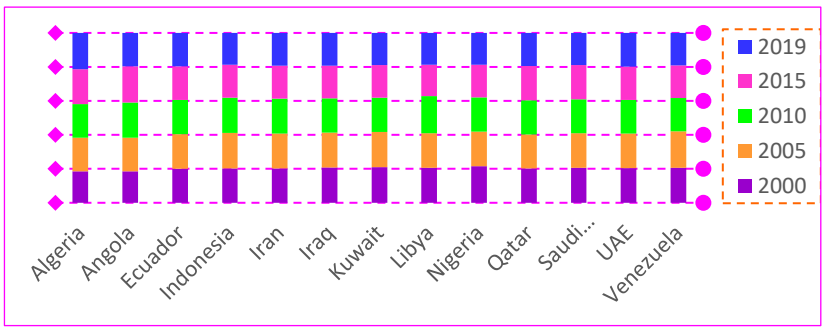
[1] Tarazkar et al.
[2] Masoudi et al.
[3] Dogan et al.
[4] Danish and Wang
[5] Ehigiamusoe and Lean

جدول ۳- ادامه.

Table 3- Continued.

| مطالعات خارجی | | | | |
|---|---|---|---|---|
| یافته‌ها | شاخص | نویسندگان | کشورها | دوره زمانی |
| رشد اقتصادی : مثبت<br>توسعه مالی: مثبت | EFI | بلوچ و همکاران [1] (۲۰۱۹) | 59 Belt and Road countries | 1990-2016 |
| رشد اقتصادی : مثبت | EFI | آیدین و همکاران [2] (۲۰۱۹) | 26 European Union | 1990-2013 |
| رشد اقتصادی : مثبت<br>توسعه مالی: منفی | CO2 | صلاح الدین و همکاران [3] (۲۰۱۸) | Kuwait | 1980-2013 |
| رشد اقتصادی : منفی<br>توسعه مالی: مثبت | CO2 | حسیب و همکاران [4] (۲۰۱۸) | BRICST | 1995-2014 |
| رشد اقتصادی : مثبت<br>توسعه مالی: مثبت | CO2 | علی و همکاران [5] (۲۰۱۹) | Nigeria | 1971-2010 |
| رشد اقتصادی : مثبت | EFI | اوزکان و همکاران [6] (۲۰۱۸) | Turkey | 1961-2013 |
| رشد اقتصادی : منفی | CO2<br>SO2 | السامرا و همکاران [7] (۲۰۱۸) | Gulf Cooperation Council (GCC) region | 1980-2017 |
| رشد اقتصادی : منفی | CO2 | ستین و همکاران [8] (۲۰۱۸) | Turkey | 1960-2013 |
| رشد اقتصادی : منفی | EPI | لیسیاندرا و میگ لیاردو [9] (۲۰۱۷) | - | 2002-2012 |
| رشد اقتصادی : منفی | EFI | چارفدین و مرابت [10] (۲۰۱۷) | 15 MENA countries | 1957-2007 |
| رشد اقتصادی : منفی<br>توسعه مالی: منفی | CO2 | نسرین و همکاران [11] (۲۰۱۷) | South Asian countries | 1980-2012 |
| رشد اقتصادی : مثبت | CO2 | شهباز و همکاران (۲۰۱۷) | Japan | 1970-2014 |
| رشد اقتصادی : مثبت | CO2 | سولارین و همکاران [12] (۲۰۱۷) | Ghana | 1980-2012 |

با توجه به **جدول ۳**، می‌توان مشاهده کرد که نتایج بدست آمده در رابطه با تأثیر رشد اقتصادی و توسعه مالی بر کیفیت محیط زیست همسو و در یک راستا نیستند. یکی از دلایل این ناهمسویی را می‌توان در نوع شاخص‌های محیط زیستی و همچنین نوع شاخص توسعه مالی دانست. لذا بررسی هر یک از شاخص‌های توسعه مالی بانک محور و بازار محور به صورت جداگانه در مدل اقتصادی - محیط- زیستی ضروری بنظر می‌رسد که این امر خود نیز یکی دیگر از نوآوری‌های موجود در مطالعه حاضر به حساب می‌آید. در ادامه روند زمانی هر یک از متغیرهای تحقیق در قالب نمودار ارائه می‌شود.

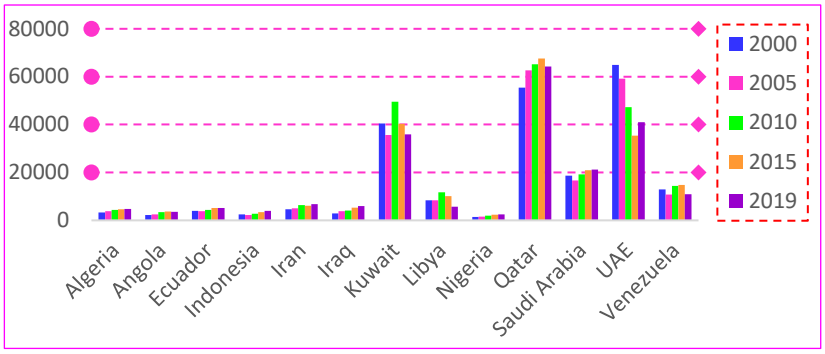



شکل ۵- شاخص ترکیبی کیفیت محیط زیست در بازه زمانی ۲۰۱۹ - ۲۰۰۰.

Figure 5- Composite environental quality index during the period of 2000-2019.

[1] Baloch et al.
[2] Aydin et al.
[3] Salahuddin et al.
[4] Haseeb et al.
[5] Ali et al.
[6] Ozcan et al.
[7] Alsamara et al.
[8] Cetin et al.
[9] Lisciandra and Migliardo
[10] Charfeddine and Mrabet
[11] Nasreen et al.
[12] Solarin et al.

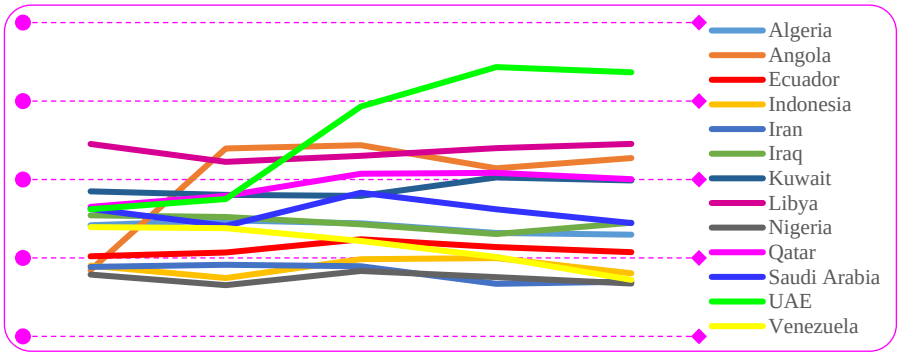
با توجه به شاخص ترکیبی ساخته شده در این مطالعه، روند زمانی این شاخص در **شکل ۵** ارائه شده است. سطح کیفیت محیط زیست در کشورهای از قبیل الجزیره، نیجریه و ایران نسبت به سایر کشورها بالاتر است. این در حالی است که روند زمانی این شاخص در کشور الجزیره صعودی بوده و در کشورهای نیجریه و ایران روند نزولی از سال ۲۰۰۵ به بعد داشته است.




**شکل ۶- تولید ناخالص داخلی در بازه زمانی ۲۰۱۹ - ۲۰۰۰.**

**Figure 6- Gross domestic product during the period of 2019-2000.**

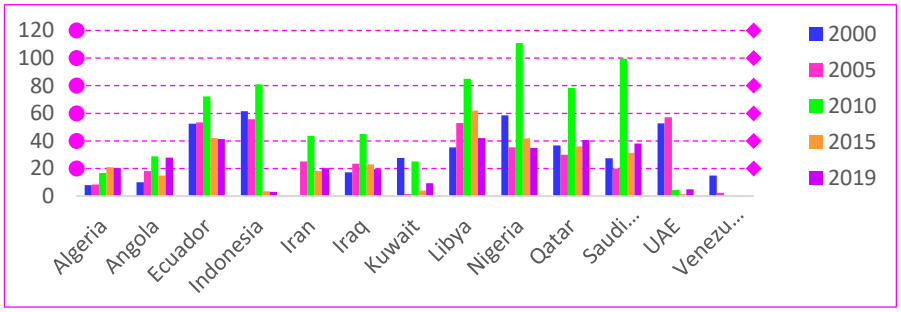
با توجه به **شکل ٦** می‌توان مشاهده کرد که سطح تولید ناخالص داخلی در سه کشور کویت، قطر و امارات متحده عربی در بین سال‌های مورد بررسی نسبت به سایر کشورها بالاتر می‌باشد.




**شکل ۷- باز بودن تجاری در بازه زمانی ۲۰۱۹ - ۲۰۰۰.**

**Figure 7- Trade openness during the period of 2019-2000.**

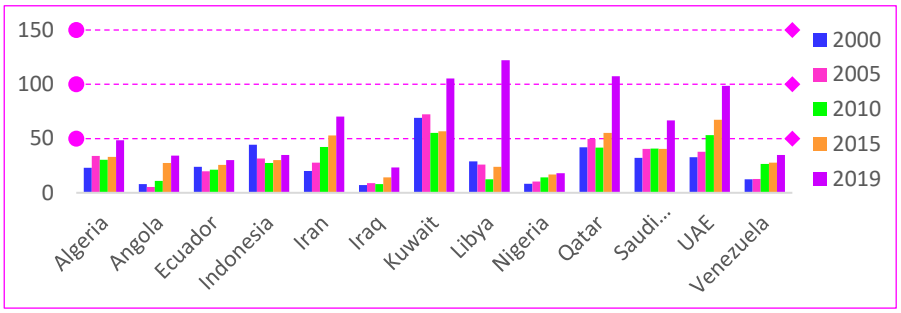
با توجه به **شکل ۷** در رابطه با متغیر باز بودن تجاری، در کشورهایی از قبیل ونزوئلا و عربستان صعودی می‌توان گفت که در بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۹ از یک روند نزولی تبعیت می‌کند. این در حالی است که در کشورهایی از قبیل امارات متحده عربی و قطر و تا حدودی در کشور کویت از یک روند صعودی در بازه زمانی مورد بررسی تبعیت می‌نماید.




**شکل ۸- مخارج تحقیق و توسعه در بازه زمانی ۲۰۱۹ - ۲۰۰۰.**

**Figure 8- Research and development expenditures during the period of 2019-2000.**

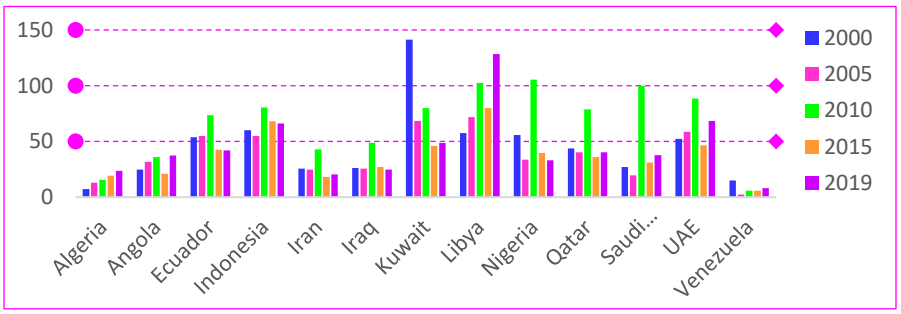
مخارج تحقیق و توسعه در **شکل ۸** نشان‌دهنده یک روند صعودی در کشورهایی از قبیل الجزیره و آنگولا دارای می‌باشد. این درحالی است که در سایر کشورها، دارای نوسان بوده و بعد از یک روند صعودی در یک بازه زمانی مشخص، از روند نزولی تبعیت می‌کند.




شکل ۹- توسعه مالی بانک محور در بازه زمانی ۲۰۱۹ - ۲۰۰۰.

**Figure 9- Bank-oriented financial development during the period of 2019-2000.**

همانطور که در **شکل ۹** مشاهده می‌شود، توسعه مالی بانک محور در هر یک از کشورهای اندونزی و لیبی دارای یک روند نزولی بوده و در سایر کشورها از یک روند صعودی تبعیت می‌کند.




شکل ۱۰- توسعه مالی بازار محور در بازه زمانی ۲۰۱۹ - ۲۰۰۰.

**Figure 10- Market-oriented financial development during the period of 2019-2000.**

با توجه به **شکل ۱۰**، در کشورهای الجزیره، آنگولا و اندونزی متغیر توسعه مالی بازار محور از یک روند صعودی برخوردار است. این در حالی است که در سایر کشورها این روند دارای نوسان می‌باشد.

## ۳- داده‌ها و روش‌شناسی

### ۳-۱- داده‌ها

در این مطالعه، از داده‌های مربوط به کشورهای منتخب عضو *OPEC* طی سال‌های ۲۰۱۹- ۲۰۰۰ استفاده شده است. در ادامه، هریک از متغیرهای وابسته و مستقل بطور جداگانه در **جدول ٤** مورد بررسی قرار می‌گیرند.

جدول ۴- توصیف مختصر در مورد متغیرهای اقتصادی و شاخص‌های محیط زیستی تحقیق.

**Table 4- A brief description of economic variables and environmental indicators of research.**

| متغیرها | توصیف متغیرها |
|---|---|
| | **متغیر وابسته (نماد شاخص‌ها)** |
| شاخص ردپای اکولوژیکی (EFI) | برای محاسبه ردپای اکولوژیکی، زمین به پنج کاربری مختلف تقسیم می‌شود. در این چارچوب تمامی کالاها و خدمات مصرفی انسان در این پنج کاربری اراضی شکل می‌گیرد و شامل کشاورزی، زمین مرتعی، زمین جنگلی، پهنه‌های دریایی و زمین‌های ساخته شده است (دوگان و همکاران، ۲۰۲۰). |
| شاخص پس‌انداز خالص تعدیل شده (ANS) | این شاخص ترکیبی از سرمایه‌گذاری در سه شکل سرمایه فیزیک، انسانی و طبیعی می‌باشد و از چهار جزء مهم یعنی صرفه‌جویی خالص ملی، هزینه جاری آموزش، رانت منابع (تخلیه انرژی، مواد معدنی و جنگل) و آسیب ناشی از دی‌اکسیدکربن تشکیل می‌شود (آسیسی، ۲۰۱۳). این شاخص در مطالعات آسیسی (۲۰۱۳) و سلاحودین و گاوو (۲۰۱۹) به عنوان متغیر وابسته در مدل تحقیق استفاده شده‌اند. |
| شاخص فشار بر طبیعت (PNI) | این شاخص به عنوان یک شاخص برای بررسی اثر فعالیت‌های اقتصادی بر وضعیت خرابی‌های زیست‌محیطی استفاده شده است که متشکل از چهار جزء مجموع خرابی دی‌اکسیدکربن سرانه، کاهش مواد معدنی سرانه، کاهش انرژی سرانه و کاهش خالص جنگل سرانه (جنگل‌زدایی سرانه) می‌باشد (آسیسی، ۲۰۱۳). در مطالعات آسیسی (۲۰۱۳) و چن و همکاران (۲۰۲۱) نیز از این شاخص به عنوان متغیر وابسته استفاده شده است. |

جدول ۴- ادامه.

Table 4- Continued.

| متغیرها | توصیف متغیرها |
|---|---|
| | **متغیر وابسته (نماد شاخص‌ها)** |
| شاخص عملکرد محیط زیست (EPI) | این شاخص بر دو هدف اصلی حفاظت از محیط زیست (از جمله کاهش فشارهای محیط زیستی بر سلامت انسان‌ها و ارتقای وضعیت زیست‌بوم‌ها) و مدیریت صحیح منابع طبیعی تأکید دارد که این دو مؤلفه توسط ۱۶ شاخص در ۶ زمینه «سلامت محیط زیست»، «کیفیت هوا»، «کیفیت منابع آب»، «تنوع زیستی و زیستگاه»، «کیفیت منابع طبیعی مولد» و «انرژی پایدار» اندازه‌گیری می‌شود. (ایستی و همکاران[1]، ۲۰۰۶). اوزکان و همکاران (۲۰۱۹)، الصلیح و همکاران (۲۰۲۰) و چن و همکاران (۲۰۲۰) از این متغیر نیز به عنوان شاخصی برای وضعیت خرابی‌ها محیط زیستی در مدل اقتصادی استفاده کرده است. |
| شاخص پایداری محیط زیست (ESI) | این شاخص، توانایی و قابلیت‌های کشورها را برای حمایت از محیط‌زیست در چندین دهه آینده ارزیابی می‌کند. این شاخص از ۷۶ گروه داده آماری که در قالب ۲۱ شاخص پایداری محیط‌زیستی ادغام شده‌اند، استخراج می‌شود. لانگ و جی (۲۰۱۹) از این شاخص در مدل اقتصادی محیط زیستی استفاده کرده‌اند. |
| شاخص آسیب‌پذیری محیط زیست (EVI) | این شاخص در حقیقت وضعیت آسیب‌پذیری محیط‌زیست کشورها را نشان می‌دهد. برای ساختن این شاخص، ترکیبی از ۵۲ شاخص فرعی استفاده می‌شود که از این تعداد شاخص‌ها، ۳۲ شاخص را شاخص‌های خطر، ۸ شاخص استواری و ۱۲ شاخص نیز با عنوان شاخص‌های خسارت وارده بر محیط زیست طبقه‌بندی می‌شوند. هو و همکاران (۲۰۱۹) از این شاخص در مدل اقتصادی محیط زیستی استفاده کرده‌اند. |
| | **متغیرهای مستقل (نماد متغیرها)** |
| رشد اقتصادی (GDP) | تولید ناخالص داخلی سرانه (نسبت تولید ناخالص داخلی به کل جمعیت کشور) |
| تحقیق و توسعه (RD) | هزینه‌های تحقیق و توسعه که شاخصی برای نوآوری است. |
| بازبودن تجاری (TO) | نسبت مجموع صادرات و واردات به تولید ناخالص داخلی |
| توسعه مالی بانک محور (FDB) | نسبت بدهی بخش خصوصی به سیستم بانکی به تولید ناخالص داخلی (از آنجایی که این نسبت بر بخش خصوصی تمرکز دارد، بیشتر منعکس‌کننده تخصیص بهینه‌تر منابع در اقتصاد است) به عنوان استفاده شده است. کاسی و همکاران (۲۰۲۰) و ایماموگلو[2] (۲۰۱۹) از این شاخص در مطالعات خود به عنوان نماینده‌ای برای متغیر توسعه مالی استفاده کرده‌اند. |
| توسعه مالی بازار محور (FDM) | نسبت نقدینگی به تولید ناخالص داخلی. فتحی آسی و همکاران[3] (۲۰۲۱) و ایورمبر و همکاران[4] (۲۰۲۰) از این شاخص در مطالعات خود به عنوان نماینده‌ای برای متغیر توسعه مالی استفاده کرده‌اند. |

داده‌های مربوط به متغیرهای اقتصادی (متغیرهای مستقل) از سایت بانک جهانی جمع‌آوری شده است. داده‌های مربوط به شاخص‌های محیط زیستی از منابع مختلفی جمع آوری شده است که عبارتند از سایت بانک جهانی[5]، گزارش‌های سالانه منتشر شده توسط مرکز قوانین و سیاست‌های محیط زیستی دانشگاه ییل[6]، مرکز بین‌المللی اطلاعات علوم زمین دانشگاه کلمبیا[7] و شبکه جهانی ردپای اکولوژیکی[8] (۲۰۱۹). لازم به ذکر است که از تمامی متغیرها به صورت لگاریتمی در روند برآورد مدل‌های تحقیق استفاده شده است.

## ۲-۳- روش‌شناسی تحقیق

در این مطالعه اثرات غیرخطی توسعه مالی در دو حالت بانک محور و بازار محور بر شاخص ترکیبی کیفیت محیط زیست در کشورهای منتخب *OPEC* با استفاده از مدل رگرسیون انتقال ملایم پانلی (*PSTR*) مورد بررسی قرار می‌گیرد. بدین منظور، به پیروی از مطالعات گنزالز و همکاران[9] (۲۰۰۵) یک مدل *PSTR* با دو رژیم حدی و یک تابع انتقال به صورت **معادله (۱)** تصریح می‌شود:

$$y_{it}=u_i+\beta_0 x_{it}+\acute{\beta}_1 x_{it} g(q_{it},\gamma,c)+\varepsilon_{it} \quad , \quad i=1, \ldots, N \; ; \; t=1, \ldots, T. \qquad (۱)$$

که در آن $i$ بیان‌کننده تعداد مقاطع $(i=1, \ldots, N)$، $T$ دوره زمانی $(t=1, \ldots, T)$ و $y_{it}$ متغیر مستقل این مطالعه می‌باشد. اثرات ثابت مقاطع نیز به صورت $u_i$ نشان داده شده است. $x_{it}$ و $(q_{it},\gamma,c)$ به ترتیب بیان‌کننده بردار متغیرهای توضیحی و کنترل و نیز تابع انتقال است. این تابع

[1] Esty et al.
[2] Imamoglu
[3] Fathi Assi et al.
[4] Iorember et al.
[5] World Development Indicators (WDI) Database, (See https://data.worldbank.org)
[6] Yale Center for Environmental Law and Policy (YCELP), See https://epi.envirocenter.yale.edu/
[7] Columbia University Center for International Earth Science Information Network (CIESIN)
[8] Global Footprint Network, (See http://www.footprintnetwork.org)
[9] Gonzalez et al.

مبتنی بر پارامتر آستانه می‌باشد که با $C$ نشان داده شده است. $q_{it}$ و $\gamma$ به ترتیب نشان‌دهنده متغیر آستانه و پارامتر شیب است که بیان‌گر سرعت انتقال از یک رژیم به رژیم دیگر است. در نهایت جزء خطا نیز با استفاده از نماد $\varepsilon_{it}$ نشان داده می‌شود.

در این تحقیق، پیش بینی شده است که یک ارتباط غیرخطی وجود دارد؛ در نتیجه برای تایید این فرض، ما از رویکرد غیرخطی استفاده می‌کنیم. این مطالعه شامل رشد اقتصادی، باز بودن تجاری و مخارج تحقیق و توسعه به عنوان متغیرهای مستقل و شاخص ترکیبی کیفیت محیط زیست (*CEQI*) به عنوان متغیر وابسته و توسعه مالی به عنوان متغیر انتقالی می‌باشد. هدف اصلی این مطالعه بررسی تاثیر آستانه‌ای توسعه مالی بر کیفیت محیط زیست می‌باشد. ازین رو تابع *PSTR* اولیه به صورت **معادله (۲)** نوشته می‌شود:

$$CEQI=u_i+FDx_{it}+FD_1x_{it}g(q_{it},\gamma,c)+\beta_1GDP_{i,t}+\beta_2TO_{i,t}+\beta_3RD_{i,t}+\varepsilon_{it}. \qquad (۲)$$

که در آن، $i$ تعداد مقاطع (۱۳ کشور منتخب *OPEC*)، $T$ دوره زمانی (۲۰۰۰ تا ۲۰۱۹)، *CEQI* نشان دهنده شاخص ترکیبی کیفیت محیط زیست، *FD* نشان‌دهنده توسعه مالی می‌باشد که در این تحقیق از دو شاخص توسعه مالی بانک محور (*FDB*) و شاخص توسعه مالی بازار (*FDM*) محورد استفاده شده است. در این معادله، متغیرهای انتقالی به صورت $g(q_{it},\gamma,c)$ نشان داده شده است. در $g(q_{it},\gamma,c)$، توسعه مالی بر اساس $q_{it}$ نشان داده می‌شود و از این توسعه مالی به عنوان یک متغیر آستانه استفاده می‌شود. $\gamma$ نشان‌دهنده پارامتر شیب تابع انتقال و $c=c_1, c_2, \dots, c_m$ بیان‌کننده یک بردار از پارامترهای حد آستانه‌ای (مکان‌های وقوع تغییر رژیم) هستند. تابع $g(q_{it},\gamma,c)$ بیان‌کننده یک تابع انتقال پیوسته و کراندار بین صفر و یک است که بر اساس مطالعات گنزالز و همکاران (۲۰۰۵) و فوکوا و همکاران[1] (۲۰۰۸) به صورت لاجستیکی تصریح می‌شود:

$$G(q_{it},\gamma,c)=\frac{1}{1+exp[-\gamma(q_{it}-c)]}. \qquad (۳)$$

در **معادله (۳)**، $C$ نشان دهنده پارامتر آستانه $\gamma<0$ می‌باشد که نشان دهنده شیب تابع انتقال است که به صورت یک تابع نمادین در زمانی که $\gamma$ به سمت بی‌نهایت میل می‌کند، نشان داده می‌شود. همچنین اگر $q_{it}\ll c$ باشد در این صورت $g(q_{it},\gamma,c)=1$ می‌باشد و در صورتی که $q_{it} < c$ باشد، در این صورت $g(q_{it},\gamma,c)=0$ است. زمانی که $\gamma$ به سمت صفر میل می‌کند، مدل PSTR مبتنی بر مدل پانلی با اثرات ثابت می‌باشد. با افزایش در متغیر آستانه (توسعه مالی)، ضرایب کیفیت محیط زیست و توسعه مالی به صورت تدریجی تغییر می‌کند و از رژیم اول ($\beta_0$) با سطح پایین توسعه مالی به رژیم دوم ($\beta_0+\beta_1$) با سطح بالای توسعه مالی تغییر می‌کند. در این تکنیک، پارامتر مبتنی بر متغیر انتقال بوده و در طول زمان و متناسب با کشورهای مختلف تغییر می‌کند. از این رو، سطح مشخصی از $q(FD)$، حساسیت توسعه مالی به کیفیت محیط زیست برای دوره زمانی زمان مشخص ($t$) و تعداد مقاطعی معین ($i$) با استفاده از **معادله (٤)** نشان داده می‌شود:

$$\varepsilon_{it}=\beta_0+\beta_1xg(q_{it},\gamma,c). \qquad (۴)$$

روش *PSTR*، برای بررسی و توضیح پارامترها دارای سه مرحله می‌باشد. در مرحله اول، خطی بودن مدل تایید می‌شود. در این آزمون، بررسی می‌شود که آیا رابطه بین *FD* و کیفیت محیط زیست بر اساس یک مدل خطی یا غیرخطی مشخص می‌شود یا خیر؛ یعنی فرضیه صفر $H_0$ مبنی بر خطی بودن مدل در مقابل فرضیه $H_1$ مبنی بر یک مدل با دو رژیم حدی بررسی می‌شود. گنزالز و همکاران (۲۰۰۵) معتقدند با توجه به اینکه مدل *PSTR* تحت فرضیه صفر دارای پارامترهای نامعین[2] است، آمار احتمال هر دو فرضیه $H_0$ و $H_1$ غیر استاندارد هستند. جهت رفع این مشکل استفاده از تقریب تیلور تابع انتقال پیشنهاد شد. گنزالز و همکاران (۲۰۰۵) تقریب تیلور تابع انتقال $(q_{it},\gamma,c)$ را حول $\gamma=0$ پیشنهاد دادند که به صورت **معادله (۵)** ارائه می‌شود:

$$y_{it}=u_i+\beta_0^*Z_{it}+\beta_1^*Z_{it}q_{it}+\beta_2^*Z_{it}q_{it}^2+\dots+\beta_m^*Z_{it}q_{it}^m+\varepsilon_{it}^*. \qquad (۵)$$

**معادله (۵)** نشان‌دهنده باقی‌مانده تابع تیلور[3] می‌باشد که با استفاده از $R_m$ نشان داده می‌شود؛ همچنین پارامترهای بیان شده مانند $\beta_0^*\dots\beta_m^*$ نیز ضرایبی از $\gamma$ و $u_{it}^*=u_{it}+R_m\beta_mZ_{it}$ می‌باشند. همچنین در این شرایط، آزمون **معادله (۱)** در $H_0:\gamma=0$ مشابه با آزمون **معادله (۵)** در

[1] Fouquau et al.
[2] Unidentified nuisance
[3] Remainder of the Taylor function

فرضیه صفر می‌باشد یعنی $H_0^*:\beta_1^*=...=\beta_m^*$. بنابراین، با توجه به رابطه بالا، فرضیه صفر بیان‌کننده خطی بودن رابطه بین متغیرها می‌باشد که به صورت $H_0: \beta_1 = \cdots = \beta_m = 0$ بیان می‌شود. عدم پذیرش این فرضیه بیانگر وجود یک رابطه غیرخطی بین متغیرهای مدل است. جهت آزمون این فرضیه مبنی بر خطی بودن رابطه بین متغیرها، به پیروی از مطالعات کولتاز و هورلین[1] (۲۰۰۶) از آماره‌های ضریب لاگرانژ والد[2] ($LM_W$) و ضریب لاگرانژ فیشر[3] ($LM_F$) استفاده می‌شود:

$$Fischer\ LM\ test=LM_F=\frac{SSR_0-SSR_1/K}{SSR_0/(NT-N-K)} \quad . \qquad (۶)$$

$$Wald\ LM\ test=LM_W=\frac{NT(SSR_0-SSR_1)}{SSR_0} \quad . \qquad (۷)$$

در **معادلات (۶)** و **(۷)**، $k$ بیانگر تعداد متغیرهای توضیحی مدل، $SSR_0$ مجموع مربعات باقیمانده مدل پانلی بر اساس فرضیه $H_0$ (مدل پانل خطی با اثرات انفرادی)، $SSR_1$ مجموع مربعات باقیمانده غیرخطی $PSTR$ بر اساس فرضیه $H_1$ (مدل $PSTR$ با $m$ رژیم)، $T$ دوره زمانی، $N$ تعداد مقاطع و $m$ تعداد حدهای آستانه‌ای می‌باشد.

ارتباط بین متغیرها را می‌توان با استفاده از مدل رگرسیون انتقال ملایم پانلی ($PSTR$) با دو رژیم حدی تخمین زد (در شرایطی که فرضیه $H_0$ در رابطه با ارتباط خطی رد می‌شود زیرا این عدم پذیرش نشان‌دهنده غیرخطی بودن رابطه می‌باشد). در مرحله بعد، فرضیه صفر مبنی بر عدم وجود رابطه غیرخطی مورد آزمون قرار می‌گیرد. هدف از این آزمون بررسی تخمین رابطه غیرخطی بین متغیرها با استفاده از مدل رگرسیون انتقال ملایم پانلی ($PSTR$) با دو رژیم حدی است. بر این اساس، مدل تخمینی برای این حالت به صورت **معادله (۸)** تعریف می‌شود:

$$y_{i,t}=u_i+\beta_0 Z_{it}+\beta_1 Z_{it} g_1(q_{it},\gamma_1,c_1)+\beta_2 Z_{it} g_2(q_{it},\gamma_2,c_2)+\varepsilon_{it}^* \qquad (۸)$$

در شرایطی که نتایج بدست آمده از یک الگو $PSTR$ دلالت کند، در مرحله بعدی باید تعداد توابع انتقال جهت تصریح کامل رفتار غیرخطی انتخاب گردد. برای این منظور فرضیه صفر وجود یک تابع انتقال در مقابل فرضیه وجود حداقل دو تابع انتقال آزمون می‌شود. فرایند این آزمون نیز مشابه آزمون خطی بودن است، با این تفاوت که تقریب سری تیلور از تابع انتقال دوم مورد آزمون قرار می‌گیرد که به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$y_{i,t}=u_i+\beta_0^* Z_{it}+\beta_1^* Z_{it} g_1(q_{it},\gamma_1,c_1)+\beta_{21}^* Z_{it} q_{it}+...+\beta_{2m}^* Z_{it} q_{it}^m+\varepsilon_{it}^* \quad . \qquad (۹)$$

**معادله (۹)** شامل حالت بازنویسی شده از فرضیه می‌باشد. در نتیجه $H_0^*:\beta_{21}^*=...=\beta_{2m}^*=0$ حالت بازنویسی‌شده مربوط به مدل $PSTR$ از فرضیه $H_0:\gamma_2=0$ می‌باشد. این آزمون‌ها از طریق آماره‌های ضریب لاگرانژ والد ($LM_W$)، ضریب لاگرانژ فیشر ($LM_F$) و نسبت درستنمایی ($LR$) بررسی می‌شود. همچنین به این جمع‌بندی می‌رسیم که در صورت پذیرش فرضیه صفر، مدل رگرسیون انتقال ملایم پانلی ($PSTR$) با یک تابع انتقال و دو رژیم حدی برای بررسی رابطه بین متغیرها مناسب است. اما در صورت رد شدن این فرضیه در این آزمون، حداقل دو تابع انتقال در مدل $PSTR$ وجود خواهد داشت و لذا در ادامه می‌بایستی فرضیه صفر مبنی بر وجود دو تابع انتقال در مقابل فرضیه سه تابع انتقال آزمون شود. این روند تا زمانی که فرضیه صفر پذیرفته شود، ادامه خواهد داشت. بطور کلی مزیت عمده این رویکرد آن است که علاوه بر اینکه قابلیت مشخص کردن تعداد دفعات و زمان تغییر رژیم را دارد، سرعت انتقال از یک رژیم به رژیم دیگر را نیز نشان می‌دهد. در این مدل تغییر در رژیم‌ها یا شکست ساختاری به صورت درونزا توسط مدل مشخص می‌شود، به همین دلیل نیازی به وارد کردن متغیر موهومی و یا بررسی جداگانه شکست ساختاری نیز نمی‌باشد.



[1] Colletaz and Hurlin
[2] Wald lagrange multiplier
[3] Fischer lagrange multipliyer

## ۴- نتایج تجربی تحقیق

### ۴-۱- نتایج روش PCA و روش CRITIC مربوط به شاخص ترکیبی کیفیت محیط زیست

در این قسمت، نتایج دو روش *PCA* و *CRITIC* مربوط به محاسبه شاخص ترکیبی کیفیت محیط زیست ارائه می‌شود و سپس با استفاده از معیارهای ارزیابی، عملکرد این دو روش برای محاسبه وزن شاخص‌ها مورد ارزیابی قرار می‌گیرد و در نهایت، با توجه به کمترین معیار خطا، نتایج یکی از این دو روش مورد استفاده قرار خواهد گرفت. نتایج روش *PCA* در **جدول ۵** ارائه شده است.

**جدول ۵- نتایج مربوط به تحلیل مؤلفه‌های اصلی برای شاخص‌های محیط زیستی.**
**Table 5- The results of PCA for environmental quality indicators.**

| مقادیر ویژه (مجموع = ۶، میانگین = ۱) | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **مؤلفه** | **مقادیر ویژه** | **مقادیر ویژه تجمعی** | **واریانس** | **واریانس تجمعی** |
| مؤلفه اول | 520072.4 | 4.520072 | 0.7533 | 0.7533 |
| مؤلفه دوم | 1.062930 | 5.583002 | 0.1772 | 0.9305 |
| مؤلفه سوم | 0.198359 | 5.781361 | 0.0331 | 0.9636 |
| مؤلفه چهارم | 0.111406 | 5.892767 | 0.0186 | 0.9821 |
| مؤلفه پنجم | 0.077828 | 5.970595 | 0.0130 | 0.9951 |
| مؤلفه ششم | 0.029405 | 6 | 0.0049 | 1 |

| بردارهای ویژه | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **شاخص‌های محیط زیستی** | **مؤلفه اول** | **مؤلفه دوم** | **مؤلفه سوم** | **مؤلفه چهارم** | **مؤلفه پنجم** | **مؤلفه ششم** |
| شاخص ردپای اکولوژیکی | -0.439323 | -0.266733 | 0.041713 | 0.403249 | 0.587534 | 0.475714 |
| شاخص عملکرد محیط زیست | 0.429047 | -0.130745 | 0.854098 | 0.044263 | 0.243426 | -0.090140 |
| شاخص پایداری محیط زیست | 0.449655 | 0.068763 | -0.401013 | 0.531835 | 0.390328 | -0.443921 |
| شاخص آسیب‌پذیری محیط زیست | 0.393832 | 0.489561 | -0.165876 | -0.408072 | 0.408144 | 0.494577 |
| شاخص پس انداز خالص تعدیل شده | 0/449256 | -0.186876 | -0.074202 | 0.429759 | -0.499302 | 0.568986 |
| شاخص فشار بر طبیعت | -0.252566 | 0.795260 | 0.273759 | 0.448740 | -0.165252 | 0.012364 |

در ادامه، نتایج روش *CRITIC* مربوط به شاخص‌های محیط زیستی در **جدول ٦** ارائه شده است.

**جدول ۶- نتایج مربوط به روش CRITIC برای شاخص‌های محیط زیستی.**
**Table 6- The results of CRITIC method for environmental quality indicators.**

| **شاخص‌ها** | **میانگین** | **انحراف معیار** | **وزن‌ها** |
|---|---|---|---|
| شاخص ردپای اکولوژیکی | 12.7846 | 10.9784 | 0.5891 |
| شاخص عملکرد محیط زیست | 2.1652 | 1.0946 | 0.6273 |
| شاخص پایداری محیط زیست | 294.6067 | 42.3879 | 0.4410 |
| شاخص آسیب‌پذیری محیط زیست | 36.9644 | 12.5487 | 0.5828 |
| شاخص پس انداز خالص تعدیل شده | 6.8190 | 5.3842 | 0.3852 |
| شاخص فشار بر طبیعت | 4.1952 | 3.9303 | 0.3255 |

حال برای اینکه روش ارائه شده از کارایی مناسب و قابل قبولی برخوردار باشد، می‌بایستی دارای حداقل معیار خطا باشد (شعاعی نائینی و همکاران[1]، ۲۰۲۰؛ پرتو افکنان و همکاران[2]، ۲۰۲۱). بر این اساس، جهت مقایسه عملکرد این دو رویکرد (*PCA* و *CRITIC*) در محاسبه وزن شاخص‌های محیط زیستی، از معیارهای ارزیابی عملکرد (*MSE*[3]، *RMSE*[4]، *MAE*[5]) استفاده شده است. نتایج مربوط به این معیارها در **جدول ۷** ارائه شده است.

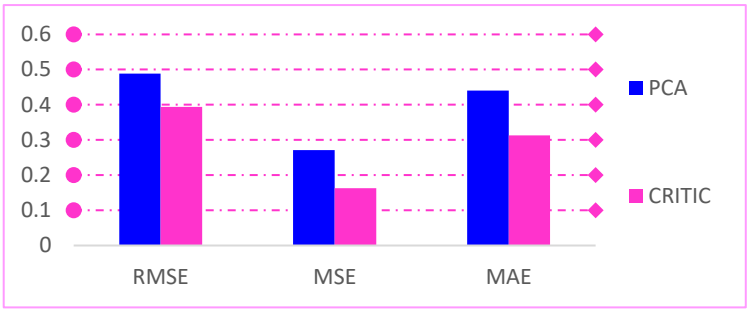
[1] Shoaei Naeini et al.
[2] Parto Afkanan et al.
[3] Mean Squared Error (MSE)
[4] Root Mean Squared Error (RMSE)
[5] Mean Absolute Error (MAE)

جدول ۷- معیارهای ارزیابی عملکرد روش‌ها مربوط به محاسبه وزن شاخص‌های محیط زیستی.

Table 7- Performance evaluation criteria related to the methods.

| روش‌ها | RMSE | MSE | MAE |
|---|---|---|---|
| PCA | 0.4884 | 0.2713 | 0.4407 |
| CRITIC | 0.3944 | 0.1625 | 0.3129 |

با توجه به معیارهای خطای بدست آمده مربوط به دو روش مورد نظر، روش *CRITIC* به دلیل داشتن کمترین معیارهای خطا برای محاسبه وزن شاخص‌های محیط زیستی مورد استفاده قرار می‌گیرد. ضمنا جهت مقایسه بهتر، این نتایج در **شکل ۱۱** نیز به تصویر کشیده شده است. همانطور که در این شکل مشاهده می‌شود، روش *CRITIC* از کمترین معیارهای خطا برخوردار است.




شکل ۱۱- معیارهای ارزیابی عملکرد دو روش PCA و CRITIC.

Figure 11- Performance evaluation criteria of PCA and CRITIC methods.

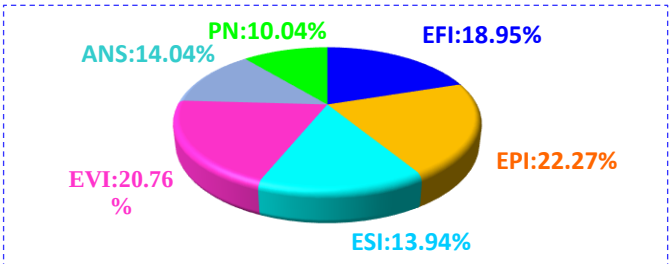
با توجه به معیارهای خطای بدست آمده، روش *CRITIC* را به دلیل داشتن کمترین معیارهای خطا و در نتیجه قابل اعتماد بودن نتایج، برای محاسبه وزن شاخص‌های محیط زیستی مورد استفاده قرار می‌دهیم. بنابراین، شاخص ترکیبی کیفیت محیط زیست به صورت میانگین وزنی ٦ شاخص معرفی شده (ضرب هر یک از شاخص‌های محیط زیستی در وزن و اهمیت آنها در کل تغییرات) طی دوره ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۹ برای کشورهای منتخب *OPEC* قابل محاسبه خواهد بود. قبل از محاسبه شاخص ترکیبی کیفیت محیط زیست، لازم است که تضمین کنیم که مجموع وزن‌ها برابر واحد باشد. در این راستا، ابتدا قدر مطلق مقادیر وزن‌های انتخاب شده شاخص‌ها، با یکدیگر جمع می‌شوند. سپس، مقدار وزن مربوط به هر شاخص بر این مجموع تقسیم می‌شود. وزن هر یک از شاخص‌های محیط‌زیستی برای کشورهای منتخب *OPEC* در قالب **جدول ۸** محاسبه و ارائه شده است.

جدول ۸- وزن شاخص‌های محیط زیستی.

Table 5- The weight of enironmental indicators.

| شاخص‌ها | وزن‌ها |
|---|---|
| شاخص ردپای اکولوژیکی | 0.1895 |
| شاخص عملکرد محیط زیست | 0.2227 |
| شاخص پایداری محیط زیست | 0.1394 |
| شاخص آسیب‌پذیری محیط زیست | 0.2076 |
| شاخص پس انداز خالص تعدیل شده | 0.1404 |
| شاخص فشار بر طبیعت | 0.1004 |

نموداری دایره‌ای از وزن‌های محاسبه شده نیز در در **شکل ۱۲** ارائه شده است.




شکل ۱۲- نموداری دایره‌ای از وزن شاخص‌های محیط زیستی.

Figure 12- A pie chart of calculated weights for environmental quality indexes.

حال، در این مطالعه با استفاده از وزن‌های بدست آمده که در بالا بدان‌ها اشاره شد، شاخص ترکیبی کیفیت محیط زیست برای هر یک از کشورهای منتخب *OPEC* محاسبه و در رگرسیون‌های تخمینی مورد استفاده قرار می‌گیرد. رابطه ریاضی این شاخص ترکیبی در **جدول ۹** بیان شده است.

جدول ۹- رابطه ریاضی شاخص ترکیبی کیفیت محیط زیست.

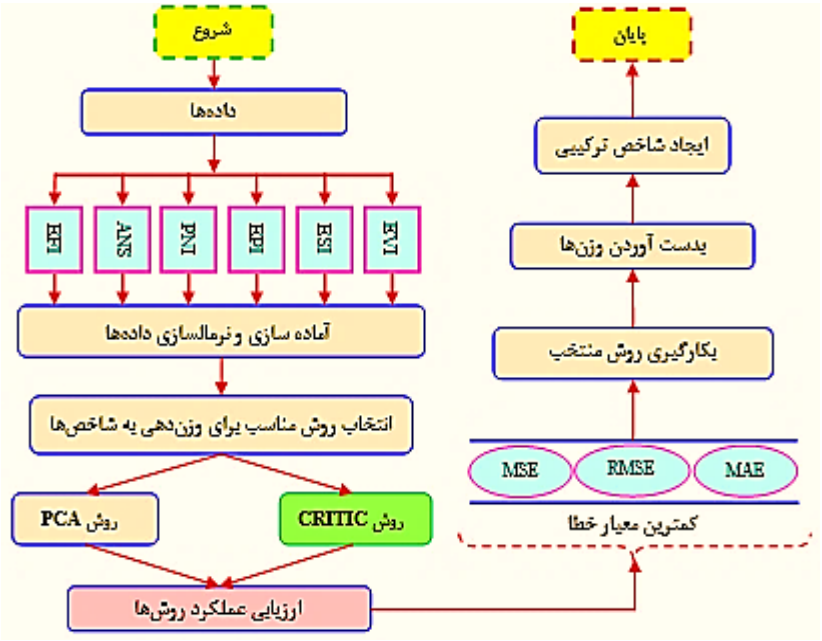
**Table 9- Mathematical equations of the composite environmental quality index.**

| |
|---|
| $CEQI = 0.1895\ EFI + 0.2227\ EPI + 0.1394\ ESI + 0.2076\ EVI + 0.1404\ ANS + 0.1004\ PN$ |





مدل مفهومی مربوط به محاسبه شاخص ترکیبی کیفیت محیط زیست در **شکل ۱۳** نیز ارائه شده است.




شکل ۱۳- نموداری شماتیک از محاسبه شاخص ترکیبی کیفیت محیط زیست.

**Figure 13- A schematic diagram of calculating the composite environmental quality index.**

## ۲-۴- تخمین مدل‌های تحقیق

در این قسمت، ابتدا به تحلیل توصیف آماری متغیرهای تحقیق در **جدول ۱۰** پرداخته می‌شود. در حقیقت این آماره‌های توصیفی ما را در تحلیل مناسب نتایج تحقیق کمک می‌کنند؛ چرا که اطلاعات مهمی را در مورد داده‌ها برای ما ارائه می‌دهند. لذا، پرداختن به آماره توصیفی متغیرهای تخمین قبل از شروع تخمین‌ها امری ضروری و مهم می‌باشد.

جدول ۱۰- آمار توصیفی متغیرهای تحقیق.

**Table 10- The descriptive statistics and pairwise correlations.**

| | CEQI | GDP | FDB | FDM | TO | RD |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **میانگین** | 67.36 | 17035.31 | 34.91 | 46.65 | 0.755 | 33.32 |
| **بیشترین** | 82.47 | 69679.09 | 134.54 | 153.14 | 1.759 | 135.74 |
| **کمترین** | 51.71 | 1350.98 | 3.58 | 2.27 | 0.256 | 0.032 |
| **انحراف معیار** | 6.93 | 20152.56 | 22.25 | 27.17 | 0.315 | 25.70 |
| **ضریب تغییرات** | 0.10 | 1.18 | 0.63 | 0.79 | 0.417 | 0.77 |
| **آماره جارک - برا** | 13.06 (0.000) | 84.55 (0.000) | 134.76 (0.000) | 56.02 (0.000) | 29.96 (0.000) | 56.49 (0.000) |

همانطور که مشاهده می‌شود، آماره‌های توصیفی میانگین، بیشینه و کمینه برای هر یک از متغیرها ارائه شده است. آماره جارک - برا نشان می‌دهد که تمامی متغیرهای تحقیق از یک الگوی غیرنرمال تبعیت می‌کنند. با توجه به نتایج این جدول، به ازای هر یک دلار تولید ناخالص داخلی بطور متوسط ۶۷/۳۶ واحد تغییرات در کیفیت محیط زیست داریم. کمترین انحراف معیار مربوط به متغیر باز بودن

تجاری می‌باشد و بیشترین آن نیز مربوط به متغیر تولید ناخالص داخلی است. ضریب تغییرات که با نسبت انحراف معیار به میانگین قابل محاسبه است، در این جدول تعریف شده است. بیشترین و کمترین ضریب تغییرات به ترتیب مربوط به متغیرهای تولید ناخالص داخلی و شاخص ترکیبی کیفیت محیط زیست است.

یکی از فرضیات مهم در اقتصادسنجی داده‌های ترکیبی (پانلی) وجود وابستگی مقطعی[1] در بین داده‌های مورد استفاده در مدل می‌باشد. بر همین اساس، تشخیص وجود استقلال مقطعی در اقتصادسنجی داده‌های پانلی اولین مرحله به حساب می‌آید. آزمون‌های متعددی وجود دارند که با استفاده از آن‌ها می‌توان وجود یا عدم وجود وابستگی مقطعی را مورد بررسی قرار داد. در این تحقیق از آزمون وابستگی مقطعی پسران[2] (۲۰۲۱) استفاده می‌شود. نتایج این آزمون در **جدول ۱۱** ارائه شده است.





**جدول ۱۱- آزمون وابستگی مقطعی پسران (۲۰۲۱).**
**Table 11- Pesaran (2021) cross-sectional dependence test.**

| متغیرها | آماره آزمون | ارزش احتمال |
|---|---|---|
| CEQI | 48.255 | 0.000 |
| GDP | 66.312 | 0.000 |
| FDB | 52.261 | 0.000 |
| FDM | 12.581 | 0.000 |
| TO | 32.556 | 0.000 |
| RD | 40.890 | 0.000 |

با توجه به نتایج بدست آمده، فرضیه صفر مبنی بر عدم وجود وابستگی مقطعی در سطح یک درصد رد می‌شود. این بدان معناست که بین متغیرهای مدل، وابستگی مقطعی وجود دارد. حال نوبت به انجام آزمون ریشه واحد می‌باشد. به پیروی از ادبیات اقتصادسنجی، قبل از هر گونه تخمین و جهت جلوگیری از بروز رگرسیون‌های کاذب، ابتدا می‌بایستی ویژگی ایستایی متغیرها مورد بررسی قرار گیرد (رائی دهاقی و میرهاشمی[3]، ۲۰۱۴). با توجه به تأیید وجود وابستگی مقطعی در بین متغیرهای مدل، با استفاده از آزمون‌های ریشه واحد نسل دوم از قبیل آزمون ریشه واحد *CIPS* پسران و آزمون *CADF* اقدام به بررسی آزمون ریشه واحد می‌کنیم. نتایج مربوط به این آزمون در **جدول ۱۲** ارائه شده است.

**جدول ۱۲- آزمون ریشه واحد نسل دوم (CIPS و CADF).**
**Table 12- Second-generation unit root test (CIPS and CADF).**

| متغیرها | در سطح | | با یکبار تفاضل‌گیری | |
|---|---|---|---|---|
| | آزمون CIPS | آزمون CADF | آزمون CIPS | آزمون CADF |
| CEQI | -2.231 | 22.45 | -3.355* | 112.2* |
| GDP | -3.434 | 22.53 | -5.544* | 91.32* |
| FDB | -1.433 | 34.23 | -2.755* | 74.56* |
| FDM | -2.489 | 51.12 | -4.544* | 59.13* |
| TO | -3.855 | 34.66 | -5.652* | 85.77* |
| RD | -2.522 | 64.77 | -4.453* | 88.44* |

* بیان‌کننده سطح معناداری یک درصد می‌باشد.

با توجه به نتایج بدست آمده از این آزمون، تمامی متغیرهای مدل در سطح نامانا بوده و با یکبار تفاضل‌گیری مانا می‌شوند. بنابراین، می‌توان از عدم برآورد رگرسیون کاذب اطمینان حاصل کرد. با توجه به مباحث مطرح شده در بخش روش‌شناسی تحقیق، در گام اول، فرضیه صفر خطی بودن مدل در مقابل فرضیه وجود الگوی *PSTR* با در نظر گرفتن توسعه مالی بانک محور و توسعه مالی بازار محور به عنوان متغیرهای انتقال آزمون می‌شود. نتایج این آزمون در **جدول ۱۳** ارائه شده است.

**جدول ۱۳- آزمون وجود رابطه غیرخطی.**
**Table 13- The test of nonlinear association existence.**

| متغیر انتقال | ضریب لاگرانژ والد ($LM_W$) | | ضریب لاگرانژ فیشر ($LM_F$) | |
|---|---|---|---|---|
| | آماره آزمون | ارزش احتمال | آماره آزمون | ارزش احتمال |
| توسعه مالی بانک محور (FDB) | 151.358 | 0.000 | 19.446 | 0.000 |
| توسعه مالی بازار محور (FDM) | 87.222 | 0.000 | 26.367 | 0.000 |

[1] Cross-sectional independence
[2] Pesaran
[3] Raei Dehaghi and Mirhashemi

**فرضیه $H_1$ :** مدل *PSTR* با حداقل دو رژیم حدی؛ **فرضیه $H_0$ :** مدل پانلی خطی.

نتایج بدست آمده در **جدول ۱۳** نشان‌دهنده پذیرش فرضیه $H_1$ و عدم پذیرش فرضیه $H_0$ می‌باشد. به عبارتی دیگر آماره‌های ضریب لاگرانژ والد ($LM_W$) و ضریب لاگرانژ فیشر ($LM_F$) نشان‌می‌دهند که ارتباط بین متغیرهای مورد بررسی در تحقیق حاضر از یک مدل غیرخطی پیروی می‌کند. پس از اطمینان حاصل کردن از وجود رابطه غیرخطی میان متغیرهای مورد مطالعه، می‌بایستی وجود رابطه غیرخطی باقیمانده را جهت مشخص کردن تعداد توابع انتقال (تعداد رژیم‌ها) مورد بررسی قرار داد. بدین منظور، بر اساس مطالعات گنزالز و همکاران (۲۰۰۵) فرضیه $H_0$ مبتنی بر وجود الگوی *PSTR* با یک تابع انتقال در مقابل فرضیه $H_1$ مبنی بر وجود الگوی *PSTR* با حداقل دو تابع انتقال مورد بررسی قرار می‌گیرد. نتایج این آزمون در **جدول ۱۴** ارائه شده است.

**جدول ۱۴- آزمون وجود رابطه غیرخطی باقیمانده.**

**Table 14- The test of no-remaining nonlinear association existence.**

| متغیر انتقال | ضریب لاگرانژ والد ($LM_W$) | | ضریب لاگرانژ فیشر ($LM_F$) | |
|---|---|---|---|---|
| | آماره آزمون | ارزش احتمال | آماره آزمون | ارزش احتمال |
| توسعه مالی بانک محور (FDB) | 71.55 | 0.568 | 1.646 | 0.236 |
| توسعه مالی بازار محور (FDM) | 8.022 | 0.326 | 0.968 | 0.466 |

**فرضیه $H_1$ :** مدل *PSTR* با حداقل سه رژیم حدی؛ **فرضیه $H_0$ :** مدل *PSTR* با حداقل دو رژیم حدی.

نتایج این آزمون نشان می‌دهد که فرضیه $H_0$ مبنی بر وجود الگوی *PSTR* با یک تابع انتقال یا دو رژیم پذیرفته می‌شود و فرضیه مقابل آن یعنی فرضیه $H_1$ مبنی بر وجود الگوی *PSTR* با حداقل دو تابع انتقال یا سه رژیم رد می‌شود؛ بدان معنا که در نظر گرفتن یک تابع انتقال برای کشورهای منتخب *OPEC* در مورد تعیین رابطه غیرخطی بین توسعه مالی بانک محور و کیفیت محیط زیست و همچنین تعیین رابطه غیرخطی بین توسعه مالی بازار محور و کیفیت محیط زیست کفایت می‌کند. بعد از اینکه مدل *PSTR* با یک تابع انتقال و یک حد آستانه‌ای که نشان‌دهنده یک مدل دو رژیمی است، انتخاب شد، مدل‌های مورد نظر در تحقیق که در هر یک از آنها متغیر توسعه مالی بانک محور و بازار محور به عنوان متغیرهای انتقال در نظر گرفته شده‌اند، تخمین زده می‌شود. در **جدول ۱۵** و **جدول ۱۶** نتایج برآورد مدل‌های تحقیق ارائه شده است.

**جدول ۱۵- نتایج تخمین مدل** PSTR .

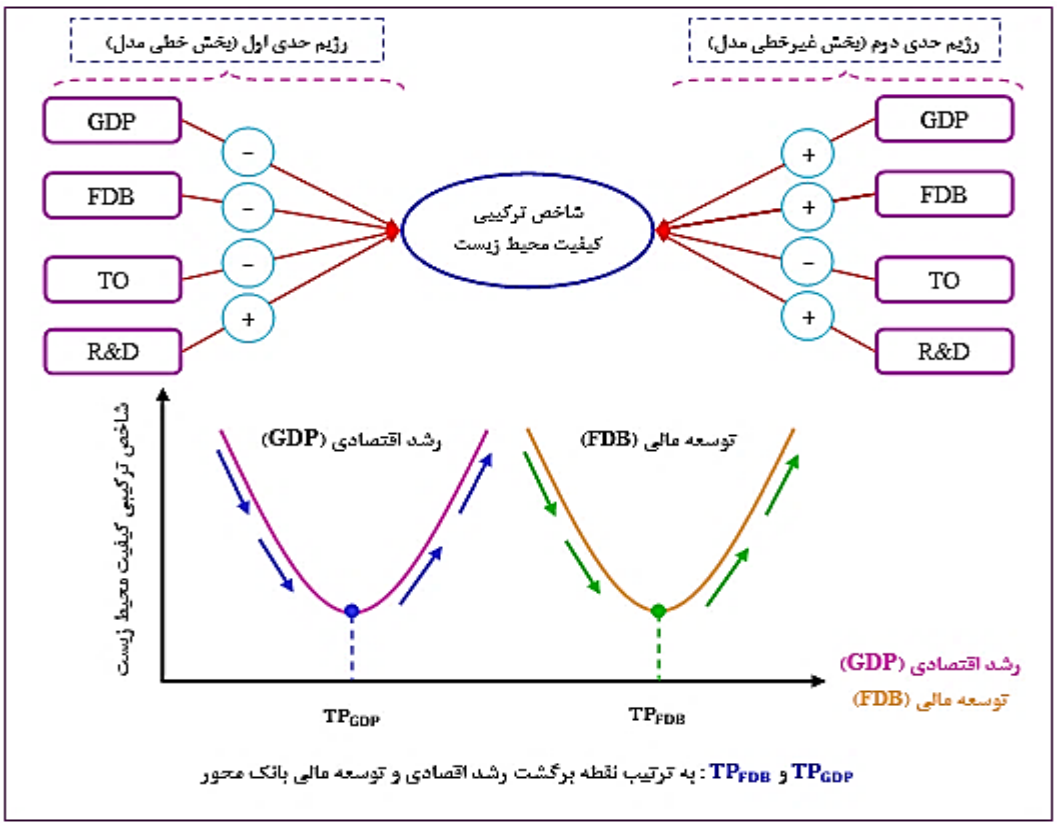
**Table 15- The results of PSTR model estimation.**

| **مدل اول: مدل اثرگذاری توسعه مالی بر کیفیت محیط زیست (متغیر انتقال: توسعه مالی بانک محور)** | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **متغیرها** | **رژیم حدی اول: بخش خطی مدل ($\beta_0$)** | | **رژیم حدی دوم: بخش غیرخطی مدل ($\beta_1$)** | |
| | **ضرایب** | **آماره t** | **ضرایب** | **آماره t** |
| LGDP | -0.622*** | 4.212 | 1.122*** | 3.881 |
| LFDB | -0.426*** | 2.835 | 0.825*** | 3.208 |
| LTO | -0.188* | 2.544 | -0.352* | 1.601 |
| LRD | 0.562*** | 3.326 | 0.863** | 2.488 |
| پارامتر شیب | 60.215 | | | |
| مکان وقوع تغییر رژیم | 1.167 | | | |
| رژیم حدی اول $(G(q_{it},\gamma,c)=0)$ | $LCEQI = -0.622LGDP_{it} - 0.426LFDB_{i,t} - 0.188LTO_{i,t} + 0.562LRD_{i,t}$ | | | |
| رژیم حدی دوم $(G(q_{it},\gamma,c)=1)$ | $LCEQI = 2.112LGDP_{it} + 0.981LFDB_{i,t} - 1.116LTO_{i,t} + 0.826LRD_{i,t}$ | | | |

***، ** و * به ترتیب نشان‌دهنده سطح معناداری ۱%، ۵% و ۱۰%.

با توجه به نتایج تخمین مدل‌های تحقیق می‌توان بیان کرد که در مدل توسعه مالی بانک محور (به عنوان متغیر انتقال) پارامتر شیب (نشان‌دهنده سرعت تعدیل از یک رژیم به رژیم دیگر)، معادل سرعت تعدیل ملایم ۶۰/۲۱% برآورد شده است که این معیار در مدل توسعه مالی بازار محور برابر با ۴۱/۵۵ می‌باشد و نشان دهنده آن است که انتقال از رژیم خطی به غیرخطی در مدل توسعه مالی بانک محور با سرعت بالاتری نسبت به مدل توسعه مالی بازار محور صورت می‌پذیرد. همچنین حد تغییر رژیم در مدل‌های توسعه مالی بانک محور و توسعه مالی بازار محور به ترتیب معادل ۱/۱۶۷ و ۱/۳۰۶ می‌باشد، لذا تا زمانی که میزان توسعه مالی بانک محور از ۱/۱۶۷ و توسعه مالی بازار محور نیز از ۱/۳۰۶ تجاوز نکنند رفتار متغیرهای توسعه مالی مطابق رژیم اول خواهند بود و در صورت تجاوز از این حد آستانه‌ای فوق، در رژیم دوم قرار خواهند گرفت.

از آنجایی که ضرایب بدست آمده مربوط به متغیرهای تحقیق در **جدول ۱۵** با توجه به مقدار متغیر انتقال (توسعه مالی بانک محور) و پارامتر شیب تغییر می‌کنند و به دنبال آن، ضرایب در طول زمان یکسان نمی‌باشند، مقدار عددی این ضرایب به صورت مستقیم قابل تفسیر نمی‌باشند و صرفا علامت‌های بدست آمده مربوط به هر متغیر قابلیت تفسیر و تحلیل را دارند. با توجه به نتایج **جدول ۱۱** و با توجه به دو رژیم حدی اول و دوم که در آنها تابع انتقال مقدار عددی صفر و یک دارد (دو ردیف آخر جدول فوق)، متغیر توسعه مالی بانک محور در رژیم حدی اول دارای اثر منفی بر کیفیت محیط زیست است، ولی با عبور از حد آستانه و ورود به رژیم دوم تأثیر مثبت بر کیفیت محیط زیست خواهد داشت؛ بطوری که از ۰/۴۲۶- به ۰/۹۸۱ تغییر داشته است. این اساس رابطه $U$ شکل (یا $U$ معکوس با در نظر گرفتن شاخص تخریب محیط زیست) بین توسعه مالی بانک محور و کیفیت محیط زیست برقرار است. این نتیجه با نتایج مطالعات طرازکار و همکاران (۲۰۲۰) و فاخر (۲۰۱۹) همسو است. در رابطه با متغیر رشد اقتصادی، مشاهده می‌شود که در رژیم اول تأثیر منفی و در رژیم دوم اثر مثبت بر کیفیت محیط زیست دارد؛ به گونه‌ای که از ۰/۶۲۲- به ۲/۱۱۲ تغییر کرده است. به وضوح این نتیجه بیان‌کننده وجود یک رابطه نامتقارن بین رشد اقتصادی و کیفیت محیط زیست است. بدان معنا که فرضیه منحنی زیست‌محیطی کوزنتس مورد تأیید قرار می‌گیرد. این نتیجه با شواهد تجربی مطالعات فلاحی و همکاران (*In Press*)، فاخر (۲۰۱۹) و دوگان و همکاران (۲۰۲۰) در یک راستا می‌باشد. متغیر بازبودن تجاری دارای اثر منفی و معنادار بر کیفیت محیط زیست در هر دو رژیم است به گونه‌ای که با ورود به رژیم دوم، شدت این اثرگذاری بر کیفیت محیط زیست افزایش می‌یابد. این نتیجه، شواهد تجربی مطالعات فاخر (۲۰۲۰) پیرامون تأثیر منفی باز بودن تجاری بر کیفیت محیط زیست را مورد تأیید قرار می‌دهد. متغیر مخارج تحقیق و توسعه نیز در رژیم اول و دوم تأثیر مثبت و معناداری بر کیفیت محیط زیست دارد؛ بطوری که در رژیم دوم نیز بر شدت تأثیر آن بر کیفیت محیط زیست افزوده می‌شود. این نتیجه، شواهد تجربی حاصل از مطالعات داربیدی و همکاران[1] (۲۰۲۰) پیرامون تأثیر مثبت مخارج تحقیق و توسعه بر کیفیت محیط زیست را مورد تأیید قرار می‌دهد. در حالی که نتایج حاصل از مطالعات زفر و همکاران (۲۰۱۹) پیرامون تأثیر منفی مخارج تحقیق و توسعه بر کیفیت محیط زیست را رد می‌کند. خلاصه‌ای تصویری از نتایج بدست آمده در **جدول ۱۵** در **شکل ۱۴** ارائه شده است.




شکل ۱۴- نموداری شماتیک از نتایج تخمین مربوط به مدل اول (توسعه مالی بانک محور).

**Figure 14- A schematic diagram of estimation results related to the first model (Bank-based financial development).**

در ادامه نیز به تخمین مدل دوم تحقیق با در نظر گرفتن متغیر توسعه مالی بازار محور می‌پردازیم.

[1] Darbidi et al.

جدول ۱۶- نتایج تخمین مدل PSTR .

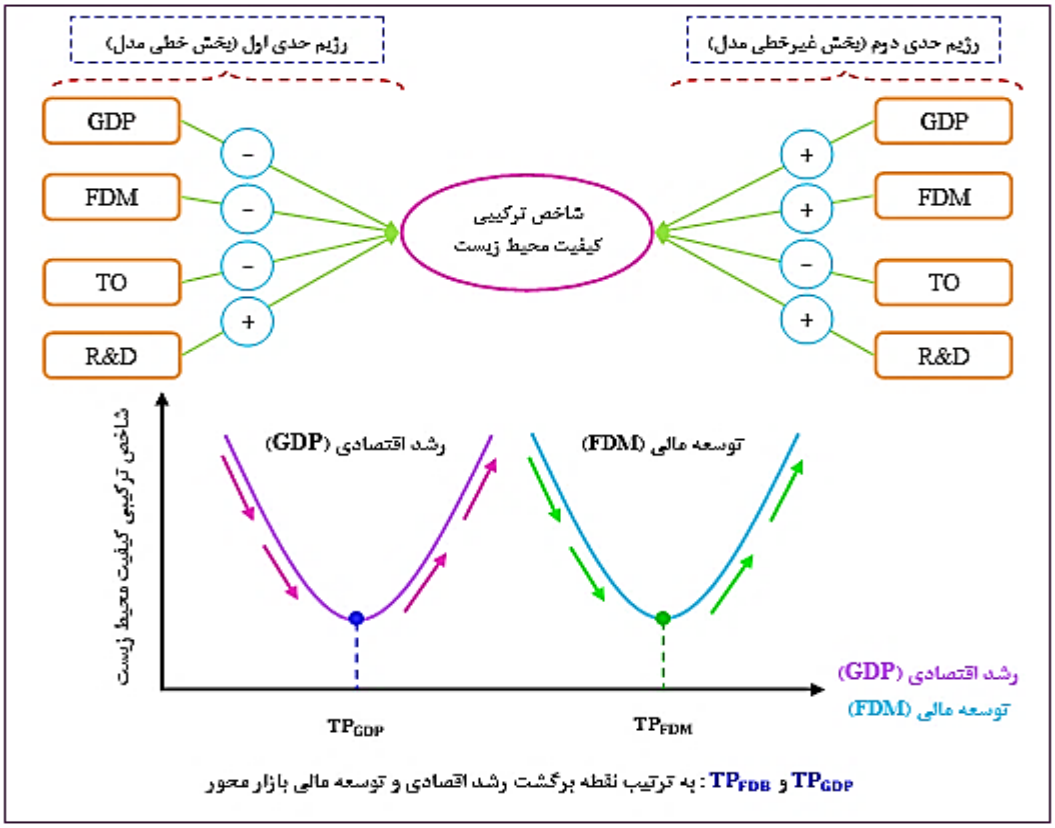
Table 16- The results of PSTR model estimation.

| مدل دوم: مدل اثرگذاری توسعه مالی بر کیفیت محیط زیست (متغیر انتقال: توسعه مالی بازار محور) | | | | |
|---|---|---|---|---|
| متغیرها | رژیم حدی اول: بخش خطی مدل ($\beta_0$) | | رژیم حدی دوم: بخش غیرخطی مدل ($\beta_1$) | |
| | ضرایب | آماره t | ضرایب | آماره t |
| LGDP | -0.526*** | 3.522 | 1.244*** | 4.212 |
| LFDM | -0.356** | 2.056 | 0.786*** | 3.142 |
| LTO | -0.112** | 2.088 | -0.521*** | 3.882 |
| LRD | 0.481*** | 2.890 | 0.891*** | 3.244 |
| پارامتر شیب | 41.556 | | | |
| مکان وقوع تغییر رژیم | 1.306 | | | |
| رژیم حدی اول $(G(q_{it},\gamma,c)=0)$ | $LCEQI = -0.526LGDP_{it} - 0.356LFDM_{i,t} - 0.112LTO_{i,t} + 0.481LR\&D_{i,t}$ | | | |
| رژیم حدی دوم $(G(q_{it},\gamma,c)=1)$ | $LCEQI = 2.015LGDP_{it} + 0.913LFDM_{i,t} - 1.041LTO_{i,t} + 0.754LR\&D_{i,t}$ | | | |

متغیر توسعه مالی بازار محور در رژیم اول تأثیر منفی و معناداری بر کیفیت محیط زیست دارد؛ ولی با عبور از حد آستانه و ورود به رژیم دوم تأثیر مثبت و معناداری بر کیفیت محیط زیست خواهد داشت. قابل ذکر است در صورتی که توسعه مالی بازار محور از حد آستانه‌ای ۱/۳۰۶ عبور کند وارد رژیم دوم خواهد شد. این نتیجه‌گیری نشان‌دهنده وجود یک رابطه نامتقارن بین توسعه مالی بازار محور و شاخص ترکیبی کیفیت محیط زیست می‌باشد؛ بطوری که وجود یک رابطه U شکل بین این دو متغیر مورد تأیید قرار می‌گیرد.

تأثیر منفی این متغیر بر کیفیت محیط زیست با نتایج حاصل از مطالعات ایگیامسو و لین (۲۰۱۹) و سلاحودین و همکاران (۲۰۱۸) در یک راستا می‌باشد، در حالی که شواهد تجربی مطالعات فاخر و همکاران (۲۰۱۸) و بالوچ و همکاران (۲۰۱۹) پیرامون تأثیر مثبت توسعه مالی بر کیفیت محیط زیست را رد می‌کند. از طرفی دیگر، توسعه مالی بازار محور در رژیم دوم تأثیر مثبت و معناداری بر کیفیت محیط زیست می‌گذارد؛ که این نتیجه سازگار با شواهد تجربی مطالعات فلاحی و همکاران (*In Press*) و بالوچ و همکاران (۲۰۱۹) است. متغیر رشد اقتصادی در رژیم اول تأثیر منفی بر کیفیت محیط زیست دارد؛ در حالی که در رژیم دوم اثر مثبت بین رشد اقتصادی و کیفیت محیط زیست دیده می‌شود. به بیانی دیگر، این نتیجه نشان‌دهنده وجود یک رابطه نامتقارن بین رشد اقتصادی و کیفیت محیط زیست است؛ بدان معنا که فرضیه منحنی زیست‌محیطی کوزنتس تأیید می‌شود. تأثیر منفی رشد اقتصادی بر کیفیت محیط زیست با نتایج بدست‌آمده از مطالعات ایگیامسو و لین (۲۰۱۹) و ستین و همکاران (۲۰۱۸) در یک راستا است.

تأثیر مثبت رشد اقتصادی بر کیفیت محیط زیست در رژیم دوم نیز با نتایج حاصل از مطالعات آیدین و همکاران (۲۰۱۹) و علی و همکاران (۲۰۱۹) سازگار است. متغیر باز بودن تجاری در هر دو رژیم تأثیر منفی و معناداری بر کیفیت محیط زیست گذاشته است؛ با این توضیح که میزان تأثیرگذاری منفی آن در رژیم دوم نسبت به رژیم اول بیشتر است. مخارج تحقیق و توسعه در رژیم حدی اول و دوم دارای اثرات همسویی است. این بدان معناست که این متغیر در هر دو رژیم تأثیر مثبت بر کیفیت محیط زیست داشته و رفتار متقارنی از خود نشان می‌دهد. شایان ذکر است که میزان تأثیرگذاری این متغیر در رژیم دوم نسبت به رژیم اول بیشتر است. نتایج بدست‌آمده در رابطه با تأثیر مثبت این متغیر بر کیفیت محیط زیست با نتایج مطالعات داربیدی و همکاران (۲۰۲۰) در یک راستا می‌باشد. این درحالی است که نتایج حاصل از مطالعات زفر و همکاران (۲۰۱۹) پیرامون تأثیر منفی مخارج تحقیق و توسعه بر کیفیت محیط زیست را رد می‌کند. خلاصه‌ای از نتایج بدست آمده در **جدول ۱۶** نیز در **شکل ۱۵** به تصویر کشیده شده است.




شکل ۱۵- نموداری شماتیک از نتایج تخمین مربوط به مدل دوم (توسعه مالی بازار محور).

**Figure 15- A schematic diagram of estimation results related to second model (Market-based financial development).**

## ۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادهای سیاستی

با پیدایش چالش‌ها و مسائل مهم منابع طبیعی و محیط زیستی در فرایند رشد اقتصادی، کانون توجه تحقیقات به تدریج به سمت نحوه دستیابی به توسعه اقتصادی به گونه‌ای که سازگار با محیط زیست باشد، متمایل شده است و این توسعه اقتصادی باید اهمیت هماهنگی و تناسب بین اقتصاد، منابع و محیط زیست را در نظر بگیرد. در دهه‌های اخیر مطالعات زیادی به بررسی شاخص‌های محیط زیستی و عوامل تأثیرگذار بر آن پرداختند. سیستم مالی یکی از مهم‌ترین عناصر تأثیرگذار بر این شاخص‌های محیط زیستی است. بر این اساس، مطالعات فراوانی به تبیین رابطه بین توسعه مالی و شاخص‌های محیط زیستی پرداخته‌اند، ولی به دیدگاه قطعی و واحدی نرسیده‌اند. دلیل این ناهمسویی و ابهام در نتایج را می‌توان در نوع شاخص‌های محیط زیستی مورد استفاده در تحقیقات مختلف دانست. نوع شاخص‌های محیط زیستی که به عنوان نماینده کیفیت محیط زیست مورد استفاده قرار می‌گیرد نقش بسیار مهمی می‌تواند داشته باشد. با توجه به اهمیت این دو مسئله (نحوه تأثیرپذیری کیفیت محیط زیست از توسعه مالی و در نظر گرفتن شاخص‌های محیط زیستی به عنوان نماینده کیفیت محیط زیست)، در این مطالعه تلاش شد تا با استفاده از داده‌های مربوط به کشورهای منتخب *OPEC* طی بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۹ به بررسی رابطه غیرخطی بین توسعه مالی (بانک محور و بازار محور) و کیفیت محیط زیست پرداخته شود. در این راستا، از شاخص ترکیبی کیفیت محیط زیست به عنوان متغیر وابسته در مدل و از رویکرد غیرخطی رگرسیون انتقال ملایم پانلی (*PSTR*) جهت تخمین مدل‌های تحقیق استفاده شد.

نتایج بدست‌آمده در تحقیق حاضر، بر وجود یک رابطه غیر خطی بین متغیرهای مورد بررسی دلالت دارد و بر اساس آزمون نبود رابطه غیرخطی باقیمانده در نظر گرفتن یک تابع انتقال و یک حد آستانه‌ای که نشان‌دهنده یک مدل دو رژیمی است را برای تفسیر رفتار غیر خطی بین متغیرهای تحقیق پیشنهاد کرده است. در مدل‌های توسعه مالی بانک محور و توسعه مالی بازار محور پارامتر شیب که نشان‌دهنده سرعت تعدیل از یک رژیم به رژیم دیگر است، برآورد شد بطوری که انتقال از رژیم خطی به غیرخطی در مدل توسعه مالی بانک محور با سرعت بالاتری نسبت به مدل توسعه مالی بازار محور صورت می‌پذیرد. همچنین حد تغییر رژیم در مدل‌های توسعه مالی بانک محور و توسعه

مالی بازار محور نیز محاسبه شد و لذا تا زمانی که میزان توسعه مالی بانک محور و توسعه مالی بازار محور از این حد آستانه‌ای تجاوز نکنند رفتار متغیرهای توسعه مالی مطابق رژیم اول خواهند بود و در صورت تجاوز از حد آستانه‌ای، در رژیم دوم قرار خواهند گرفت.

متغیر توسعه مالی (بانک محور و بازار محور) در رژیم حدی اول اثر منفی و در رژیم حدی دوم تأثیر مثبت بر کیفیت محیط زیست داشته‌اند. این بدان معناست که این متغیرها در دو رژیم اول و دوم رفتار همسو و متقارنی از خود نشان نمی‌دهند. بر این اساس، رابطه $U$ شکل (یا $U$ معکوس با در نظر گرفتن شاخص تخریب محیط زیست) بین توسعه مالی (بانک محور و بازار محور) و کیفیت محیط زیست برقرار است. لازم به ذکر است که میزان اثرگذاری این متغیرها در رژیم دوم نسبت به رژیم اول بیشتر است. در تحلیل این نتیجه، می‌توان بیان کرد که بازارهای سرمایه و توسعه بیشتر بخش بانکی می‌تواند سرمایه‌گذاری بیشتر با هزینه‌های پایین را تسهیل کند که شامل سرمایه‌گذاری در پروژه‌های محیط‌زیستی نیز می‌شود. در نتیجه، شرکت‌ها به تکنولوژی‌های پیشرفته و پاک دسترسی پیدا می‌کنند که این امر به نوبه خود باعث انتشار کمتر دی‌اکسیدکربن و افزایش تولید داخلی می‌گردد و مقررات مالی و سرمایه‌گذاری به نفع کیفیت محیط زیست ترویج پیدا می‌کند. متغیر رشد اقتصادی در رژیم اول تأثیر منفی و در رژیم دوم اثر مثبت بر کیفیت محیط زیست داشته است؛ بدان معنا که فرضیه منحنی محیط زیستی کوزنتس مورد تأیید قرار می‌گیرد. در تحلیل این نتیجه می‌توان گفت که در مراحل اولیه رشد اقتصادی با توجه به اولویت بالای تولید و اشتغال نسبت به محیط زیست پاک، استفاده از منابع طبیعی و انرژی افزایش می‌یابد و این امر موجب تخریب محیط زیست می‌شود (اثر مقیاس). ترکیب تولیدات در مسیر رشد اقتصادی از کالاهای کشاورزی به کالاهای صنعتی تغییر پیدا می‌کند. هرچند، بعد از رسیدن رشد اقتصادی به یک حد آستانه‌ای، به دلیل تغییر مجدد ترکیب تولید با کاهش تولیدات صنعتی و افزایش خدمات، از میزان تخریب محیط زیست کاسته می‌شود (اثر ترکیبی). متغیر باز بودن تجاری دارای اثر منفی و معنادار بر کیفیت محیط زیست در هر دو رژیم بوده است بطوری که در رژیم دوم شدت این اثرگذاری بر کیفیت محیط زیست افزایش می‌یابد. در تحلیل این نتیجه بدست آمده در این تحقیق، می‌توان بیان کرد که یکی از ابعاد کاهش کیفیت محیط زیست به ترکیب صادرات مربوط به صنایع آلاینده کشورها بر می‌گردد. پایین بودن هزینه نسبی در تولید این نوع محصولات منجر به افزایش محصولات متکی به منابع طبیعی و محیط زیست شده و در نتیجه اثرات منفی و زیان‌بار بر محیط زیست داشته است. متغیر مخارج تحقیق و توسعه نیز در رژیم اول و دوم تأثیر مثبت و معناداری بر کیفیت محیط زیست داشته است؛ بطوری که در رژیم دوم نیز بر شدت تأثیر آن بر کیفیت محیط زیست افزوده می‌شود. با توجه به دو دیدگاه مختلفی که در رابطه با هزینه‌های تحقیق و توسعه به عنوان شاخص نوآوری وجود دارد، نوع تأثیر این متغیر بر کیفیت محیط زیست دارای دو دیگاه متفاوت می‌باشد. در دیدگاه اول، افزایش هزینه‌های تحقیق و توسعه به عنوان شاخصی از توسعه تکنولوژی‌های باصرفه و دوستدار محیط زیست، باعث صرفه‌جویی در مصرف انرژی و به دنبال آن کاهش شدت انرژی و بهبود کارایی انرژی مصرفی می‌شود و در نتیجه این امر منجر به کاهش انتشار آلاینده‌های محیط زیستی خواهد شد. از نظر دیدگاه دوم، به دلیل عدم توجه بخش‌های خصوصی به ملاحظات محیط زیستی و توجه بیشتر به سودآوری فعالیت‌های اقتصادی، افزایش مخارج تحقیق و توسعه باعث شکل‌گیری اثرات بازگشتی و به دنبال آن افزایش مصرف انرژی و آلودگی محیط زیست می‌گردد. حال، با توجه به نتیجه بدست آمده در رابطه با تأثیر مثبت مخارج تحقیق و توسعه در این مطالعه، می‌توان این تحلیل را مطرح کرد که در این مطالعه اثر اول بر اثر دوم غلبه دارد و در نتیجه افزایش مخارج تحقیق و توسعه منجر به افزایش کیفیت محیط زیست گردیده است.

با توجه به نتایج بدست آمده از تحقیق حاضر، توصیه‌هایی به عنوان پیشنهادات سیاستی مطرح می‌باشند که بدین شرح است: اولا، با توجه به تأیید اثرگذاری غیرخطی توسعه مالی بر شاخص‌های محیط زیستی، در اتخاذ سیاست‌هایی که توسعه مالی را دچار تغییر می‌کند به این نکته توجه شود که تغییرات توسعه مالی در دامنه‌های مختلف اثر یکسان بر شاخص‌های محیط زیستی نداشته و بسته به رژیمی که اقتصاد در آن قرار دارد، این اثرگذاری متفاوت می‌باشد. لذا سیاست‌گذاری در توسعه مالی جهت اثرگذاری بر شاخص‌های محیط زیستی بستگی به اندازه‌ی توسعه مالی دارد. بر همین اساس، توصیه می‌شود با اتخاذ سیاست‌های مناسب در تخصیص منابع مورد نیاز، ملاحظات محیط زیستی را در نظر گرفت تا منابع به سمت پروژهای سازگار و دوستدار با محیط زیست هدایت شوند. ثانیا، بر اساس رابطه معنادار بین رشد اقتصادی و کیفیت محیط زیست توصیه می‌شود آهنگ رشد اقتصادی توسط سیاستگذاران اقتصادی با یک دیدگاه محیط زیستی، بیشتر مورد توجه قرار گیرد تا این اثر تقویت گردد. ثالثا، همچنین با وجود رابطه مثبت و معنادار بین مخارج تحقیق و توسعه با کیفیت محیط زیست، توصیه می‌شود تا دولتمردان و سیاستگذاران این حوزه، بطور جدی سرمایه‌گذاری‌ها در این حوزه را بیشتر مورد توجه قرار داده و میزان این سرمایه‌گذاری‌ها را افزایش دهند.

### ۱-۵- محدودیت‌ها و پیشنهادهایی برای مطالعات آینده

علارغم اینکه مطالعه حاضر، دیدگاه‌ها و نتایج مهمی را در ارتباط با متغیرهای مهم اقتصادی و محیط زیستی در چارچوب فرضیه منحنی محیط زیستی کوزنتس ارائه داد، اما با محدودیت‌هایی نیز مواجه بوده است. به دلیل محدودیت زمانی، بکارگیری انواع شاخص‌های محیط زیستی به صورت جداگانه در مدل امکانپذیر نبود. لذا از شاخص ترکیبی کیفیت محیط زیست در مدل تحقیق استفاده شد. به دلیل محدودیت فضا، امکان بررسی رابطه علی بین متغیرهای اقتصادی و انواع شاخص‌های محیط زیستی مورد استفاده در مدل تحقیق امکان‌پذیر نبود. از طرف دیگر، با توجه به عدم در دسترس بودن داده‌ها در بازه زمانی مورد بررسی، تعدادی از کشورها (کشورهای منتخب عضو اوپک) برای بررسی انتخاب شدند. بر همین اساس، بررسی تعامل بین متغیرهای مورد بررسی در مطالعه حاضر با هر یک از شاخص‌های محیط‌زیستی (مورد استفاده در این تحقیق) در سه گروه از کشورهای منتخب توسعه‌یافته، کمتر توسعه‌یافته و توسعه‌نیافته پیشنهاد می‌شود؛ چرا که تحلیل نتایج آنها با یکدیگر می‌تواند دیدگاه‌های جدیدی را برای مطالعات آینده به همراه داشته باشد. ضمنا، از سایر روش‌های غیرخطی مانند مارکوف- سوئیچینگ برای بررسی اثرات توسعه مالی بر شاخص‌های محیط زیستی استفاده شود. با توجه به ساختار متفاوت بخش‌های اقتصادی و رابطه‌ی رشد این بخش‌ها با توسعه مالی، پیشنهاد می‌شود اثرات توسعه مالی بر رشد بخش‌های کشاورزی، صنعت و خدمات بررسی شود. همچنین، پیشنهاد می‌شود که در مطالعات آتی رابطه علی بین متغیرهای مهم اقتصادی و انواع شاخص‌های محیط‌زیستی با استفاده از روش‌های مناسب اقتصادسنجی به صورت جداگانه مورد بررسی قرار گیرد. علاوه بر این، پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده با بکارگیری هر یک از شاخص‌های محیط‌زیستی (به صورت جداگانه) تعامل بین آنها با متغیرهای مهم اقتصادی از قبیل رشد اقتصادی و توسعه مالی در چارچوب فرضیه منحنی محیط زیستی کوزنتس مورد بررسی قرار گیرد و نتایج با یکدیگر مقایسه شوند.

## توافقنامه نویسندگان

نویسنده، نسخه نهایی ارسال‌شده را مشاهده و تأیید کرده است. همچنین تضمین می‌شود که مقاله، اثر اصلی نویسنده بوده، قبلاً چاپ‌نشده و در حال حاضر تحت انتشار نمی‌باشد.

## منابع مالی

نویسنده اعلام می‌کند هیچ نوع بودجه یا کمک‌هزینه تحقیق در طی مطالعه مذکور دریافت نشده است.

## تعارض با منافع

نویسنده مقاله اعلام می‌کند که در انتشار مقاله ارائه‌شده تضاد منافعی وجود ندارد.

## منابع


Adu, G., Marbuah, G., & Mensah, J. T. (2013). Financial development and economic growth in Ghana: does the measure of financial development matter?. *Review of development finance*, *3*(4), 192–203. https://doi.org/10.1016/j.rdf.2013.11.001

Ahmadi, M., Falahati, A., & Delangizan, S. (2019). Transition dynamic analysis of the regional disparity in Iran (case study: Iran Provinces). *Quarterly journal of quantitative economics*, *17*(1), 85-119. (**In Persian**). https://doi.org/10.22055/jqe.2019.27789.1984

Ali, H. S., Law, S. H., Lin, W. L., Yusop, Z., Chin, L., & Bare, U. A. A. (2019). Financial development and carbon dioxide emissions in Nigeria: evidence from the ARDL bounds approach. *Geojournal*, 84, 641–655. https://doi.org/10.1007/s10708-018-9880-5

Alsamara, M., Mrabet, Z., Saleh, A. S., & Anwar, S. (2018). The environmental Kuznets curve relationship: a case study of the Gulf Cooperation Council region. *Environmental science and pollution research*, *25*(33), 33183–33195. https://doi.org/10.1007/s11356-018-3161-1

Aşıcı, A. A. (2013). Economic Growth and its Impact on Environment: a panel data analysis. *Ecological indicators*, *24*, 324-333. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.06.019

Aydin, C., Esen, O., & Aydin, R. (2019). Is ecological footprint related to the Kuznets curve a real process or rationalizing the ecological consequences of the effluence? evidence from PSTR approach. *Ecological indicators*, *98*, 543-555. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.11.034

Baloch, M. A., Zhang, J., Iqbal, K., & Iqbal, Z. (2019). The effect of financial development on ecological footprint in BRI countries: evidence from panel data estimation. *Environmental science and pollution research*, 26(6), 6199–6208. https://doi.org/10.1007/s11356-018-3992-9

Behboudi, D., Bagher Beheshti, M., & Mousavi, S. (2011). Human development and sustainable development in selected oil exporting countries. *Journal of science and development*, *17*(33), 271-293. (**In Persian**). https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=153345

Cetin, M., Ecevit, E., & Yucel, A. G. (2018). The impact of economic growth, energy consumption, trade openness, and financial development on carbon emissions: empirical evidence from Turkey. *Environmental science and pollution research*, *25*(36), 36589-36603. https://doi.org/10.1007/s11356-018-3526-5

Charfeddine, L., & Mrabet, Z. (2017). The impact of economic development and social-political factors on ecological footprint: a panel data analysis for 15 MENA countries. *Renewable and sustainable energy reviews*, *76*, 138- 154. https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.03.031

Chen, J., Li, Z., Song, M., & Dong, Y. (2021). Decomposing the global carbon balance pressure index: evidence from 77 countries. *Environmental science and pollution research*, *28*, 7016-7031. https://doi.org/10.1007/s11356-020-11042-1

Chu, K., Liu, W., She, Y., Hua, Z., Tan, M., Liu, X., Gu, L., & Jia, Y. (2018). Modified principal component analysis for identifying key environmental indicators and application to a large-scale tidal flat reclamation. *Water*, *10*(1), 69. https://doi.org/10.3390/w10010069

Çoban, S., & Topcu, M. (2013). The nexus between financial development and energy consumption in the EU: a dynamic panel data analysis. *Energy economics*, *39*, 81–88. https://doi.org/10.1016/j.eneco.2013.04.001

Colletaz, G., & Hurlin, C. (2006). *Threshold effects of the public capital productivity: an international panel smooth transition approach*. hal-03527624, version 1. Available at https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03527624

Daheshvar, T., Danehkar, A., Monavari, M., Riazi, B., & kheyrkhah zarkesh, M. (2014). Analysis of coastal environment vulnerability determination methods. *Human and environment, 12*(28), 41-62. (**In Persian**). http://he.srbiau.ac.ir/article_6315.html?lang=en

Danish., & Wang, Zh. (2019). Investigation of the ecological footprint's driving factors: What we learn from the experience of emerging economies. *Sustainable cities and society*, *49*, 101626. https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101626

Danish., Ulucak, R., & Khan, S. U-D. (2020). Determinants of the ecological footprint: role of renewable energy, natural resources, and urbanization. *Sustainable cities and society*, 54, 101996. https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101996

Darbidi, M., Delangizan, S., Fatahi, Sh., & Sharif Karimi, M. (2020). Impact of innovation on pollution emission of iranian provinces in the framework of environmental kuznets curve (spatial econometric approach). *Quarterly journal of applied theories of economics*, *7*(3), 71-98. (**In Persian**). DOI: 10.22034/ECOJ.2020.11586

Dogan, E., Ulucak, R., Kocak, E., & Isik, C. (2020). The use of ecological footprint in estimating the Environmental Kuznets Curve hypothesis for BRICST by considering cross-section dependence and heterogeneity. *Science of the total environment*, *723*, 138063. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138063

Ehigiamusoe, K. U., & Lean, H. H. (2019). Effects of energy consumption, economic growth, and financial development on carbon emissions: evidence from heterogeneous income groups. *Environmental science and pollution research*, 26, 22611-22624. https://doi.org/10.1007/s11356-019-05309-5

Elsalih, O., Sertoglu, K., & Besim, M. (2020). Environmental performance, comparative advantage of crude oil and the role of institutional quality. *Environmental science and pollution research*, *27*, 3489–3496. https://doi.org/10.1007/s11356-019-06838-9

Esty, D. C., Levy, M., Srebotnjak, T., & de Sherbinin, A. (2005). *2005 environmental sustainability index: benchmarking national environ-mental stewardship*. Italy: Yale Center for Environmental Law & Policy.

Faisal, F., Tursoy, T., & Berk, N. (2018). Linear and non-linear impact of Internet usage and financial deepening on electricity consumption for Turkey: empirical evidence from asymmetric causality. *Environmental science and pollution research*, *25*, 11536–11555. https://doi.org/10.1007/s11356-018-1341-7

Fakher, H. A. (2019). Investigating the determinant factors of environmental quality (based on ecological carbon footprint index). *Environmental science and pollution research*, *26*, 10276-10291. https://doi.org/10.1007/s11356-019-04452-3

Fakher, H. A. (2020). Analytical insights on the relationship between economic growth and environmental degradation in framework of EKC hypothesis and various environmental indicators. *Innovation management and operational strategies*, *1*(3), 252-268. (**In Persian**). DOI: 10.22105/IMOS.2021.272348.1032

Fakher, H. A., & Abedi, Z. (2017). Relationship between environmental quality and economic growth in developing countries (based on environmental performance index). *Environmental energy and economic research*, *1*(3), 299-310. https://doi.org/10.22097/eeer.2017.86464.1001

Fakher, H. A., Abedi, Z., & Shaygani, B. (2018). Investigating the relationship between trade and financial openness with ecological footprint. *Quarterly journal of economical modelling*, *11*(40), 49-67. (**In Persian**). http://eco.iaufb.ac.ir/article_604867.html?lang=en

Fakher, H. A., Ahmadian, M., Abedi, Z., & Shaygani, B. (2018). Bayesian econometrics approach in determining of effecting factors on pollution in developing countries (based on environmental performance index). *Pollution*, *4*(3), 447-457. https://doi.org/10.22059/poll.2018.243987.335

Fakher, H. A., Panahi, M., Emami, K., Peykarjou, K., & Zeraatkish, S. Y. (2021a). Investigating marginal effect of economic growth on environmental quality based on six environmental indicators: does financial development have a determinative role in strengthening or weakening this effect? *Environmental science and pollution research*, *28*, 53679-53699. https://doi.org/10.1007/s11356-021-14470-9

Fakher, H. A., Panahi, M., Emami, K., Peykarjou, K., & Zeraatkish, S. Y. (2021b). New insight into examining the role of financial development in economic growth effect on a composite environmental quality index. *Environmental science and pollution research*, *28*, 61096-61114. https://doi.org/10.1007/s11356-021-15047-2

Fakher, H. A., Panahi, M., Emami, K., Peykarjou, K., & Zeraatkish, S. Y. (2021c). New insights into development of an environmental – economic model based on a composite environmental quality index: a comparative analysis of economic growth and environmental quality trend. *Environmental energy and economic research*, *5*(3), 1-24. DOI: 10.22097/EEER.2021.280746.1192

Fakher, H. A., Panahi, M., Emami, K., Peykarjou, K., & Zeraatkish, S. Y. (2021d). New insight into development of environmental - economic model based on a composite environmental quality index: an application of principal

components analysis. *Journal of decisions and operations research*, *6*(2), 183-210. (**In Persian**). DOI: 10.22105/DMOR.2021.276820.1334

Fallahi, F., Porebadallahan, M., Sadeghi, S. K., & Shokri, T. (In Press). Economic growth and environment quality: New evidence using continuous wavelet. *Quarterly journal of economic growth and development research*. (**In Persian**). DOI: 10.30473/EGDR.2020.49586.5499

Fathi Assi, A., Isiksal, A. Zh., & Tursoy, T. (2021). Renewable energy consumption, financial development, environmental pollution, and innovations in the ASEAN +3 group: evidence from (P-ARDL) model. *Renewable energy*, *165*(1), 689-700. https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.11.052

Fouquau, J., Hurlin, Ch., & Rabaud, I. (2008) The Feldstein-Horioka puzzle: a panel smooth transition regression approach. *Economic modelling*, *25*(2), 284-299. http://dx.doi.org/10.1016/j.econmod.2007.06.008

Global Footprint Network. (2019). *Ecological footprint explorer open data platform launches*. Retrieved June 20, 2020, from https://www.footprintnetwork.org/2017/04/05/ecological-footprint-explorer-open-data-platform-launches-april-5-2017/

Gonzalez, A., Terasvirta, T., & Van Dijk, D. (2005). *Panel smooth transition regression models*. RePEc:hhs:hastef:0604. Available at https://www.econstor.eu/handle/10419/56363

Haseeb, A., Xia, E., Danish, Baloc, M.A., & Abbas, K. (2018). Financial development, globalization, and CO2 emission in the presence of EKC: evidence from BRICS countries. *Environmental science and pollution research*, *25*, 31283-31296. https://doi.org/10.1007/s11356-018-3034-7

Ho, H. Ch., Wong, M. S., Man, H. Y., Shi, Y., & Abbas, S. (2019). Neighborhood-based subjective environmental vulnerability index for community health assessment: development, validation and evaluation. *Science of the total environment*, *654*, 1082–1090. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.136

Hosseini, S., Nader Khani, Z., & Yazdan Bakhsh, B. (2017). Evaluation of the environmental sustainability of Ahwaz with an emphasis on air pollution (Using FPPSI method). *Journal of natural environment*, *70*(2), 309-317. (**In Persian**). https://doi.org/10.22059/jne.2017.201026.1112

Hosseinzadeh, S. R., Khosrobeygi, R., Istgalday, M., & Shmsoddini, R. (2011). An assessment of environmental sustainability in urban areas using multi-criteria decision-making method - linear assignment (case study: City of Bandar Turkman). *Journal of studies of human settlements planning*, *6*(16), 31-51. (**In Persian**). http://jshsp.iaurasht.ac.ir/article_519130.html?lang=fa

Imamoglu, H. (2019). The role of financial sector in energy demand and climate changes: evidence from the developed and developing countries. *Environmental science and pollution research*, *26*, 22794–22811. https://doi.org/10.1007/s11356-019-05499-y

Iorember, P. T., Goshit, G. G., & Dabwor, D. T. (2020). Testing the nexus between renewable energy consumption and environmental quality in Nigeria: the role of broad-based financial development. *African development review*, *32*(2), 163-175. https://doi.org/10.1111/1467-8268.12425

Kargar Dehbidi, N., & Bakhshoodeh, M. (2019). Comparison of the Fossil and renewable energies impacts on Carbon Dioxide Emissions in OPEC and Asian countries without oil reserves. *Environmental researches*, *10*(19), 313-326. (**In Persian**). http://www.iraneiap.ir/article_102365.html

Kassi, D.F., Sun, G., & Ding, N. (2020). Does governance quality moderate the finance-renewable energy-growth nexus? Evidence from five major regions in the world. *Environmental science and pollution research*, *27*, 12152–12180. https://doi.org/10.1007/s11356-020-07716-5

Kazerooni, A., Asgharpur, A., & Nafisi Moghadam, M. (2020). The effect of political stability and democracy on economic growth in selected countries of the organization of Islamic cooperation: dynamic panel approach (SYS-GMM). *Quarterly journal of economic growth and development research*, *10*(39), 55-74. (**In Persian**). https://doi.org/10.30473/egdr.2018.41244.4880

Kongbuamai, N., Zafar, M.W., Zaidi, S.A.H., & Liu, Y. (2020). Determinants of the ecological footprint in Thailand: the influences of tourism, trade openness, and population density. *Environmental and resource economics*, *27*, 40171–40186. https://doi.org/10.1007/s11356-020-09977-6

Lisciandra, M., & Migliardo, C. (2017). An empirical study of the impact of corruption on environmental performance: evidence from panel data. *Environmental and resource economics*, *68*, 297–318. https://doi.org/10.1007/s10640-016-0019-1

Liu, D., Deng, Q., Ren, Z., Zhou, Z., Song, Z., Huang, J., & Hu, R. (2020). Variation trends and principal component analysis of Nitrogen Oxide emissions from motor vehicles in Wuhan City from 2012 to 2017. *Science of the total environment*, *704*, 134987. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134987

Long, X., & Ji, X. (2019). Economic growth quality, environmental sustainability, and social Welfare in China - provincial assessment based on Genuine Progress Indicator (GPI). *Ecological economics*, *159*, 157-176. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2019.01.002

Masoudi, N., Dahmardeh, N., & Esfandiyari, M. (2020). Impact of renewable energies, technical innovations and economic growth on Carbon Dioxide emissions. *Quarterly journal of economic growth and development research*, *10*(40), 35-54. (**In Persian**). https://doi.org/10.30473/egdr.2019.48361.5367

Mohammadi, N., Haji, G., & Fotros, M.H. (2020). The impact of combined fiscal decentralization on economic growth in proviences of Iran. *Quarterly journal of economic growth and development research*, *10*(38), 75-98. (**In Persian**). https://doi.org/10.30473/egdr.2019.46573.5221

Naghibi, M., & Tanhai Deilamghani, M. (2015). The impact of adjusted net savings on equality of social welfare in selected developing countries and the Middle East. *Fourth national conference and second international conference on accounting and management*, Tehran. (**In Persian**). https://civilica.com/doc/428116/

Naqvi, S. A. A., Shah, S. A. R., Anwar, S., & Raza, H. (2021). Renewable energy, economic development, and ecological footprint nexus: fresh evidence of renewable energy environment Kuznets curve (RKC) from income groups. *Environmental science and pollution research*, *28*, 2031–2051. https://doi.org/10.1007/s11356-020-10485-w

Nasreen, S., Anwar, S., & Ozturk, I. (2017). Financial stability, energy consumption and environmental quality: evidence from South Asian economies. *Renewable and sustainable energy reviews 67*, 1105–1122. https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.021

Nathaniel, S. P. (2020). Ecological footprint, energy use, trade, and urbanization linkage in Indonesia. *Geojournal*, *86*, 2057-2070. https://doi.org/10.1007/s10708-020-10175-7

Nathaniel, S., Anyanwu, O., & Shah, M. (2020). Renewable energy, urbanization, and ecological footprint in the Middle East and North Africa region. *Environmental science and pollution research*, *27*, 14601–14613. https://doi.org/10.1007/s11356-020-08017-7

Omoke, P. C., Nwani, C., Effiong, E. L., Evbuomwan, O. O., & Emenekwe, Ch. Ch. (2020). The impact of financial development on carbon, non-carbon, and total ecological footprint in Nigeria: new evidence from asymmetric dynamic analysis. *Environmental science and pollution research*, *27*, 21628-21646. https://doi.org/10.1007/s11356-020-08382-3

Ouyang, Y., & Li, P. (2018). On the nexus of financial development, economic growth, and energy consumption in China: new perspective from a GMM panel VAR approach. *Energy economics*, *71*, 238-252. https://doi.org/10.1016/j.eneco.2018.02.015

Ozcan, B., Apergis, N., & Shahbaz, M. (2018). A revisit of the environmental Kuznets curve hypothesis for Turkey: new evidence from bootstrap rolling window causality. *Environmental science and pollution research*, *25*, 32381-32394. https://doi.org/10.1007/s11356-018-3165-x

Ozcan, B., Tzeremes, P., Dogan, E. (2019). Re-estimating the interconnectedness between the demand of energy consumption, income, and sustainability indices. *Environmental science and pollution research*, *26*, 26500–26516. https://doi.org/10.1007/s11356-019-05767-x

Parto Afkanan, M., Gelard, P., & Naami, A. (2021). Design a pattern for restarting small and medium-sized failed entrepreneur's businesses using interpretive structural modeling and multi-criteria decision-making methods. *Journal of decisions and operations research*, *5*(4), 486-491. (**In Persian**). https://doi.org/10.22105/dmor.2020.252731.1236

Pesaran, M. H. (2021). General diagnostic tests for cross-sectional dependence in panels. *Empirical economics*, *60*, 13-50.

Peter, H. (2010). Determinants of the adjusted net saving rate in developing economies. *International review of applied economics*, *24*(5), 591-608. https://doi.org/10.1080/02692170903426070

Raei Dehaghi, M., & Mirhashemi, S.M. (2014). The role of institutional development indexes in attracting foreign investment in selected OPEC member countries. *Journal of applied research on industrial engineering*, *1*(5) 307-319. http://www.journal-aprie.com/article_43068.html

Rasoolizadeh, M., & Ziaee, S. (2019). Investigating the factors affecting CO 2 emissions in selected OECD countries using panel data model. *Journal of natural environment*, *72*(3), 339-352. (**In Persian**). https://doi.org/10.22059/jne.2019.273964.1621

Rizk, R., & Slimane, M. B. (2018). Modelling the relationship between poverty, environment, and institutions: a panel data study. *Environmental science and pollution research*, *25*, 31459–31473. https://doi.org/10.1007/s11356-018-3051-6

Saci, K., & Holden, K. (2008). Evidence on growth and financial development using principal components. *Applied financial economics*, *18*(19), 1549–1560. https://doi.org/10.1080/09603100701720286

Salahuddin, M., & Gow, J. (2019). Effects of energy consumption and economic growth on environmental quality: evidence from Qatar. *Environmental science and pollution research*, *26*, 18124-18142. https://doi.org/10.1007/s11356-019-05188-w

Salahuddin, M., Alam, K., Ozturk, I., & Sohag, K. (2018). The effects of electricity consumption, economic growth, financial development and foreign direct investment on CO2 emissions in Kuwait. *Renewable and sustainable energy reviews*, *81*(2), 2002-2010. https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.06.009

Shahbaz, M., Hye, A. Q. M., Tiwari, A. K., & Leitão, N. C. (2013). Economic growth, energy consumption, financial development, international trade and CO2emissions in Indonesia. *Renewable and sustainable energy reviews*, 25, 109-121. https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.04.009

Shahbaz, M., Shahzad S. J. H., & Kumar, M. (2017). Is globalization detrimental to CO2 emissions in Japan? new threshold analysis. *Environmental modeling and assessment*, *23*(5), 557-568. https://doi.org/10.1007/s10666-017-9584-0

Shoaei Naeini, Z., Mohammadi, P., & Husseinzadeh Kashan, A. (2020). Partner selection in strategic alliances using a combination of Multiple Attribute Decision making methods (Case study: an oil consortium). *Journal of decisions and operations research*, *5*(3), 330-361. (**In Persian**). DOI: 10.22105/DMOR.2020.240646.1190

Singh, N., & Aneja, R. (2019). Estimation of financial development of India: a PCA approach. *Journal of information and computational science*, *9*(12), 899-908.

Solarin, S. A., Al-Mulali, U., Musah, I., & Ozturk, I. (2017). Investigating the pollution haven hypothesis in ghana: an empirical investigation. *Energy*, *124*, 706-719. https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.02.089

Tarazkar, M. H., Kargar Deh Bidi, N., Esfanjari Kenari, R., & Ghorbaniyan Ghotb Abadi, E. (2020). The impact of economic growth on environmental degradation in Middle East region: application of ecological footprint. *Journal of natural environment*, *73*(1), 77-90. (**In Persian**). https://doi.org/10.22059/jne.2020.261850.1541

Tripathi, M., & Singal, S. K. (2019). Use of principal component analysis for parameter selection for development of a novel water quality index: a case study of river Ganga India. *Ecological indicators*, *96*, 430-436. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.09.025

Zafar, M.W., Saud, S., & Hou, F. (2019). The impact of globalization and financial development on environmental quality: evidence from selected countries in the Organization for Economic Co-operation and Development (OECD). *Environmental science and pollution research*, *26*, 13246-13262. https://doi.org/10.1007/s11356-019-04761-7

Zeinalzadeh, K., & Rezaei, E. (2017). Determining spatial and temporal changes of surface water quality using principal component analysis. *Journal of hydrology: regional studies*, *13*, 1-10. https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2017.07.002

Zhang, D., Shi, X., & Sheng, Y. (2015). Comprehensive measurement of energy market integration in East Asia: an application of dynamic principal component analysis. *Energy economics*, *52*(B), 299-305. https://doi.org/10.1016/j.eneco.2015.11.006

Zhong, X., & Enke, D. (2017). Forecasting daily stock market return using dimensionality reduction. *Expert systems with applications*, *67*, 126-139. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2016.09.027