

**Applied Economics Studies, Iran (AESI)**P. ISSN:2322-2530 & E. ISSN: 2322-472X - Journal Homepage: <https://aes.basu.ac.ir/>

Scientific Journal of Department of Economics, Faculty of Economic and Social Sciences, Bu-Ali Sina University, Hamadan, Iran. Owner & Publisher: Bu-Ali Sina University.

© Copyright © 2026 The Authors. Published by Bu-Ali Sina University.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

Bu-Ali Sina University

The Effect of Real Exchange Rate on Economic Complexity With Emphasis on Structural Changes in Iran

Maryam Sayaf Dezfoli¹ , Ebrahim Anvari² , Ahmad Salahmanesh³ ,
Behroz Sadeghi Amroabadi⁴ 

Type of Article: Research

 <https://doi.org/10.22084/aes.2026.32333.3887>

Received: 2026.02.12; Revised: 2026.04.26; Accepted: 2026.05.31

Pp: 147-181

Abstract

Since a more diversified and exclusive production structure is associated with a high level of industrialization, variables that affect the share of industry in GDP also affect the economic complexity and production capacities of countries. One of these variables is the exchange rate. Changes in the exchange rate, by increasing the cost of imported inputs, reduce the diversity of exports in the short term and have a negative effect on economic complexity. In this study, the effect of the real exchange rate on economic complexity with an emphasis on structural changes in the Iranian economy is examined using the Bayesian averaging method during the period 1974-1979. Accordingly, first, the structural change index in the Iranian economy is extracted using the principal components method and eleven economic, social, and political variables. Then, using this variable and other variables such as GDP per capita, government final consumption expenditure, degree of trade openness, natural resource rent, financial depth, population density, and education, the analysis is carried out. According to the model results, the economic complexity index is affected by three key variables: the intensity of structural change, the real exchange rate, and GDP per capita. The effect of structural change on economic complexity is negative and very weak. This factor can be related to the lack of attention to highly complex and high-tech export sectors in the industrialization process, which indicates dependence on limited and low-diversity goods. In other words, weak structural change or specific structural changes can prevent the promotion of economic complexity. In contrast, the real exchange rate has a positive effect, albeit with high uncertainty, on economic complexity, which is consistent with another research. This factor can indicate the moderating role of competitiveness in promoting the export structure.

Keywords: Real Exchange Rate, Structural Changes, Economic Complexity, Principal Component Analysis (PCA), Bayesian Averaging (BMA).

JEL Classification: F13, C30, L11.

1. Department of Economics, Faculty of Economics and Social Sciences, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.

2. Department of Economics, Faculty of Economics and Social Sciences, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran (Corresponding Author). **Email:** e.anvari@scu.ac.ir.

3. Department of Economics, Faculty of Economics and Social Sciences, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.

4. Department of Economics, Faculty of Economics and Social Sciences, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.

Citations: Sayaf Dezfoli, M., Anvari, E., Salahmanesh, A. & Sadeghi, B., (2026). The Effect of Real Exchange Rate on Economic Complexity With Emphasis on Structural Changes in Iran. *Journal of Applied Economics Studies in Iran*, 15(58): 147-181. <https://doi.org/10.22084/aes.2026.32333.3887>

Homepage of this Article: https://aes.basu.ac.ir/article_6762.html?lang=en

1. Introduction

Since a more diversified and less monopolized production structure is associated with a higher level of industrialization, the variables that affect the share of industry in gross domestic product (GDP) also influence economic complexity and the productive capacities of countries. One of these variables is the exchange rate. Exchange rate fluctuations, by increasing the cost of imported inputs, reduce export diversification in the short run and have a negative impact on economic complexity. In this study, the effect of the real exchange rate on economic complexity, with an emphasis on structural changes in Iran's economy, is examined over the period 1974–2023 using Bayesian Model Averaging (BMA). First, the structural change index of Iran's economy is extracted using the Principal Component Analysis (PCA) method and eleven economic, social, and political variables. Then, using this index along with other variables—GDP per capita, government final consumption expenditure, trade openness, natural resource rents, financial depth, population density, and education—the analysis is conducted.

In contrast, the real exchange rate has a positive effect—albeit with high uncertainty—on economic complexity, which is consistent with other studies. This reflects the role of competitiveness adjustment in improving export structures. GDP per capita shows a relatively strong positive effect, indicating a direct relationship between the level of economic development and economic complexity. The interaction model performs best among all models. In this model, structural change maintains a negative and persistent effect, while the interaction effect of the exchange rate and structural change on economic complexity is positive, whereas the exchange rate alone plays a limited role. Financial development has a relatively strong positive effect on economic complexity, indicating its complementary role. Natural resource rents show a weak negative effect, and finally, government consumption expenditure has a very weak negative effect, suggesting a limited role for the government in economic complexity.

2. Methodology

The aim of this article is to examine the effect of the real exchange rate on economic complexity with an emphasis on structural change in Iran's economy. Based on the existing literature and following the models of [Kuznets *et al.* \(2014\)](#), the structural change index is extracted. To examine the effect of real exchange rates on economic complexity, it is necessary to calculate the structural change variable. Studies in the field of structural change have used various methods to calculate this index, including the [Lillian Index \(LI\) \(1982\)](#), the [Dietridge Index \(2009\)](#), the [Modified Lillian Index \(MLI\)](#), the [ESC Effective Structural Change Index in Cardiveau \(2017\)](#), the research method of [Teixeira and Quiros \(2016\)](#), and the method presented by [McMillan and Roderick \(2011\)](#). A review of these methods shows that in some of them, one or a limited number of variables are entered as structural change indicators in an equation ([Sirquin, 1986 & Pender, 2003](#)). In some other studies, a large number of macroeconomic variables are considered individually in separate equations ([Branson *et al.*, 1998 & Chenery & Lillian 1975](#)). In short, most studies have been limited to analyzing labor mobility and productivity convergence between economic sectors to calculate structural change. This study, using the 2014 Kolbor study, attempts to fill this gap by providing a multidimensional index. In relation to why this method is used, it is worth mentioning that structural change includes several aspects of important changes in the economy.

One of the main attractions of Bayesian model averaging techniques is that they provide a coherent way to infer the regression parameters of interest by explicitly considering the uncertainty arising from the estimation and model selection steps (De Luca & Magnus 2011). The introduction of uncertainty is often in the context of including explanatory variables in the model, choosing dependent forms, or choosing the lag length of dynamic responses. As shown by Magnus & Durbin (1999) and Danilov & Magnus (2004), the model selection process is important and likely has non-negligible effects on the statistical properties of the estimators. The basic idea of Bayesian model averaging is that, despite the existence of many plausible models, inference based on a single model is not correct and one should average over all models.

3. Main Findings

It is recommended to avoid excessive reliance on single-product exports and to pursue targeted diversification of the export structure. Exchange rate policies should aim at maintaining real competitiveness rather than merely stabilizing the nominal exchange rate. In line with other results, investment in productive infrastructure and improvement of domestic productivity can provide an effective path toward increasing economic complexity and reducing dependence on primary exports. Therefore, sustainable export development requires synergy among industrial, exchange rate, and development policies. Low production productivity exposes society to problems such as higher production costs, lack of competitiveness in global markets, and declining product quality. Enhancing national productivity requires appropriate policy implementation. Governments should design policies that incentivize firms to produce more complex products. Public investment in infrastructure projects such as education, energy, airports, and highways can improve economic diversification. Thus, the findings emphasize the necessity of considering economic complexity in exchange rate policymaking.

4. Conclusion

According to the model results, the economic complexity index is affected by three key variables: the intensity of structural change, the real exchange rate, and GDP per capita. According to the results, structural change has been associated with a decrease in economic complexity. Most importantly, GDP per capita, with a positive and relatively strong effect, shows a direct link between the level of economic development and economic complexity. The real exchange rate, as a key indicator in open economies, plays an important role in shaping comparative advantages, sectoral resource allocation, and export structure. By affecting relative profitability across sectors, it can influence growth patterns, the complexity of the economic structure, and the pace of structural change. Since the collapse of the Bretton Woods fixed exchange rate system and the adoption of floating exchange rates in 1973, the effects of exchange rates on international trade volumes have been widely studied theoretically and empirically.

To conduct this research, the structural change index of Iran's economy was first constructed based on the studies of Kalmbor, Kuznets, and Chenery using the Principal Component Analysis method and eleven economic, social, and political variables, including: the share of agriculture, industry and mining, and services in GDP; the share of these sectors in employment; the ratio of total exports to GDP; the ratio of total imports to GDP; urbanization rate; mortality rate; and birth rate.

Using the first principal component as the structural change index and other variables—GDP per capita, government final consumption expenditure, trade openness, natural resource rents, financial depth, population density, and education—the analysis was conducted using Bayesian Model Averaging. Model 7, chosen as the best Bayesian structure based on posterior probability (PMP), shows that the Economic Complexity Index (ECI) is influenced by three key variables: export specialization intensity, the real exchange rate, and GDP. The results indicate that increased export concentration is associated with lower economic complexity, reflecting dependence on limited and low-diversity products. In contrast, the real exchange rate has a positive effect, highlighting its role in enhancing competitiveness. Most importantly, GDP has a relatively strong positive effect, indicating a direct link between economic development and export complexity, such that countries with higher productive capacity are better able to produce complex products.

Acknowledgments

The authors would like to appreciate the editor-in-chief and reviewers for their time and comments that helped improve the paper.

Observation Contribution

The authors contributed equally to the writing of the paper.

Conflict of Interest

The authors declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this paper.



فصلنامه علمی مطالعات اقتصادی کاربردی ایران
 شاپای چاپی: ۲۵۲۰-۲۳۲۲؛ شاپای الکترونیکی: ۴۷۲۲-۲۳۲۲ - وبسایت نشریه: <https://aes.basu.ac.ir>
 نشریه گروه اقتصاد، دانشکده علوم اقتصادی و علوم اجتماعی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.
 حق انتشار این مستند، متعلق به نویسنده(گان) آن است. ۱۴۰۵ - ناشر این مقاله، دانشگاه بوعلی سینا است.
 این مقاله تحت گواهی زیر منتشر شده و هر نوع استفاده غیرتجاری از آن مشروط بر استناد صحیح به مقاله و با رعایت شرایط مندرج در آدرس زیر مجاز است.
 آدرس زیر مجاز است.
 Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)



اثر نرخ ارز واقعی بر پیچیدگی اقتصادی با تأکید بر تغییرات ساختاری در اقتصاد ایران

مریم سیاف دزفولی^۱، ابراهیم انواری^۲، احمد صلاح منش^۳، بهروز صادقی عمرآبادی^۴

نوع مقاله: پژوهشی

شناسه دیجیتال: <https://doi.org/10.22084/aes.2026.32333.3887>

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۱/۲۴، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۵/۰۲/۰۶، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۳/۱۰
 صص: ۱۸۱-۱۴۷

چکیده

از آنجایی که ساختار تولیدی متنوع با سطح بالای صنعتی شدن مرتبط است، متغیرهایی که بر سهم صنعت در تولید ناخالص داخلی تأثیر می‌گذارند بر پیچیدگی اقتصادی و ظرفیت‌های تولیدی کشورها نیز تأثیر می‌گذارند. یکی از این متغیرها نرخ ارز می‌باشد. در این تحقیق، اثر نرخ ارز واقعی بر پیچیدگی اقتصادی با تأکید بر تغییرات ساختاری در اقتصاد ایران با استفاده از روش میانگین‌گیری بیزی طی دوره ۱۳۵۳-۱۴۰۲ ه.ش. بررسی شده است. بر این اساس، ابتدا شاخص تغییرات ساختاری در اقتصاد ایران با روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی و ۱۱ متغیر اقتصادی، اجتماعی و سیاسی استخراج شده است؛ سپس با استفاده از این متغیر و سایر متغیرهای تولید ناخالص داخلی سرانه، هزینه مصرف نهایی دولت، درجه باز بودن تجاری، رانت منابع طبیعی، عمق مالی، تراکم جمعیت و آموزش، تجزیه و تحلیل انجام شده است. مطابق نتایج مدل، شاخص پیچیدگی اقتصادی تحت تأثیر سه متغیر کلیدی شدت تغییر ساختاری، نرخ واقعی ارز و تولید ناخالص داخلی سرانه قرار داشته است. اثر تغییر ساختاری بر پیچیدگی اقتصادی منفی و بسیار ضعیف بوده است. این عامل را می‌توان به عدم توجه به بخش‌های صادراتی دارای پیچیدگی بالا و با فناوری بالا در فرآیند صنعتی شدن مرتبط کرد که نشان دهنده وابستگی به کالاهای محدود و کم‌تنوع می‌باشد. به عبارتی، تغییر ساختاری ضعیف یا تغییرات ساختاری خاص می‌تواند مانع ارتقای پیچیدگی اقتصادی شود. در مقابل، نرخ واقعی ارز اثر مثبتی بر پیچیدگی اقتصادی دارد، که با سایر تحقیقات همراه است. این عامل می‌تواند بیانگر نقش رقابت‌پذیری در ارتقای ساختار صادراتی باشد. تولید ناخالص داخلی سرانه با اثر مثبت و نسبتاً قوی، نشان دهنده پیوند مستقیم بین سطح توسعه اقتصادی و پیچیدگی اقتصادی است. اثر تعاملی بهترین عملکرد را در بین مدل‌ها داشته است. به طوری که متغیر تغییر ساختاری اثر منفی و پایداری در مدل داشته است. همچنین اثر تعاملی نرخ ارز در تغییر ساختار، بر پیچیدگی اقتصادی مثبت بوده است. در حالی که نرخ ارز به تنهایی نقش محدودی داشته است. متغیر توسعه مالی اثر مثبت نسبتاً قوی بر پیچیدگی اقتصادی داشته و نشانگر اثر کامل‌کننده توسعه مالی در ارتقا پیچیدگی اقتصادی بوده است. متغیر رانت منابع طبیعی اثر منفی ضعیف و جزئی و در نهایت متغیر هزینه‌های مصرفی دولت اثر منفی بسیار ضعیف داشته است؛ به عبارتی، دولت نقش زیادی بر پیچیدگی اقتصادی نداشته است.

کلیدواژگان: نرخ ارز واقعی، تغییرات ساختاری، پیچیدگی اقتصادی، تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA)، میانگین‌گیری بیزی (BMA).

طبقه‌بندی JEL: C30, L11, F13

۱. گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد و علوم اجتماعی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.

Email: m-sayafdezfooli@stu.scu.ac.ir

۲. گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد و علوم اجتماعی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران (نویسنده مسئول).

Email: e.anvari@scu.ac.ir

۳. گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد و علوم اجتماعی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.

Email: salahmanesh@scu.ac.ir

۴. گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد و علوم اجتماعی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.

Email: b.sadeghi@scu.ac.ir

ارجاع به مقاله: سیاف دزفولی، مریم؛ انواری، ابراهیم؛ صلاح منش، احمد؛ و صادقی، بهروز، (۱۴۰۵). اثر نرخ ارز واقعی بر پیچیدگی اقتصادی با تأکید بر تغییرات ساختاری در اقتصاد ایران. مطالعات اقتصادی کاربردی ایران، ۱۵(۵۸): ۱۴۷-۱۸۱. <https://doi.org/10.22084/aes.2026.32333.3887>
 صفحه اصلی مقاله در سامانه نشریه: https://aes.basu.ac.ir/article_6762.html?lang=fa

۱. مقدمه

اخيراً از تحلیل‌های پیچیدگی اقتصادی برای تحلیل تغییرات در الگوهای متنوع‌سازی، رشد اقتصادی، نابرابری درآمدی و جنسیتی و پایداری استفاده می‌شود. پیچیدگی اقتصادی به توانایی یک کشور در تولید کالاهای پیچیده و استفاده مؤثر از دانش در فرآیند تولید اشاره دارد. پیچیدگی اقتصادی استفاده از علم شبکه و تکنیک‌های یادگیری برای توضیح، پیش‌بینی و توصیه تغییرات در ساختارهای اقتصادی است. تمرکز بر ساختار اقتصادی با انگیزه کاری است که نشان می‌دهد این ساختارها پیامدهای کلان اقتصادی مهم، از رشد اقتصادی گرفته تا شدت انتشار گازهای گلخانه‌ای و نابرابری درآمد را توضیح داده و پیش‌بینی می‌کنند (هیدالگو^۱، ۲۰۲۳).

باوجود توسعه ادبیات پیچیدگی اقتصادی، بخش عمده مطالعات بر نقش آن در رشد اقتصادی، بهره‌وری، توسعه صنعتی و کیفیت نهادها متمرکز بوده‌اند (هیدالگو و هاسمن^۲، ۲۰۰۹؛ هاسمن^۳ و همکاران، ۲۰۱۳). ازسوی دیگر، مطالعات مرتبط با نرخ ارز واقعی عمدتاً آثار این متغیر را بر رشد اقتصادی، رقابت‌پذیری صادرات و عملکرد تجاری بررسی کرده‌اند (رودریک^۴، ۲۰۰۸؛ گالا^۵، ۲۰۰۷). اگرچه برخی مطالعات بین‌المللی نیز به بررسی ارتباط میان نرخ ارز واقعی و پیچیدگی اقتصادی پرداخته‌اند. این مطالعات عمدتاً در قالب تحلیل‌های چندکشوری یا چارچوب‌های نظری انجام شده‌اند و نقش تغییرات ساختاری و عدم قطعیت مدل کمتر موردتوجه قرار گرفته است (بریتو^۶ و همکاران، ۲۰۱۸؛ گابریل و میسیو^۷، ۲۰۱۸). این خلأ پژوهشی در اقتصاد ایران از اهمیت بیشتری برخوردار است؛ زیرا اقتصاد ایران به دلیل وابستگی به درآمدهای نفتی، نوسانات شدید نرخ ارز، تحریم‌های اقتصادی، تحولات ساختار تولید و تجارت خارجی و نااطمینانی‌های اقتصاد کلان، دارای ویژگی‌هایی است که می‌تواند رابطه میان نرخ ارز واقعی و پیچیدگی اقتصادی را تحت تأثیر قرار دهد؛ از این‌رو، تعمیم نتایج سایر کشورها به اقتصاد ایران با محدودیت همراه است.

محققان دریافته‌اند که کاهش واقعی نرخ ارز^۸ یک اقتصاد، صادرات آن را افزایش می‌دهد. رابطه بین صادرات و نرخ ارز و بررسی اثرات نرخ ارز با در نظر گرفتن سطوح مختلف پیچیدگی محصولات صادراتی با استفاده از شاخص پیچیدگی محصول^۹ و پیچیدگی اقتصادی^{۱۰} دارای اهمیت است. کالاهای پیچیده نسبت به کالاهای ساده برای تولید به قابلیت‌های پیچیده‌تری نیاز دارند؛ بنابراین، یافتن سریع جایگزین‌ها دشوارتر است. نرخ ارز باید تأثیر کمتری بر صادرات کالاهای پیچیده‌تر داشته باشد؛ به عبارتی کالاهای پیچیده باید کشش تقاضای کمتری داشته باشند (ابیاد^{۱۱} و همکاران، ۲۰۱۸). ناهمگونی بهره‌وری شرکت یا کارخانه در توضیح اثرات پیچیدگی اهمیت دارد. شرکت‌های با بهره‌وری بیشتر، در واکنش به کاهش ارزش پول داخلی، حاشیه سود خود را افزایش می‌دهند. حجم صادرات شرکت‌های با بهره‌وری بیشتر، حساسیت کمتری به تغییر نرخ ارز دارد (چن^{۱۲} و همکاران، ۲۰۲۳). همچنین برای شرکت‌ها در اقتصادهای پیچیده‌تر شامل اکثر اقتصادهای پیشرفته و همچنین آسیای نوظهور، تأثیر مثبت کاهش نرخ ارز واقعی بر رقابت‌پذیری قیمت بیشتر از تأثیر منفی مرتبط با افزایش هزینه کالاهای سرمایه‌ای وارداتی است؛

¹ Hidalgo

² Hidalgo & Hausmann

³ Hausmann

⁴ Rodrik

⁵ Gala

⁶ Brito et al.

⁷ Gabriel & Missio

⁸ Depreciation

⁹ Product Complexity Index

¹⁰ Economic Complexity Index

¹¹ Abiad

¹² Chen

اما در اقتصادهایی با درجه پیچیدگی پایین تر شامل همه مناطق بازار در حال ظهور این رابطه برعکس است (بریتو و همکاران، ۲۰۱۸).

تغییر ساختاری از تغییر در رشد بهره‌وری ایجاد می‌شود. یکی از کانال‌های انتقال، تأثیر بر ساختار تولیدی از طریق سودآوری شرکت‌ها است. نرخ ارز واقعی ممکن است با ارتقای تغییر ساختاری این بخش‌ها سودآوری برخی بخش‌ها را تحت تأثیر قرار دهد؛ به عبارتی، باعث تغییر در تخصیص منابع بین بخش‌های کشاورزی، صنعت و خدمات می‌شود (ایاسکو-پیرا و میسیو^۱، ۲۰۲۲). تحول ساختاری و پویایی ساختار تولیدی در قلب توسعه اقتصادی قرار دارد که در کشورهای در حال توسعه موفق، به تدریج ساختار تولید خود را تغییر می‌دهند و فعالیت‌های با ارزش افزوده پایین و کالاهای ساده را با فعالیت‌های با ارزش افزوده بالاتر و محصولات پیچیده‌تر جایگزین می‌کنند. شناسایی متغیرهای اثرگذار بر فعالیت‌های قابل تجارت مدرن از کانال تغییرات ساختاری دارای اهمیت است. سطح نرخ ارز واقعی یک متغیر مهم برای این فرآیند است. به این معنا که بر اساس استدلال اقتصاددانان توسعه کلاسیک (نوکسه^۲، میردال^۳، روزنشتاین-رودن^۴، هیرشمن^۵، پریبیش^۶ و فورتادو^۷)، با توجه به ویژگی‌های ذاتی این متغیر در هم‌افزایی بالا و اثرات پیوندی، تغییر ساختار تولیدی به سمت مزیت نسبی برای اقتصادهای در حال توسعه مطلوب است. نکته‌ای که باید بر آن تأکید شود این است که نرخ ارز واقعی به عنوان متغیر قادر به القای توسعه صنعتی و پیشرفت فنی مرتبط است؛ هرچند این رویکرد با مدل متعارف تیروال^۸ در مورد اهمیت نرخ ارز در توسعه اقتصادی فاصله دارد، اما به نظریهٔ پساکینزی دربارهٔ تحولات نظری و یافته‌های تجربی اهمیت نرخ ارز در تغییر و رشد ساختاری بسیار نزدیک است (گابریل و میسیو، ۲۰۱۸).

نتایج کلی، از منظر جهانی، نشان می‌دهد که کشورهایی که از نظر فنی پیشرفته هستند، تمایل به داشتن درجه بالاتری از تنوع صادرات دارند. اقتصادهای متکی به منابع اولیه از تنوع کمتری برخوردار هستند (ساتنارین-سینگ^۹ و همکاران، ۲۰۲۴). برای دستیابی به ارتقا جایگاه رقابت‌پذیری کشور، شناخت نیروهای محرک رقابت‌پذیری لازم است. برای این منظور، نرخ واقعی ارز به عنوان معیار رقابت قیمت خارجی با در نظر گرفتن تغییرات قیمت داخلی و جهانی دارای اهمیت است. به این ترتیب، جهت جلوگیری از خام فروشی و تکمیل زنجیره ارزش و رویکرد جهش اقتصادی به عنوان راهبرد تجاری و بازرگانی کشور، توجه به بررسی پیچیدگی اقتصادی مشخص شدن میزان اثرگذاری فناوری بر تولیدات کشور دارای اهمیت است. اقتصادهای متنوع و پیچیده، حساسیت کمتری نسبت به تغییرات نرخ ارز دارند. این کشورها می‌توانند تولید خود را تطبیق دهند، جانشین‌های بیشتر داشته باشند، محصولات جدید ایجاد کنند و کیفیت محصولات تولیدی خود را افزایش دهند. از سوی دیگر، اقتصادهای کمتر پیچیده، با توانایی کمتری برای نوآوری و قابلیت‌های تولیدی کمتر، بیشتر به سبب صادرات فعلی خود وابسته هستند؛ به عبارتی، تنوع بخشی وسیله‌ای برای کاهش بی‌ثباتی و تثبیت درآمد حاصل از صادرات غیرنفتی به ویژه برای کشورهای وابسته به منابع، با توجه به نوسانات قیمت انرژی است (گابریل و میسیو، ۲۰۱۸). کشورهای مختلف در حوزه تنوع و پیچیدگی اقتصادی نیاز به حرکت از طریق کیفیت توسعه اقتصادی و اهمیت فعالیت‌های دانش محور و تمرکز بر محصولات فناوری فشرده دارند.

^۱ Iasco-Pereira and Misso

^۲ Nurkse

^۳ Myrdal

^۴ Rosenstein-Rodan

^۵ Hirschman

^۶ Prebisch

^۷ Furtado

^۸ Thirlwall

^۹ Satnarine-Singh

ادبیات گسترده و رو به رشد در مورد عوامل تعیین کننده پیچیدگی اقتصادی مانند: نوآوری ها (نگوین و سو^۱، ۲۰۲۱)، اینترنت (لاپاتیناس^۲، ۲۰۱۹)، توسعه مالی (چو^۳، ۲۰۲۰) و جریان حواله های ارسالی^۴ (سعدی^۵، ۲۰۲۰) وجود داشته است. نقش نرخ ارز و به ویژه تغییر ساختار اقتصادی نیز در این زمینه اهمیت دارد.

باتوجه به این که نرخ ارز واقعی شاخصی برای درجه رقابت پذیری یک کشور می باشد و از طریق مجراهای مختلف می تواند بر پیچیدگی اقتصادی اثر بگذارد، در این تحقیق به بررسی اثرگذاری نرخ ارز واقعی بر پیچیدگی اقتصادی از مجرای تغییرات ساختاری و الگوهای تخصیص پرداخته شده است. ابتدا شاخص تغییر ساختاری با استفاده از روش تحلیل مؤلفه های اصلی (PCA)^۶ محاسبه شده و سپس با روش میانگین گیری بیزی (BMA)^۷ به بررسی اثر نرخ واقعی ارز بر پیچیدگی اقتصادی با تأکید بر تغییرات ساختاری در ایران پرداخته شده است. نوآوری پژوهش حاضر در سه محور قابل بیان است؛ الف) شاخص ترکیبی تغییرات ساختاری با استفاده از روش تحلیل مؤلفه های اصلی و با لحاظ ابعاد مختلف ساختار اقتصادی شامل ساختار تولید، ساختار اشتغال، تجارت خارجی و تحولات جمعیتی استخراج شده است. ب) از رویکرد میانگین گیری مدل بیزی به منظور کنترل عدم قطعیت مدل و شناسایی مهم ترین عوامل مؤثر بر پیچیدگی اقتصادی استفاده شده است. ج) بررسی این روابط در بستر اقتصاد ایران که از ویژگی های ساختاری متفاوتی نسبت به بسیاری از اقتصادهای مورد مطالعه در ادبیات موجود برخوردار است. بر این اساس، هدف اصلی پژوهش حاضر بررسی اثر نرخ ارز واقعی بر پیچیدگی اقتصادی ایران با تأکید بر تغییرات ساختاری و شناسایی عوامل مؤثر بر پیچیدگی اقتصادی در چارچوب رویکرد میانگین گیری مدل بیزی است.

پرسش های پژوهش: پرسش اصلی پژوهش، چگونگی تبیین نرخ ارز واقعی در حضور تغییرات ساختاری و سایر عوامل کلان اقتصادی، چه اثری بر پیچیدگی اقتصادی ایران دارد و جایگاه آن در میان عوامل مؤثر بر پیچیدگی اقتصادی است؟

این پژوهش در چهار بخش تنظیم شده است؛ بخش دوم به مبانی نظری و تحقیقات انجام شده می پردازد. در بخش سوم به روش پژوهش شامل: جمع آوری و توصیف داده ها، تجزیه و تحلیل نتایج مدل اختصاص یافته است. بخش چهارم به جمع بندی و نتیجه گیری و پیشنهادها اختصاص یافته است.

۲. مبانی نظری و سابقه تحقیقات انجام شده

۲-۱. مبانی نظری

از نظر «آدام اسمیت»، راز ثروت ملت ها به تقسیم کار مربوط می شود. با تخصص افراد و شرکت ها در فعالیت های مختلف، کارایی اقتصادی افزایش می یابد. در اقتصاد جهانی، تفاوت میان کشورها تا حد زیادی ناشی از تفاوت در قابلیت های تولیدی غیرقابل مبادله، نظیر دانش، مهارت، زیرساخت ها و کیفیت نهادها است. این قابلیت ها زمینه شکل گیری پیچیدگی اقتصادی را فراهم می کنند و تفاوت در سطح آن ها می تواند تفاوت عملکرد اقتصادی کشورها را توضیح دهد. در بازار با مقیاس زیاد شرکت کنندگان بیشتر تخصص داشته و تقسیم کار عمیق تر است. این نشان می دهد که ثروت و توسعه با پیچیدگی ناشی از تعاملات بین تعداد فزاینده فعالیت های فردی که با یک اقتصاد مطابقت دارند مرتبط هستند. حال، اگر همه کشورها از طریق یک بازار جهانی برای نهاده ها و ستانده ها به یکدیگر

¹ Nguyen and Su

² Lapatinas

³ Chu

⁴ Remittance Inflows

⁵ Saadi

⁶ Principal Component Analysis

⁷ Bayesian Model Averaging

متصل شوند، به‌طوری‌که از تقسیم کار در مقیاس جهانی بهره‌برداری کنند، تفاوت‌ها در سرانه تولید ناخالص داخلی در دو قرن گذشته را چگونه می‌توان تحلیل کرد. یک پاسخ احتمالی این است که برخی از فعالیت‌های فردی که از تقسیم کار شرح داده شده در بالا ناشی می‌شوند، مانند: حقوق مالکیت، مقررات، زیرساختار، مهارت‌های خاص نیروی کار و غیره، قابل واردات نیستند و بنابراین کشورها باید آن‌ها را به‌صورت محلی برای تولید در دسترس داشته باشند؛ از این‌رو، بهره‌وری یک کشور در تنوع توانایی‌های^۱ غیرقابل مبادله در دسترس آن است و بنابراین، تفاوت‌های درآمدی بین کشوری را می‌توان با تفاوت در پیچیدگی اقتصادی توضیح داد. همان‌طور که با تنوع قابلیت‌های موجود در یک کشور و تعاملات آن‌ها اندازه‌گیری می‌شود؛ بنابراین کشورها قادر خواهند بود محصولاتی را تولید کنند که تمام قابلیت‌های لازم برای آن‌ها را داشته باشند؛ از این‌رو، ارتباطات بین کشورها و محصولات، نشان‌دهنده وجود قابلیت‌ها در یک کشور است. مفهوم پیچیدگی اقتصادی برای اولین بار توسط گروهی از محققان دانشگاه‌های هاروارد و ام آی تی مطرح شده است. فرآیندهایی که کشورها از طریق آن‌ها توانمند می‌شوند و ویژگی‌های اقتصادی اثرگذار بر آن دارای اهمیت است. روش بازتاب^۲ یکی از روش‌ها برای تحلیل شاخص‌های پیچیدگی اقتصادی است. «هیدالگو» و «هاسمن» (۲۰۰۹) یک شاخص پیچیدگی اقتصادی (ECI) با هدف کمی‌سازی میزان دانش موجود در ساختار تولید یک کشور، قابلیت‌های صادراتی آن و ارتباط متقابل آن با بازار جهانی فعلی معرفی کردند که طبق گفته «چو» (۲۰۲۰)، این شاخص میزان دانش بهره‌وری است که یک کشور انباشته می‌کند (آوم و اندویا^۳، ۲۰۲۲).

پیچیدگی یک اقتصاد به‌عنوان تعدد دانش مفید تعبیه شده در سیستم اقتصادی است؛ به این ترتیب، برای این که یک جامعه پیچیده وجود داشته باشد و بتواند خود را حفظ کند، افرادی که درمورد طراحی، بازاریابی، امور مالی، فناوری، مدیریت منابع انسانی، عملیات و قانون تجارت می‌دانند باید بتوانند با تعامل و ترکیب دانش خود به تولید محصولات بپردازند. همین محصولات را نمی‌توان در جوامعی ساخت که بخش‌هایی از این قابلیت‌ها را ندارند؛ بنابراین، پیچیدگی اقتصادی در ترکیب بازده تولیدی یک کشور بیان می‌شود و ساختارهایی را که برای نگهداری و ترکیب دانش پدید می‌آیند را منعکس می‌کند (هاسمن و همکاران، ۲۰۱۳).

در چارچوب مدل «ماندل^۴-فلمینگ^۵»، نرخ ارز کمتر ارزش‌گذاری شده باعث می‌شود کالاهای داخلی در بازارهای خارجی رقابتی‌تر باشند. در نتیجه، رقابت‌پذیری بالاتر در بازارهای جهانی، سرمایه‌گذاری و تولید صنعتی را تحریک می‌کند. با این حال، اگر اقتصاد تا حد زیادی به کالاهای سرمایه‌ای وارداتی وابسته باشد، تقویت پول داخلی منجر به افزایش سرمایه‌گذاری و تولید صنعتی می‌شود. این اثرات متفاوت در نهایت می‌توانند سطوح مختلف توسعه و پیچیدگی اقتصادی و همچنین میزان مشارکت در تجارت بین‌المللی را منعکس کنند (سیزموویچ^۶ و همکاران، ۲۰۲۰). تغییر ساختاری شامل تنوع صنعتی به سمت فعالیت‌های مولدتر و دانش‌محورتر است. تغییر ساختاری را می‌توان با تخصیص مجدد فعالیت‌های اقتصادی در بخش‌های مختلف اقتصاد تعریف کرد. تغییر اهمیت نسبی اشتغال یا تولید صنعتی به سمت فعالیت‌های مولدتر که فرآیند تغییر ساختاری را تعریف می‌کند، موتور رشد اقتصادی بلندمدت و پایدار نیز هست (کالدارولا^۷ و همکاران، ۲۰۲۴). یکی از محوری‌ترین بینش‌ها درمورد توسعه اقتصادی این است که این فرآیند متضمن تغییرات ساختاری است. ادبیات مرسوم تأکید می‌کند که

¹ Capabilities

² Method of Reflections

³ Avom& Ndoya

⁴ Mundell

⁵ Fleming

⁶ Cizmović

⁷ Caldarola

تغییر ساختاری می‌تواند در نتیجه قانون «انگل»، یا روند رشد بهره‌وری یا ترکیبی از تبدیل به سیستم تولید و نیروی کار بخش‌های مختلف رخ دهد.

از نظر اقتصاددانان کلاسیک، رشد بهره‌وری از تغییر فعالیت‌های با تکنولوژی پایین به فعالیت‌های با کیفیت بالاتر، از طریق پیچیدگی‌های تکنولوژیکی ناشی می‌شود؛ به همین معنا، وقتی نیروی کار و سایر منابع از فعالیت‌های کم‌مولد به مولدتر حرکت می‌کنند، اقتصاد با نرخ‌های بالاتری رشد می‌کند؛ بنابراین کشورهایی با رشد بالا معمولاً کشورهایی هستند که توانسته‌اند تغییرات ساختاری افزایش‌دهنده رشد را تجربه کنند (برسر-پریرا، ۲۰۱۴). ویژگی‌های خاصی از بخش صنعتی وجود دارد که آن را به منبع پویایی و موتور رشد بلندمدت، عمدتاً برای کشورهای در حال توسعه تبدیل می‌کند. همان‌طور که این بخش توسعه می‌یابد، اثرات خارجی در بین شرکت‌ها و بخش‌های تولیدی، همراه با اثرات کلان اقتصادی و توزیعی آن‌ها ممکن است جهش‌های ناگهانی در روند رشد ایجاد کند یا ممکن است آن را مسدود کند. با انجام این کار، با توجه به ظرفیت فعالیت‌های صنعتی به عنوان بردارهای مهم پویایی در حال گسترش در اقتصاد، از طریق پیوندهای عقب و رو به جلو، می‌تواند مراحل متوالی رشد را ایجاد کند. این رویکردها به طور خلاصه نشان می‌دهد که پویایی ساختارهای تولید یک عامل تعیین‌کننده فعال رشد اقتصادی است (کالدور، ۱۹۶۷؛ رودریک، ۲۰۰۶؛ گابریل و مسیو، ۲۰۱۸). تغییرات ساختاری به الگوهای بلندمدت تکامل، تغییرات در محصولات، تشکیلات تولید اشاره دارد که منجر به ساختارهای صنعتی مختلف با تخصیص مجدد عوامل تولیدی در میان بخش‌های مختلف اقتصاد می‌شود که ناشی از انتخاب استراتژیک شرکت‌هایی است که به تغییر زمینه‌های رقابتی پاسخ می‌دهند.

معیار پیچیدگی اقتصادی^۴ با موفقیت ارزش نهفته دانش و قابلیت‌های زیربنایی اقتصاد مورد استفاده در تولید را به تصویر می‌کشد، و تأکید می‌کند که قابلیت‌ها در پیشبرد رشد آینده و فرصت‌های تجاری بسیار مهم هستند. شواهد تجربی ارائه شده نشان می‌دهد که ECI بخش بزرگی از تفاوت‌های بین کشوری در درآمد سرانه و رشد اقتصادی را به خود اختصاص می‌دهد و در مقایسه با معیارهای جایگزین کیفیت نهادی و حکمرانی، سرمایه انسانی و رقابت‌پذیری به عنوان پیش‌بینی‌کننده برتر رشد اقتصادی عمل می‌کند. براساس این تحلیل مزیت رقابتی پایدار مشروط به توسعه قابلیت‌های پویا توسط شرکت‌ها است و بینش‌های ارائه شده توسط نظریه‌های درون‌زای رشد اقتصادی را بیشتر می‌کند. این امر پیامدهای سیاستی مهمی را با نشان دادن مناطقی ارائه می‌کند که در آن تلاش‌های توسعه اقتصادی باید بیشترین هدف را داشته باشد، یعنی این که کدام قابلیت‌ها بیشترین دستاوردها را از نظر تنوع و رشد تولید به ارمغان می‌آورند و کدام قابلیت‌ها برای مسیر توسعه یک کشور ممکن است. با تمرکز تلاش‌ها برای اصلاحات ساختاری روی محصولات پیچیده‌تر، کشورها می‌توانند از همگرایی سریع بدون قید و شرط در ارزش‌های واحد محصول در سراسر کشورها بهره ببرند و در نتیجه به مسیری با رشد بالا بپیوندند. به علاوه، تحلیل «هاسمن» و همکاران (۲۰۱۳) به شدت نظریه‌های تجاری سنتی «ریکاردین» و «هکشر-اوهلین» را به چالش می‌کشد که پیش‌بینی می‌کنند توسعه‌یافته‌ترین اقتصادها تنها چند محصول با درجه تخصصی بالا تولید خواهند کرد. این مسئله بینش جدیدی را در مورد ساختار پیش‌بینی شبکه محصول کشور و رابطه معکوس بین تنوع و فراگیر بودن تولید ارائه می‌کند (هیکسون، ۲۰۱۷). به طور خاص، از آنجایی که نرخ ارز مؤثر واقعی^۶ قیمت نسبی محصولات قابل مبادله و غیرقابل تجارت است، کاهش نرخ ارز باید سودآوری و اندازه بخش صنعت را افزایش دهد (رودریک، ۲۰۰۸). کاهش ارزش واقعی نرخ ارز رشد را تسریع می‌کند. یکی از کانال‌های تأثیر نرخ

^۱Bresser-Pereira

^۲Kaldor

^۳Rodrik

^۴ECI

^۵Hickson

^۶Real effective exchange rate (REER)

واقعی ارز بر رشد اقتصادی از طریق تأثیر آن بر تغییرات ساختاری در بخش صنعت و اقتصاد و تخصیص مجدد سرمایه و سایر عوامل تولید است؛ به عبارتی، رشد صادرات برای توسعه اقتصادی و نقش مهم نرخ ارز مؤثر واقعی در این فرآیند دارای اهمیت است. سطح نرخ واقعی ارز بر قیمت نسبی کالاهای قابل مبادله و غیرقابل تجارت در کشور و در نتیجه ساختار و نرخ رشد اقتصاد تأثیر می‌گذارد (باربوسا فیلهو^۱، ۲۰۰۶). تخصیص مجدد منابع در اقتصاد، ناشی از کاهش ارزش واقعی ارز، توسعه بخش صادرات صنعتی را تحریک می‌کند و ساختار اقتصادی جدیدی ایجاد می‌کند که بر رشد اقتصادی بلندمدت تأثیر می‌گذارد (رودریک، ۲۰۰۸). کاهش مستمر نرخ ارز اسمی، به منظور حفظ سطح نرخ واقعی ارز در زیر سطح اولیه، در بلندمدت اثر انبساطی دارد. این اثر برای نشان دادن تأثیر مثبت ناشی از کاهش قیمت‌های صادراتی و ایجاد تغییرات ساختاری در تولیدات صنعتی برای صادرات کافی است (سیزموویچ و همکاران، ۲۰۲۰؛ کمین و کلاو^۲، ۱۹۹۸). پارادوکس فراوانی^۳ یا نفرین منابع طبیعی^۴ بیان می‌کند که کشورهایی با ذخایر بیشتر منابع طبیعی، رشد کندتری نسبت به کشورهای دارای کمبود منابع دارند. این پدیده از طریق کانال‌هایی مانند بیماری هلندی^۵ عمل می‌کند، که در آن صادرات منابع طبیعی باعث افزایش ارزش پول می‌شود، سایر صادرات را دلسرد می‌کند و صنعتی شدن را از بین می‌برد. تنوع پایین تولید منجر به آسیب‌پذیری بیشتر در برابر نوسانات تجاری و مسائل مختلف اجتماعی-اقتصادی می‌شود (کلی^۶ و همکاران، ۲۰۲۴). در مورد تأثیرات رانت منابع طبیعی بر تنوع و پیچیدگی، فرضیه‌ای که عمدتاً در ادبیات مورد استفاده قرار می‌گیرد، «بیماری هلندی» نامیده می‌شود، این فرضیه نشان می‌دهد که توسعه اقتصادی بخش منابع طبیعی ممکن است منجر به کاهش در سایر بخش‌ها شود و در نهایت ممکن است برای رشد اقتصادی مضر باشد. استدلال می‌شود که رانت بالای منابع معمولاً به دلایل مختلف بر اقتصاد تأثیر منفی می‌گذارد؛ اول، رانت منابع طبیعی می‌تواند باعث شود کارآفرینان بیشتر بر فعالیت‌های رانت‌جویانه به جای کارهای تولیدی تمرکز کنند. «ساکس» و «وارنر»^۷ (۱۹۹۹) اظهار می‌کنند که فراوانی منابع می‌تواند انگیزه یک کشور را برای انباشت سرمایه فیزیکی و انسانی کاهش دهد و باعث شود کشور با صنایع با فناوری پایین محدود شود. به طور مشابه، لیمر^۸ و همکاران (۱۹۹۹) استدلال می‌کنند که فراوانی منابع طبیعی تأثیر نامطلوبی بر ارتقا فناوری دارد. در یک مطالعه اخیر، «کامارگو» و «گالا»^۹ (۲۰۱۷) دریافتند که بیماری هلندی منجر به پیچیدگی اقتصادی کمتر می‌شود (یالتا و یالتا^{۱۰}، ۲۰۲۱).

بر اساس مبانی نظری ارائه شده، پیچیدگی اقتصادی حاصل برهم‌کنش مجموعه‌ای از عوامل اقتصادی، ساختاری و نهادی است که از طریق انباشت دانش، توسعه قابلیت‌های تولیدی و تنوع بخشی به ساختار تولید و صادرات شکل می‌گیرد. در این چارچوب، نرخ ارز واقعی از طریق تغییر رقابت‌پذیری بین‌المللی، تخصیص مجدد منابع، توسعه فعالیت‌های صنعتی و تغییر ترکیب صادرات بر پیچیدگی اقتصادی اثرگذار است. همچنین، تغییرات ساختاری به عنوان فرآیند تحول در ساختار تولید، اشتغال، تجارت خارجی و ویژگی‌های جمعیتی، زمینه انتقال منابع از فعالیت‌های کم بهره‌ور به فعالیت‌های دانش بنیان و با ارزش افزوده بالاتر را فراهم می‌کند و می‌تواند مسیر ارتقای پیچیدگی اقتصادی را تسهیل کند. از سوی دیگر، تولید ناخالص داخلی سرانه، باز بودن تجاری، عمق مالی و آموزش

¹ Barbosa-Filho

² Kamin & Klau

³ Paradox of abundance

⁴ Natural resources

⁵ Dutch disease

⁶ Kelly

⁷ Sachs and Warner

⁸ Leamer

⁹ Camargo and Gala

¹⁰ Yalta and Yalta

از طریق تقویت سرمایه انسانی، توسعه ظرفیت‌های تولیدی، تسهیل انتقال دانش و افزایش توان رقابتی اقتصاد، نقش مثبتی در ارتقای پیچیدگی اقتصادی ایفا می‌کند. در مقابل، وابستگی به رانت منابع طبیعی می‌تواند با ایجاد تمرکز در ساختار تولید و صادرات، محدود شدن تنوع فعالیت‌های اقتصادی و تضعیف انگیزه نوآوری، مانعی برای توسعه پیچیدگی اقتصادی باشد. بر این اساس، انتظار می‌رود پیچیدگی اقتصادی در اقتصاد ایران تحت تأثیر هم‌زمان نرخ ارز واقعی، تغییرات ساختاری و سایر عوامل کلان اقتصادی قرار گیرد و شدت و جهت این اثرات متأثر از ویژگی‌های ساختاری اقتصاد کشور باشد.

۲-۲. سابقه تحقیقات انجام شده

«مشیری» و «التجائی» (۱۳۸۷) اثر تغییرات ساختاری بر رشد اقتصادی کشورهای تازه صنعتی شده را بررسی کردند. در این تحقیق از یک مدل تلفیقی برای ۱۱ کشور تازه صنعتی شده طی دوره ۲۰۰۴-۱۹۸۸م. استفاده شده است. در این تحقیق از تکنیک تحلیل مؤلفه‌های اصلی و تحلیل عامل پویا نسبت به استخراج یک شاخص ترکیبی از تغییر ساختاری از میان متغیرهای اولیه استفاده شده است. مطابق نتایج این تحقیق، تغییرات ساختاری از طریق کانال عدم تعادل، هم‌نوا و هم‌شکل نبودن بازدهی عوامل تولید در میان بخش‌ها و باز تخصیص منابع به بخش‌های دارای تخصص و بهره‌وری بالاتر به‌ویژه در عرصه‌های صنعتی و در آخر متناسب با هر مرحله رشد اقتصاد در راستای نیل به مراحل پیشرفته‌تر، بر رشد اقتصادی تأثیر به‌سزا و مثبتی گذاشته است.

«بهشتی» و همکاران (۱۳۹۷) تحلیل تغییرات ساختاری و مزیت رقابتی بخش‌های اقتصادی استان‌های کشور را با استفاده از مدل تغییر سهم پویای فضایی بررسی کردند. در این تحقیق نقش استان‌های کشور در دوره ۱۳۹۳-۱۳۷۹ ه.ش. در جهت تحقق رشد سال‌های برنامه ششم توسعه کشور در بخش‌های نه‌گانه نفت، کشاورزی، صنعت، سایر معادن، آب، برق و گاز، ساختمان، حمل و نقل، انبارداری، ارتباطات و سایر خدمات بررسی شده است. همچنین مطابق مزیت رقابتی یا مزیت نسبی هر استان در این بخش‌ها مشخص گردید، مطابق نتایج سرجمع اثر تغییرات ساختاری در تمام استان‌ها مثبت بوده، ولی سرجمع اثر رقابتی ملی در تمام استان‌ها منفی بوده و تولید اکثر بخش‌ها در آینده به دلیل مشکل در جذب سرمایه دچار مشکل خواهند شد.

«عزیزی» (۱۳۹۸) با استفاده از یک الگوی رگرسیون انتقال ملایم، اثرپذیری مصرف انرژی از پیچیدگی اقتصادی ایران طی دوره زمانی ۱۳۹۲-۱۳۵۵ ه.ش. را مورد ارزیابی قرار دادند. مطابق برخی از نتایج، وجود رابطه غیرخطی بین متغیرهای درآمد سرانه، شاخص قیمت حقیقی انرژی و پیچیدگی اقتصادی با مصرف انرژی سرانه تأیید شده است.

«رحیمی» و همکاران (۱۴۰۰) اثر شاخص پیچیدگی اقتصادی بر رشد اقتصادی کشورهای منات^۱ (۲۰۰۸-۲۰۱۷) را بررسی کردند. در این تحقیق از داده‌های پانل و مدل گشتاورهای تعمیم‌یافته^۲ به تبیین نقش شاخص پیچیدگی اقتصادی در رشد اقتصادی ۱۳ کشور منتخب منات برای ۱۰ سال پرداخته شده است. نتایج نشانگر رابطه مثبت متغیر شاخص پیچیدگی اقتصادی و سرمایه انسانی و همچنین رابطه منفی و معنی‌دار متغیرهای سرانه تشکیل سرمایه فیزیکی، اندازه دولت و حجم تجارت بوده است.

«محمدی‌خیاره» و «زیوری» (۱۴۰۱) تأثیر پیچیدگی اقتصادی بر رشد اقتصادی کشورهای منتخب را با استفاده از روش خود رگرسیونی پنل دیتا^۳ بررسی کردند. در این تحقیق رابطه پیچیدگی اقتصادی بر رشد اقتصادی در ۱۱ کشور نوظهور در دوره زمانی ۲۱ ساله با استفاده از متغیرهای سرمایه انسانی، تورم، سرمایه‌گذاری مستقیم

^۱ MENAT

^۲ GMM

^۳ Panel ARDL

خارجی، نرخ تشکیل سرمایه ثابت ناخالص داخلی، نرخ رشد جمعیت، باز بودن تجاری و کیفیت حکمرانی خوب بر رشد اقتصادی در کوتاه مدت و بلندمدت بررسی شده است. نتایج بیانگر رابطه مثبت پیچیدگی اقتصادی بر رشد اقتصادی در بلندمدت بوده، ولی در کوتاه مدت تأثیر مثبت پیچیدگی اقتصادی بر رشد اقتصادی از نظر آماری معنادار نشده است.

«جواهری» و همکاران (۱۴۰۳) تأثیر پیچیدگی اقتصادی و ردپای اکولوژیکی بر رشد اقتصادی کشورهای اوپک را بررسی کرده اند. در این تحقیق از روش گشتاورهای تعمیم یافته با داده های تابلویی در بازه زمانی ۲۰۲۰-۱۹۹۵م. و روش گشتاورهای تعمیم یافته^۱ یک مرحله ای و دو مرحله ای استفاده شده است. مطابق نتایج شاخص پیچیدگی اقتصادی بر رشد اقتصادی کشورهای سازمان اوپک تأثیر مثبت و کاملاً بامعنایی داشته است. همچنین شاخص ردپای اکولوژیکی دارای تأثیر منفی و کاملاً معناداری بر رشد این گروه کشورها بوده است.

«انوری» و همکاران (۱۴۰۳) با استفاده از تحلیل درجه عبور و ناقص و نامتقارن نرخ ارز در کوتاه مدت و بلندمدت، اثر تقاطعی رژیم های مثبت و منفی پولی را بررسی کردند. این تحقیق با استفاده از مدل «مارکوف سوئیچینگ» طی دوره ۱۳۹۶-۱۳۶۵ ه.ش. و متغیرهای درجه باز بودن تجاری، قیمت نفت و شوک های مثبت و منفی نرخ ارز و روش غیرخطی خودرگرسیون با وقفه های توزیعی انجام شده است. مطابق برخی از نتایج این تحقیق رژیم های مثبت و منفی پولی در کوتاه مدت و بلندمدت اثرات نامتقارنی بر درجه عبور نرخ ارز به شاخص قیمت مصرف کننده داشته است.

«بریتو» و همکاران (۲۰۱۸) ارتباط نرخ ارز واقعی، پیچیدگی اقتصادی و سرمایه گذاری را بررسی کرده اند. این تحقیق شامل ۳۹ کشور در حال توسعه و بازارهای نوظهور و ۳۲ کشور پیشرفته و توسعه یافته در دوره زمانی ۲۰۱۶-۱۹۹۵م. بوده است. نتایج نشان داد که رابطه بین رشد نرخ ارز واقعی و سرمایه گذاری شرکتی در مناطق مختلف متفاوت بوده، همچنین برای کشورهایی که پیچیدگی کمتری دارند، ضریب رشد نرخ ارز واقعی مثبت بوده، درحالی که برای کشورهای در چارک بالایی پیچیدگی و یکپارچگی ضریب منفی بوده، که نشان می دهد برای گروه دوم، داشتن نرخ ارز واقعی پایین تر (یعنی ضعیف تر) با سرمایه گذاری بالاتر در سطح شرکت همراه است. در مقابل، برای اقتصادهای با پیچیدگی اقتصادی کمتر، سرمایه گذاری در سطح شرکت با تقویت پول داخلی افزایش یافته است.

«گابریل» و «مسیو» (۲۰۱۸) به بررسی روابط متقابل بین نرخ ارز واقعی و پیچیدگی اقتصادی در مدل رشد محدود شده تراز پرداخت ها بین دو منطقه توسعه یافته و در حال توسعه پرداختند. مطابق نتایج، در سطوح بالاتر پیچیدگی اقتصادی بسته به بزرگی کشش های تجارت بین المللی، تأثیرات نوآوری، موجودی دانش و سرمایه انسانی بر نرخ رشد تأثیرگذار بوده است. همچنین تخمین داده های تابلویی از یک نمونه ناهمگن از کشورها نشان داد نرخ ارز واقعی^۲ بیش از حد ارزش گذاری شده می تواند ناهمگنی ساختاری را تسریع کرده و به طور خاص بر بخش صنعت تأثیر منفی بگذارد. شواهد تجربی نشان می دهد که نرخ ارز واقعی کمتر از حد ارزش گذاری شده و بالاتر بودن سهم تولید در نمونه کشورهای در حال توسعه اثرات مثبت و معناداری بر سطوح پیچیدگی اقتصادی داشته است.

«کن»^۳ و همکاران (۲۰۲۳) به تحلیل تأثیر باز بودن تجارت، تمرکز صادرات و پیچیدگی اقتصادی بر تقاضای انرژی در میان کشورهای G7 پرداختند. این تحقیق طی دوره ۲۰۲۰-۱۹۷۰م. به طور جداگانه، مقیاس باز بودن تجاری و اثر ترکیب و تمرکز صادرات را با در نظر گرفتن اثر پیچیدگی اقتصادی بر مصرف انرژی کشورهای

¹ GMM

² Real exchange rate (RER)

³ Can

نمونه G7 را بررسی کرده است. نتایج تجزیه و تحلیل نشان داد که یک رابطه بلندمدت مثبت بین درآمد سرانه، شهرنشینی، باز بودن تجارت، تمرکز صادرات، پیچیدگی اقتصادی و مصرف انرژی در سه مدل وجود داشته است. علاوه بر این، یافته‌های تجربی نشان داد که باز بودن تجارت باعث افزایش مصرف انرژی شده است.

«چن» و همکاران (۲۰۲۳) اثرات نرخ ارز بر صادرات چین با توجه به پیچیدگی محصول و کشش نرخ ارز را برای ۱۲۴۲ کالای صادراتی در سطح HS-4 رقمی از سال ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۸ م. بررسی کردند. این تحقیق با استفاده از داده‌های تجارت دوجانبه بین چین و ۱۹۰ شریک اقتصادی انجام شده است. در این تحقیق مشخص شد که سطح پیچیدگی محصولات بر اثر تغییرات نرخ ارز بر صادرات تأثیر گذاشته است. همچنین افزایش واقعی ارزش ارز با کاهش صادرات همراه بوده و حساسیت صادرات به نرخ ارز با پیچیده‌تر شدن محصولات کاهش یافته است. مطابق با تحقیق (هیدالگو^۱ و همکاران، ۲۰۰۷) مطالعات پیچیدگی اقتصادی در ابتدا با معرفی مفهوم «فضای محصول» و تحلیل شبکه‌ای ساختار تولید و تجارت کشورها آغاز شد که نشان می‌داد توسعه اقتصادی به قابلیت‌های انباشته‌شده در اقتصاد وابسته است؛ سپس (هیدالگو و هاسمن، ۲۰۰۹) چارچوب نظری از پیچیدگی اقتصادی را با تأکید بر وجود تفاوت درآمد کشورها به دلیل تفاوت در دانش و قابلیت‌های تولیدی آن ارائه کردند. در ادامه (هاسمن و همکاران، ۲۰۱۳) با بسط نظریه‌ها نشان دادند که شاخص پیچیدگی اقتصادی می‌تواند رشد اقتصادی بلندمدت کشورها را بهتر از بسیاری از شاخص‌های سنتی پیش‌بینی کند. به‌طوری‌که مطالعات بعدی (تاچالا^۲ و همکاران، ۲۰۱۲) رابطه مثبت پیچیدگی اقتصادی با تحول ساختاری، تنوع صادرات و ارتقای فناوری را تأیید کردند. در نیمه دوم دهه ۲۰۱۰ م.، دامنه تحقیقات به موضوعاتی نظیر نوآوری، بهره‌وری، سرمایه انسانی و نابرابری درآمدی گسترش یافت و شواهدی مبنی بر ارتباط مثبت میان پیچیدگی اقتصادی و ظرفیت نوآوری کشورها ارائه شد. همچنین شاخص‌های جایگزین برای سنجش قابلیت‌های اقتصادی معرفی شدند. مطالعات اخیر (سیلوا جونیور^۳ و همکاران، ۲۰۲۱؛ هیدالگو و هاسمن، ۲۰۰۹) نشان می‌دهند که پیچیدگی اقتصادی به یکی از مهم‌ترین چارچوب‌های تحلیلی در اقتصاد توسعه تبدیل شده است و کاربرد آن به حوزه‌هایی مانند پایداری محیط‌زیستی، اقتصاد سبز، اقتصاد دیجیتال و تاب‌آوری اقتصادی گسترش یافته است.

مرور تحقیقات نشان می‌دهد وابستگی شاخص‌های موجود به داده‌های صادراتی و ابهام در اندازه‌گیری مستقیم قابلیت‌ها همچنان از مهم‌ترین چالش‌های پژوهشی این حوزه محسوب می‌شود که در این تحقیق ارتباط نرخ ارز و پیچیدگی مورد بررسی قرار گرفته است.

۳. روش پژوهش

۳-۱. محاسبه متغیر تغییرات ساختاری

برای بررسی اثر نرخ ارز واقعی بر پیچیدگی اقتصادی نیاز به محاسبه متغیر تغییرات ساختاری است. مطالعات صورت گرفته در حوزه تغییر ساختاری، از روش‌های مختلفی برای محاسبه این شاخص از جمله شاخص (LI) «لیلین»^۴ (۱۹۸۲)، شاخص «دیتریخ»^۵ (۲۰۰۹)، شاخص لیلین تعدیل‌یافته^۶ (MLI)، شاخص تغییر ساختاری مؤثر^۷ (ESC)، روش پژوهش «تسیرا» و «کواپروس»^۸ (۲۰۱۶) و روش ارائه شده توسط «مک میلان» و «رودریک»^۹ (۲۰۱۱)

^۱ Hidalgo et al.

^۲ Tacchella et al.

^۳ Silva Junior

^۴ Lilien index

^۵ Dietrich

^۶ Modified Lilien index

^۷ Effective structural change

^۸ Teixeira & Queiros

^۹ McMillan & Rodrik

استفاده کرده‌اند. بررسی این روش‌ها نشان می‌دهد در برخی از آن‌ها، یک یا شمار محدودی از متغیرها به‌عنوان شاخص تغییر ساختاری در یک معادله وارد شده‌اند (سیرکون^۱؛ پندر^۲، ۲۰۰۳). در برخی پژوهش‌های دیگر شمار گسترده‌ای متغیرهای اقتصاد کلان به‌صورت انفرادی در معادلات جداگانه در نظر گرفته شده‌اند (برانسون^۳ و همکاران، ۱۹۹۸؛ چنری و سیرکون^۴، ۱۹۷۵). به‌طور خلاصه برای محاسبه تغییرات ساختاری اساس اکثر مطالعات به تحلیل جابه‌جایی نیروی کار و همگرایی بهره‌وری بین بخش‌های اقتصادی محدود شده است. این مطالعه با استفاده از مطالعه «کلبر»^۵ (۲۰۱۴) سعی دارد با ارائه یک شاخص چند بُعدی این شکاف را پر کند. در ارتباط با چرایی استفاده از این روش قابل ذکر است که تغییرات ساختاری شامل چندین جنبه از تغییرات مهم در اقتصاد می‌شود. از آنجا که در یک مدل اقتصادسنجی در نظر گرفتن تک‌تک این متغیرها به‌طور هم‌زمان نیازمند شمار بسیاری مشاهده است و در عمل، مشکلاتی مانند افزایش احتمال هم‌خطی میان متغیرهای توضیحی را به‌وجود می‌آورد، باید به دنبال راهی برای کاهش بُعد متغیرهای ساختاری اولیه به‌صورت یک یا چند نماینده مناسب به‌عنوان شاخص تغییر ساختاری باشیم؛ بنابراین در این پژوهش برای بررسی چند بُعدی تغییرات ساختاری از یک شاخص ترکیبی، متشکل از متغیرهای مهم کلان اقتصادی که با استفاده از فنون مؤلفه‌های اصلی به‌دست می‌آید، استفاده می‌کنیم. برای تفسیر چنین مجموعه داده‌های بزرگی، روش‌هایی مورد نیاز است که ابعاد آن‌ها را به‌طور قابل تفسیری کاهش دهند، به‌طوری‌که بیشتر اطلاعات موجود در داده‌ها حفظ شود. تکنیک‌های زیادی برای این منظور توسعه داده شده‌اند، اما تحلیل مؤلفه‌های اصلی^۶ (PCA) یکی از قدیمی‌ترین و پرکاربردترین آن‌هاست. ایده آن کاهش ابعاد یک مجموعه داده، تا حد امکان «تغییرپذیری» (یعنی اطلاعات آماری) حفظ می‌شود. اولین منابع در مورد PCA به «پیرسون»^۷ و «هتلینگ»^۸ برمی‌گردد؛ اما تا دهه‌ها بعد که کامپیوترهای الکترونیکی به‌طور گسترده در دسترس قرار نگرفتند، استفاده از آن در مجموعه داده‌هایی که به‌طور جزئی کوچک نبودند، از نظر محاسباتی امکان‌پذیر نبود (جولیف و کادیمما^۹، ۲۰۱۶). این روش با شناسایی مؤلفه‌های غیرهمبسته که بیشترین واریانس را به خود اختصاص می‌دهند، داده‌ها را ساده می‌کند و تجزیه و تحلیل را سریع‌تر و کارآمدتر می‌سازد (جادی^{۱۰}، ۲۰۲۵). PCA با حداقل تلاش، نقشه‌راهی برای چگونگی کاهش یک مجموعه داده پیچیده به ابعاد پایین‌تر ارائه می‌دهد تا ساختارهای گاهی پنهان و ساده‌شده زیربنای آن را آشکار سازند (شلنز^{۱۱}، ۲۰۱۴).

۲-۳. روش برآورد بیزی

یکی از جذابیت‌های اصلی تکنیک‌های میانگین‌گیری مدل بیزی این است که با در نظر گرفتن صریح عدم قطعیت ناشی از مراحل تخمین و انتخاب مدل، یک روش منسجم برای استنتاج بر روی پارامترهای رگرسیون مورد علاقه ارائه می‌دهند (دی‌لوکا و مگنوس^{۱۲}، ۲۰۱۱). ایجاد عدم قطعیت اغلب در زمینه گنجاندن متغیر توضیحی^{۱۳} در مدل، انتخاب فرم های تبعی^{۱۴} یا انتخاب طول وقفه پاسخ‌های دینامیکی است. همان‌طور که توسط «مگنوس» و

¹ Syrquin

² Peneder

³ Branson

⁴ Chenery & Syrquin

⁵ Kelbore

⁶ Principal Components Analysis (PCA)

⁷ Pearson

⁸ Hotelling

⁹ Jolliffe and Cadima

¹⁰ Jaadi

¹¹ Shlens

¹² De Luca and Magnus

¹³ Explanatory variables

¹⁴ Functional form

«دوربین»^۱ (۱۹۹۹) و «دانیلوف» و «مگنوس»^۲ (۲۰۰۴) نشان داده شده است، فرآیند انتخاب مدل اهمیت دارد و احتمالاً اثرات غیرقابل چشم‌پوشی بر ویژگی‌های آماری برآوردها دارد. قوانین احتمال دلالت بر این دارند که وزن‌ها در مدل میانگین باید احتمالات مدل پسین^۳ باشد. تکنیک میانگین‌گیری مدل بیزی (BMA) با یک ابزار جدید محاسبات پسین به نام مدل ترکیب زنجیره «مارکوف مونت کارلو»^۴ (MC3) همراه است. M_r را برای $r=1, \dots, R$ که R نشان‌دهنده مدل‌های مختلف در حال بررسی است، هر مدل به بردار پارامترها θ_r بستگی دارد. این پارامترها به وسیله توابع پیشین^۵ $p(\theta_r|M_r)$ ، تابع درستنمایی^۶ $p(y|\theta_r, M_r)$ و تابع پسین^۷ $p(\theta_r|y, M_r)$ مشخص می‌شود. به وسیله این توابع می‌توان احتمالات مدل پسین $p(M_r|y)$ را برای $r=1, 2, \dots, R$ به دست آورد. $\emptyset$ برداری از پارامترهای مشترک در همه مدل‌ها است؛ یعنی $\emptyset$ تابعی از θ_r برای $r=1, \dots, R$ است. مطابق منطق اقتصادسنجی بیزی، همه آن‌چه در مورد $\emptyset$ شناخته شده است را می‌توان در تابع پسین آن خلاصه کرد.

$$p(\emptyset|y) = \sum_{r=1}^R p(\emptyset|y, M_r) p(M_r|y) \quad (۱)$$

متناوباً اگر $g(\emptyset)$ تابعی از $\emptyset$ باشد، مطابق قوانین انتظارات شرطی رابطه زیر برقرار خواهد بود:

$$E[g(\emptyset)|y] = \sum_{r=1}^R E[g(\emptyset)|y, M_r] p(M_r|y) \quad (۲)$$

مطابق منطق استنباط بیزی برای هر مدلی که در نظر گرفته شده، میانگین نتایج در نظر گرفته می‌شود. اوزان در میانگین، احتمالات مدل پسین هستند.

بنابراین، هنگامی که محقق محاسبه تابع پسین و درست‌نمایی نهایی را برای هر مدلی انجام داد، میانگین‌گیری مدل بیزی از نظر مفهومی ساده است. با این حال، پیاده‌سازی میانگین‌گیری مدل بیزی می‌تواند دشوار باشد؛ زیرا، تعداد مدل‌های مورد بررسی، اغلب بسیار زیاد است. به طور شهودی، درحالی که شبیه‌سازهای پسین مانند MCMC از توزیع پسین پارامترها می‌گیرند، MC3 از توزیع پسین مدل‌ها استخراج می‌نماید. ادبیات میانگین‌گیری مدل بیزی بر بخش‌هایی از مدل‌ها تمرکز کرده است که در آن نتایج تحلیلی وجود دارد و الگوریتم‌های مختلف MC3 را توسعه داده است که از فضای مدل (به جای فضای پارامتر) استخراج می‌شوند (کوپ^۸، ۲۰۰۳).

روش میانگین‌گیری مدل بیزی یکی از روش‌های قدرتمند در آمار و یادگیری ماشین است که به جای انتخاب یک بهترین مدل، نتایج چندین مدل را با توجه به احتمال پسین هر مدل با هم ترکیب می‌کند. این ویژگی باعث می‌شود عدم قطعیت ناشی از انتخاب مدل نیز در تحلیل لحاظ شود. در روش‌های سنتی مانند رگرسیون گام‌به‌گام معمولاً فقط یک مدل نهایی انتخاب می‌شود. اما در BMA فرض می‌شود که ممکن است چندین مدل معتبر وجود داشته باشند و هر کدام با احتمال مشخصی در نتیجه نهایی نقش داشته باشند. این موضوع باعث کاهش ریسک انتخاب یک مدل نامناسب می‌شود. چون خروجی از میانگین وزنی چند مدل به دست می‌آید، معمولاً دقت پیش‌بینی

¹ Magnus and Durbin

² Danilov and Magnus

³ Posterior

⁴ Markov Chain Monte Carlo Model Composition

⁵ Prior

⁶ Likelihood

⁷ Posterior

⁸ Koop

از یک مدل منفرد بیشتر است. در این روش فاصله‌های اطمینان و توزیع پیش‌بینی واقع‌بینانه‌تر هستند؛ زیرا هم عدم قطعیت پارامترها و هم عدم قطعیت انتخاب مدل را در نظر می‌گیرند.

۴. معرفی متغیرها و مدل‌سازی

۴-۱. استخراج شاخص

همان‌طور که در بخش قبل توضیح داده شد برای محاسبه شاخص ترکیبی تغییر ساختاری از روش تحلیل مؤلفه اصلی، به‌عنوان یکی از انواع روش‌های تحلیل داده‌های چند متغیره استفاده شده است. اکثر مطالعات تغییر ساختار را براساس دو معیار تولید یا مصرف تعریف می‌نمایند؛ بر این اساس، در معیار تولید، تغییر نسبت در سهم اشتغال در هر بخش از کل نیروی کار شاغل و سهم ارزش‌افزوده هر بخش از تولید ناخالص داخلی را به‌عنوان تغییر ساختار در نظر می‌گیرند. اما در این روش ترکیب تقاضای کل کشور اعم از سهم مصرف، پس‌انداز، سرمایه‌گذاری، مخارج دولت و تراز تجاری از تولید ناخالص داخلی، از مؤلفه‌های اصلی آن هستند. در این تحقیق براساس مطالعات (کلبر، ۲۰۱۴؛ کوزنتس^۱، ۱۹۷۱؛ تایمر و آکوس^۲، ۲۰۰۸) برگرفته از معیار تولید، تغییرات در ترکیب بخش‌ها را به‌عنوان نشانه‌ای از تغییر ساختاری تفسیر می‌کند. در این راستا، سهم ارزش‌افزوده هر بخش از تولید ناخالص داخلی و سهم اشتغال را در نظر می‌گیرد و تغییرات مشاهده شده در ترکیبات بخش‌ها را مقایسه می‌کند.

به‌منظور گنجاندن مهم‌ترین جنبه‌های تغییر ساختاری ۱۱ متغیر با استفاده از مبانی نظری و سابقه تحقیقات انجام شده یک شاخص ترکیبی که ابعاد اقتصادی، اجتماعی و سیاسی را در نظر می‌گیرد، انتخاب شده است. این متغیرها شامل سهم بخش کشاورزی از تولید ناخالص داخلی SAGRI، سهم بخش صنایع و معادن از تولید ناخالص داخلی SIN، سهم بخش خدمات از تولید ناخالص داخلی SRVC، سهم بخش کشاورزی از نیروی کار شاغل SLAGRI، سهم بخش صنایع و معادن از نیروی کار شاغل SLIN، سهم بخش خدمات از نیروی کار شاغل SLRVC، نسبت صادرات کل به تولید ناخالص داخلی SXPR، نسبت واردات کل به تولید ناخالص داخلی SIM، نرخ شهرنشینی UR، نرخ مرگ و میر DR و نرخ زاد و ولد BR است^۳. شاخص ترکیبی تغییرات ساختاری با استفاده از روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی و با لحاظ ابعاد مختلف ساختار اقتصادی شامل ساختار تولید، ساختار اشتغال، تجارت خارجی و تحولات جمعیتی استخراج شده است که در تحقیقات قبلی کمتر مورد توجه قرار گرفته شده است.

جدول ۱: معرفی متغیرها برای محاسبه شاخص ترکیبی تغییر ساختاری

Tab. 1: variables for calculating the composite structural change index

نام متغیر	علامت اختصار
SAGRI	سهم بخش کشاورزی از تولید ناخالص داخلی
SIN	سهم بخش صنایع و معادن از تولید ناخالص داخلی
SRVC	سهم بخش خدمات از تولید ناخالص داخلی
SLAGRI	سهم بخش کشاورزی از نیروی کار شاغل
SLIN	سهم بخش صنایع و معادن از نیروی کار شاغل

^۱ Kuznets

^۲ Timmer & Akkus

^۳ این متغیرها در مطالعات: حکم‌اللهی و همکاران، ۱۴۰۱ و همچنین مشیری و التجابی، ۱۳۸۷ نیز به کار گرفته شده است.

SLRVC	سهم بخش خدمات از نیروی کار شاغل
SXPRT	نسبت صادرات کل به تولید ناخالص داخلی
SIM	نسبت واردات کل به تولید ناخالص داخلی
UR	نرخ شهرنشینی
DR	نرخ مرگ و میر
BR	نرخ زاد و ولد

(منبع: مرکز آمار ایران).

برای محاسبه شاخص ترکیبی تغییر ساختاری از روش تحلیل مؤلفه اصلی اولین قدم بررسی ارتباط بین متغیرها، و ساختار همبستگی داده‌ها است. مطابق جدول (۲) همبستگی بالایی بین همه داده‌ها وجود دارد. با توجه به این درجه همبستگی، می‌توان با استفاده از روش تحلیل مؤلفه‌های اساسی با کاهش تعداد متغیرها یک شاخص ترکیبی به نام شاخص تغییر ساختاری با استفاده از نرم‌افزار SPSS ارائه نمود.

جدول ۲: ماتریس همبستگی ضرایب

Tab. 2: Correlation Matrix

	SAGRI	SIN	SRVC	SLAGRI	SLIN	SLRVC	SXPRT	SIM	UR	DR	BR
SAGRI	۱/۰۰۰	-۰/۷۳۷	-۰/۷۷۲	-۰/۸۴۴	-۰/۸۷۱	-۰/۸۰۶	-۰/۵۱۶	-۰/۶۱۷	-۰/۸۱۳	-۰/۸۱۴	-۰/۷۳۹
SIN	-۰/۷۳۷	۱/۰۰۰	-۰/۸۹۰	-۰/۶۹۱	-۰/۶۹۸	-۰/۶۵۶	-۰/۸۳۵	-۰/۱۹۳	-۰/۶۷۵	-۰/۵۹۲	-۰/۴۵۰
SRVC	-۰/۷۷۲	-۰/۸۹۰	۱/۰۰۰	-۰/۸۰۶	-۰/۷۳۹	-۰/۷۹۵	-۰/۶۴۳	-۰/۳۵۶	-۰/۸۴۸	-۰/۷۵۲	-۰/۷۰۷
SLAGRI	-۰/۸۴۴	-۰/۶۹۱	-۰/۸۰۶	۱/۰۰۰	-۰/۹۲۰	-۰/۹۸۲	-۰/۳۴۵	-۰/۶۱۹	-۰/۹۵۶	-۰/۸۸۰	-۰/۸۳۹
SLIN	-۰/۸۷۱	-۰/۶۹۸	-۰/۷۳۹	-۰/۹۲۰	۱/۰۰۰	-۰/۸۴۸	-۰/۴۶۸	-۰/۶۰۳	-۰/۸۴۴	-۰/۸۱۶	-۰/۷۱۷
SLRVC	-۰/۸۰۶	-۰/۶۵۶	-۰/۷۹۵	-۰/۹۸۲	-۰/۸۴۸	۱/۰۰۰	-۰/۷۷۴	-۰/۶۰۹	-۰/۹۶۸	-۰/۸۷۰	-۰/۸۵۷
SXPRT	-۰/۵۱۶	-۰/۸۳۵	-۰/۶۴۳	-۰/۳۴۵	-۰/۴۶۸	-۰/۷۷۴	۱/۰۰۰	-۰/۶۰۴	-۰/۲۸۹	-۰/۲۲۳	-۰/۰۶۸
SIM	-۰/۶۱۷	-۰/۱۹۳	-۰/۳۵۶	-۰/۶۱۹	-۰/۶۰۳	-۰/۶۰۹	-۰/۶۰۴	۱/۰۰۰	-۰/۶۴۹	-۰/۶۴۷	-۰/۷۲۰
UR	-۰/۸۱۳	-۰/۶۷۵	-۰/۸۴۸	-۰/۹۵۶	-۰/۸۴۴	-۰/۹۶۸	-۰/۲۸۹	-۰/۶۴۹	۱/۰۰۰	-۰/۸۹۷	-۰/۹۱۷
DR	-۰/۸۱۴	-۰/۵۹۲	-۰/۷۵۲	-۰/۸۸۰	-۰/۸۷۰	-۰/۸۵۷	-۰/۲۲۳	-۰/۶۴۷	-۰/۸۹۷	۱/۰۰۰	-۰/۹۲۲
BR	-۰/۷۳۹	-۰/۴۵۰	-۰/۷۰۷	-۰/۸۳۹	-۰/۷۱۷	-۰/۸۵۷	-۰/۰۶۸	-۰/۷۲۰	-۰/۹۱۷	-۰/۹۲۲	۱/۰۰۰

(مأخذ: محاسبات تحقیق).

ماتریس همبستگی نشان می‌دهد که متغیرهای با حداکثر همبستگی بین سهم بخش کشاورزی از نیروی کار شاغل و سهم بخش خدمات از نیروی کار شاغل ($-۰/۹۸$) و پس از آن به ترتیب شهرنشینی و سهم بخش خدمات از نیروی کار شاغل ($-۰/۹۶$)، و بین شهرنشینی و سهم بخش کشاورزی از نیروی کار شاغل ($-۰/۹۵$) همبستگی دارند. به طور کلی، ساختار همبستگی نشان می‌دهد که این احتمال وجود دارد برخی از شاخص‌ها حاوی اطلاعات همپوشانی باشند که باید در ساخت شاخص ترکیبی در نظر گرفته شوند. قبل از محاسبه شاخص تغییر ساختاری با استفاده از روش تحلیل مؤلفه اصلی باید از کافی بودن حجم نمونه اطمینان حاصل شود، به این منظور از آزمون KMO (کایزر، مایر و اوکلین)^۱ جهت کافی بودن نمونه انتخاب شده استفاده شده است (دی‌واس^۲، ۱۴۰۲).

جدول ۳: آزمون کائو و بارتلت برای بررسی حجم نمونه

Tab. 3: KMO and Bartlett's Test

آماره KMO	۰/۸۱۴
آماره خی دو (آزمون بارتلت)	۱۰۱۹/۷۳۷
درجه آزادی df	۵۵
سطح معناداری Sig	۰/۰۰۰

(مأخذ: محاسبات تحقیق).

^۱ Kaiser-Meyer-Olkin^۲ De Wass

مطابق جدول (۳) و با توجه به آماره به دست آمده (۰/۸۱۴) (بزرگتر از ۰/۵ و نزدیک به ۱) مقدار آن مناسب بوده و نشان دهنده کافی بودن حجم نمونه برای تحقیق می باشد. همچنین با توجه به سطح معناداری آزمون بارتلت ($Sig < 0/05$) فرضیه صفر (عدم وجود همبستگی) برای مجموعه داده های مذکور رد شده و یک ارتباط قوی بین متغیرها وجود داشته است. به عبارتی ماتریس همبستگی بین متغیرها به اندازه کافی با معناست تا تحلیل مؤلفه اصلی انجام بشود.

در مرحله دوم، یک تحلیل مؤلفه های اصلی انجام شده است. مطابق جدول (۴) اندازه مقادیر محاسبه شده نشان دهنده کفایت مؤلفه های اصلی در تبیین ساختار داده بوده است.

جدول (۴): تحلیل مؤلفه های اصلی

Tab. 4: Communalities

متغیر	مقدار اولیه	مقدار استخراج شده
SAGRI	۱/۰۰۰	۰/۸۳۹
SIN	۱/۰۰۰	۰/۹۵۴
SRVC	۱/۰۰۰	۰/۸۹۲
SLAGRI	۱/۰۰۰	۰/۹۴۰
SLIN	۱/۰۰۰	۰/۸۴۵
SLRVC	۱/۰۰۰	۰/۹۱۴
SXPRT	۱/۰۰۰	۰/۹۲۶
SIM	۱/۰۰۰	۰/۷۳۳
UR	۱/۰۰۰	۰/۹۵۱
DR	۱/۰۰۰	۰/۸۹۰
BR	۱/۰۰۰	۰/۹۰۷

(مأخذ: محاسبات تحقیق).

در جدول (۵) تحلیل واریانس کل نشان داده شده است. در تحلیل مؤلفه های اصلی، دو مؤلفه استخراج شده اول دارای مقدار ویژه بزرگتر از یک بوده و مؤلفه دوم ۱۵٪ از واریانس را پوشش داده است. در نهایت دو مؤلفه اول مجموعاً ۸۹٪ از کل واریانس داده ها را توضیح داده که نشان دهنده کفایت بالای مدل در استخراج ساختار پنهان داده ها و کاهش ابعاد مؤثر است.

جدول ۵: تحلیل واریانس کل

Tab. 5: Total Variance Explained

Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
Total	درصد از واریانس	درصد تجمعی	Total	درصد از واریانس	درصد تجمعی
۸/۰۵۸	۷۳/۲۵۱	۷۳/۲۵۱	۶/۳۵۰	۵۷/۷۲۵	۵۷/۷۲۵
۱/۷۲۴	۱۵/۶۶۹	۸۸/۹۲۰	۳/۴۳۱	۳۱/۱۹۵	۸۸/۹۲۰

(مأخذ: محاسبات تحقیق؛ روش استخراج: تحلیل مؤلفه های اصلی).

بر این اساس مؤلفه اول f1 با مقدار ویژه بیش از ۸ توانسته بیشترین درصد پراکندگی مجموعه داده ها را بازگو نماید. پس از مؤلفه دوم همه مقادیر ویژه مؤلفه های بعد زیر یک بوده که در مجموع سهم کمی از پراکندگی داده ها

را توضیح داده‌اند؛ به عبارتی، مؤلفه‌های بعدی اطلاعات قابل توجهی اضافه نمی‌کنند. در نهایت همه معیارها نشان می‌دهد که انتخاب مؤلفه اول کافی است و از آن شاخص تغییر ساختار اقتصاد به دست می‌آید.

با توجه به ضرایب محاسباتی در جدول (۶) میزان همبستگی هر متغیر با مؤلفه مربوطه نمایش داده شده است. مقدار بالایی بار (مثبت یا منفی) نشان‌دهنده نقش مؤثر آن متغیر در شکل‌گیری مؤلفه است. در مؤلفه اول بیشترین هم‌راستایی را به ترتیب متغیرهای سهم بخش کشاورزی از نیروی کار شاغل، نرخ مرگ و میر، نرخ زاد و ولد، سهم بخش صنایع و معادن از تولید ناخالص داخلی، نسبت واردات کل به تولید ناخالص داخلی و نسبت صادرات کل به تولید ناخالص داخلی را دارا بوده که بار مثبت بالایی به ترتیب با مؤلفه اول داشته است. همچنین متغیرهای با بار منفی و در جهت معکوس شاخص تغییر ساختاری در مؤلفه اول به ترتیب نرخ شهرنشینی، سهم بخش خدمات از نیروی کار شاغل، سهم بخش صنایع و معادن از نیروی کار شاغل، سهم بخش کشاورزی از تولید ناخالص داخلی و سهم بخش خدمات از تولید ناخالص داخلی می‌باشند. «چنری» (۱۹۷۹) تغییرات ساختاری را به صورت انتقال از اقتصاد سنتی به اقتصاد توسعه یافته معرفی می‌کند. فرآیندهای تغییر ساختاری به فرآیندهای انباشت منابع، تخصیص منابع و توزیعی و جمعیتی تقسیم شده و تغییر وزن نسبی متغیرهای اقتصاد کلان به عنوان تغییرات ساختاری قلمداد می‌شود. «کوزنتس»^۱ (۱۳۷۲) در مطالعات خود اشاره می‌کند که ترکیب اجزای مهم تقاضا، تولید، اشتغال، بخش خارجی اقتصاد و متغیرهای جمعیتی (که همگی به صورت وزن نسبی است)، شکل و ساختار اقتصاد را مشخص می‌کند. کوزنتس سهم بخش‌های اقتصادی را به عنوان یکی از متغیرهای مهم ساختار اقتصادی معرفی می‌کند. از نظر او افزایش سهم صنایع در تولید ناخالص داخلی و متناسب با آن کاهش سهم بخش کشاورزی، از واقعیت‌های مستند در فرآیند توسعه بوده است. «مک میلان» و «رودریک» (۲۰۱۱) با اشاره به اهمیت تغییر ساختار اقتصاد برای دستیابی به توسعه، از نظر تاریخی مهم‌ترین عامل تفاوت در دو گروه کشورهای موفق و ناموفق را سرعت انتقال ساختار اقتصاد از کشاورزی به صنعتی می‌دانند. در بخش تجارت خارجی، سهم صادرات صنعتی در صادرات کل به عنوان یکی دیگر از متغیرهای ساختار اقتصادی شناخته شده است. به طوری که «سیرکوبین» (۱۹۸۶) افزایش سهم صادرات صنعتی در صادرات کل را یکی از نشانه‌های جریان صنعتی شدن اقتصاد می‌داند.

جدول ۶: ماتریس مؤلفه‌ها

Tab. 6: Component Matrix

	مؤلفه	
	۱	۲
SAGRI	-۰/۹۱۲	-۰/۰۸۲
SIN	۰/۷۷۷	۰/۵۹۲
SRVCE	-۰/۸۸۷	-۰/۳۲۳
SLAGRI	۰/۹۶۶	-۰/۰۸۵
SLIN	-۰/۹۱۹	-۰/۰۳۴
SLRVC	-۰/۹۴۶	۰/۱۳۸
SXPRT	۰/۴۵۵	۰/۸۴۸
SIM	۰/۶۴۸	-۰/۵۵۱
UR	-۰/۹۶۵	۰/۱۴۲
BR	۰/۸۷۲	-۰/۳۸۴
DR	۰/۹۱۹	-۰/۲۱۵

(مأخذ: محاسبات تحقیق).

¹ Kuznets

در جدول (۷) ماتریس مؤلفه‌های چرخش یافته با روش چرخش واریماکس^۱ با نرمال سازی کایزر حاصل مؤلفه‌های اصلی به جهت افزایش وضوح و مستقل بودن هر متغیر به یک مؤلفه نمایش داده می شود. هدف از چرخش عامل ها رسیدن به یک ساختار عاملی ساده است که در آن ساختار هر کدام از گویه ها در یک عامل قرار بگیرند و به صورت دوقطبی نباشند، این امر به تفسیر بهتر عامل ها کمک می کند.

جدول ۷: ماتریس مؤلفه‌های چرخش یافته
 Tab. 7: Rotated Component Matrix

	مؤلفه	
	۱	۲
SAGRI	۰/۷۳۷	-۰/۵۴۴
SIN	-۰/۳۵۷	۰/۹۰۹
SRVC	۰/۵۹۱	-۰/۷۳۶
SLAGRI	-۰/۸۶۹	۰/۴۲۹
SLIN	۰/۷۶۷	-۰/۵۰۷
SLRVC	۰/۸۸۰	-۰/۳۷۳
SXPRT	۰/۰۵۱	۰/۹۶۱
SIM	-۰/۸۴۰	-۰/۱۳۴
UR	۰/۸۹۸	-۰/۳۸۰
BR	-۰/۹۴۴	۰/۱۲۵
DR	-۰/۸۹۷	۰/۳۹۳

(مأخذ: محاسبات تحقیق).

در جدول (۸) ماتریس تبدیل مؤلفه ها نشان داده می شود. این ماتریس نشان می دهد که مؤلفه‌های چرخش یافته ترکیبی خطی از مؤلفه‌های اصلی هستند و استقلال آماری حفظ شده است.

جدول ۸: ماتریس تبدیل مؤلفه ها
 Tab. 8: Component Transformation Matrix

مؤلفه	۱	۲
۱	-۰/۸۵۵	۰/۵۱۹
۲	۰/۵۱۹	۰/۸۵۵

(مأخذ: محاسبات تحقیق).

۲-۴. مدل سازی اثر نرخ ارز بر پیچیدگی اقتصادی

برای شناسایی محرک های احتمالی پیچیدگی اقتصادی از متغیرهای صادرات فناوری پیشرفته، تنوع اقتصادی و تنوع صادرات استفاده می شود. این ادبیات طیف وسیعی از عوامل از جمله متغیرهای اقتصاد کلان، سرمایه انسانی و کیفیت نهادی و غیره را پیشنهاد می کند (یالتا و یالتا، ۲۰۲۱).

برآورد اثر هر متغیر بر پیچیدگی اقتصادی بستگی به ترکیب سایر متغیرهایی دارد که در الگو لحاظ شده است؛ بنابراین تصریح های مختلف مدل (ترکیب های مختلف متغیرهای توضیحی) بر نتیجه برآورد تأثیرگذار است. براساس ادبیات نظری و مطالعات تجربی مانند «لپاتیناس» (۲۰۱۹) و «آوم» و «اندویا» (۲۰۲۲) از مدل زیر در این تحقیق استفاده شده است.

¹ Varimax

$$ECI = f(eci, rer, f_1, X_t) \quad (3)$$

در این مدل، متغیر وابسته eci شاخص پیچیدگی اقتصادی ایران و متغیرهای مستقل شامل نرخ ارز واقعی rer ، شاخص تغییر ساختاری (f_1) و X برداری از سایر متغیرها براساس ادبیات تحقیق انتخاب شده است. در مجموع از هفت متغیر به دلیل تأثیر قابل توجه بر پیچیدگی اقتصادی استفاده شده است. شاخص پیچیدگی اقتصادی معیاری برای اندازه‌گیری دانش و قابلیت‌های تولیدی نهفته در یک اقتصاد است که در محصولات و خدمات یک کشور تولید و صادر می‌کند، تجلی می‌یابد. پیچیدگی اقتصادی یک کشور با ترکیب اطلاعات مربوط به تنوع سبد صادراتی یک کشور و فراگیری محصولات آن، یعنی تعداد کشورهایی که قادر به تولید آن محصولات هستند، محاسبه می‌شود (هاسمن و همکاران ۲۰۱۳). ایران در سال ۲۰۲۴ م. رتبه ۸۷ در رنکینگ شاخص پیچیدگی اقتصادی را داشته است. سه متغیر تولید ناخالص داخلی سرانه به‌عنوان معیاری برای اندازه‌گیری سطح توسعه اقتصادی، تراکم جمعیت به‌عنوان معیاری برای اندازه نیروی کار و ساختار جمعیتی و برای نیروی کار از متغیر آموزش برگرفته از مطالعه «هاسمن»^۱ و همکاران (۲۰۰۷) استفاده شده است. تولید ناخالص داخلی (GDP) یکی از شاخص‌های کلیدی اقتصاد کلان است که حاصل جمع ارزش ریالی (یا دلاری) کل کالاها و خدمات نهایی عرضه‌شده در یک کشور در طول یک بازه زمانی مشخص (معمولاً یک سال) است. تولید ناخالص داخلی سرانه، شاخصی برای اندازه‌گیری سطح رفاه و توسعه اقتصادی کشورها محسوب می‌شود. همچنین متغیر باز بودن تجارت برای بررسی مبادلات فرامرزی و هزینه‌های دولت استفاده شده است. برای تحلیل سرمایه‌گذاری‌های عمومی و زیرساخت‌های نهادی از مطالعه «نگوین»^۲ و همکاران (۲۰۲۰) و شاخص توسعه مالی^۳ از مطالعه «زچلین»^۴ (۲۰۲۵) و متغیر رانت منابع طبیعی از مطالعه «یالتا» و «یالتا» (۲۰۲۱) استفاده شده است. برای تحلیل متغیرها و مدل‌سازی اثر نرخ ارز بر پیچیدگی اقتصادی از روش میانگین‌گیری بیزی^۵ استفاده شده است (کوپ، ۲۰۰۳).

جدول ۹: متغیرهای تحقیق در مدل بیزی

Tab. 9: Research variables in the Bayesian model

متغیرهای تحقیق	اختصار	منبع داده‌ها
شاخص پیچیدگی اقتصادی ایران	ECI	اطلس پیچیدگی اقتصادی دانشگاه هاروارد
نرخ ارز واقعی غیررسمی	RER	بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران
تولید ناخالص داخلی سرانه	GDP	حساب‌های ملی مرکز آمار ایران
هزینه مصرف نهایی دولت	G	مرکز آمار ایران
درجه باز بودن تجارت	O	مرکز آمار ایران
رانت منابع طبیعی	RENT	بانک جهانی
شاخص تغییر ساختاری	F1	محاسبات محقق
عمق مالی	FD	بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران
تراکم جمعیت	PD	بانک جهانی
آموزش دانش‌آموزان به کل جمعیت	Edu	بانک جهانی

¹ Hausmann² Nguyen³ بر خلاف شاخص نسبت نقدینگی به تولید ناخالص داخلی که به شاخص عمق مالی (financial depth) معروف است، شاخص فراگیر توسعه مالی (Financial Development) مورد تایید بانک جهانی شامل سه بخش بانک، سهام و بیمه می‌باشد (ابوترابی و همکاران، ۱۴۰۰).⁴ Zechlin⁵ Bayesian Model Averaging

شاخص درجه باز بودن تجاری از مجموع صادرات و واردات به تولید ناخالص داخلی به دست می آید. همچنین جهت محاسبه شاخص توسعه مالی از متداول ترین معیار، یعنی نسبت کل های پولی-نسبت پول (M_1) و نقدینگی (M_2) به تولید ناخالص داخلی اسمی استفاده شده است. استفاده از کل های پولی مبتنی بر چارچوب «مک کینون» و «شاو» است و نشان می دهد یک اقتصاد پولی شده نمایانگر یک بازار سرمایه بسیار توسعه یافته است. درجه باز بودن تجاری به صورت نسبت مجموع صادرات و واردات کالا و خدمات به تولید ناخالص داخلی اندازه گیری می شود که یکی از متداول ترین شاخص های سنجش باز بودن تجاری در ادبیات اقتصادی است (اسکوالی و ویلسون^۱، ۲۰۱۱). هزینه مصرف نهایی دولت برابر پرداخت واحدهای دولتی بابت جبران خدمات کارکنان و خرید (یا تحصیل) کالاها و خدمات مصرف شدنی اداری منهای فروش کالاها و خدمات تولید شده توسط واحدهای دولتی به بخش خصوصی و مؤسسات اقتصادی به علاوه استهلاک سرمایه های ثابت است. قبل از تحلیل مدل، پایایی متغیرهای الگوی پیشنهادی مطابق جدول (۱۰) بررسی شده است.

جدول ۱۰: نتایج آزمون پایایی متغیرهای تحقیق

Tab. 10: Results of the stationarity test variables

متغیر	آماره آزمون	احتمال	نتیجه
ECI	-۴/۱۳۷۵۵۸	۰/۰۰۲۰	ایستا
RER	-۷/۶۹۲۵۷۲	۰/۰۰۰۰	ایستا
GDP	-۳/۴۵۷۷۲۹	۰/۰۱۳۶	ایستا
lgdp	-۵/۱۴۶۶۷۸	۰/۰۰۰۶	ایستا
G	-۶/۱۷۰۴۵۱	۰/۰۰۰۰	ایستا
O	-۲/۷۶۱۶۱۱	۰/۰۷۱۵	ایستا
RENT	-۳/۳۱۵۰۸۵	۰/۰۱۹۵	ایستا
F1	-۳/۵۷۶۱۹۳	۰/۰۴۳۹	ایستا
FD	-۲/۹۱۰۹۳۱	۰/۰۵۱۵	ایستا
lpd	-۳/۱۴۹۸۴۳	۰/۰۲۹۶	ایستا
EDU	-۳/۰۶۹۴۶۰	۰/۰۳۵۹	ایستا

(مأخذ: نتایج تحقیق).

براساس روند متعارف در برآورد مدل های سری زمانی و به منظور اجتناب از رگرسیون های کاذب باید مانایی متغیرهای پژوهش براساس آزمون های متعارف ریشه واحد مورد آزمون قرار گیرد. نتایج آزمون ریشه واحد دیکي فولر تعمیم یافته (ADF) در سطح معنی داری ۵٪ برای تمام متغیرها در سطح پایا و سری $I(0)$ می باشد. در این مطالعه، با هدف شناسایی ساختار بهینه مدل سازی شاخص پیچیدگی اقتصادی (ECI)، مدل بیزی با ترکیب های مختلفی از متغیرهای توضیحی و تعامل ها برآورد شده است. این موضوع جهت تحلیل حساسیت مدل نسبت به متغیرها است. در رویکرد BMA احتمال حضور متغیر در الگو^۲ (PIP) معیار مناسبی برای تشخیص قوی بودن ارتباط متغیر توضیحی با متغیر وابسته است. با فرض عدم اطلاع از الگوی اصلی مدل، توزیع یکسان برای همه الگوها در نظر گرفته می شود. در چنین شرایطی همه الگوها شانس یکسانی برای انتخاب شدن دارند (رافتی^۳، ۱۹۹۵؛ ماسانجالا و پاپاگیورجیو^۴، ۲۰۰۸).

¹ Squalli & Wilson

² Posterior Inclusion Probability

³ Raftery

⁴ Masanjala & Papageorgiou

جدول ۱۱: PIP احتمال حضور متغیر در الگو

Tab. 11: Probability of the variable being

متغیر/مدل	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴
F1	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
lrer	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
F1lrer	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lgdp1	۰/۶۴	۰/۶۳	۰/۵۹	۰/۵۹	۰/۵۸	۰/۵۹	۰/۵۸	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۴	۰/۲۵
Edu1	۰/۱۶	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۴	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۹	۰/۱۸	۰/۱۷	
rent	۰/۱۵	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۴			۰/۱۶	۰/۱۷	۰/۱۶	۰/۲۱	۰/۲۲		
lg	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۵				۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۴	۰/۱۵			
fd	۰/۲۴	۰/۲۳	۰/۱۶					۰/۶۱	۰/۶۳	۰/۶۶				
lpd	۰/۲۳	۰/۲۲						۰/۱۷	۰/۱۸					
o	۰/۱۷							۰/۲۷						

(مأخذ: نتایج تحقیق).

در جدول (۱۱) ترکیب مختلف متغیرهای توضیحی در مجموعه‌ای از مدل‌های بیزی ارائه شده است. این مدل مرحله به مرحله با بررسی تحلیل حساسیت نهایی شده است؛ در ادامه، احتمال درج پسین با متغیرهای توضیحی نرخ ارز واقعی و تغییر ساختاری و اثر تعاملی نرخ ارز واقعی در تغییر ساختاری و با ترکیب مختلف متغیرها استخراج شده است. با توجه به دامنه احتمال پسین، متغیرهای f1 و lrer در تمامی مدل‌ها اثرگذار بوده است. همچنین با توجه به نتایج متغیرهای f1lrer، lgdp، fd، نیز اثرگذار بوده است. سایر متغیرهای lg، lpd، o، edu، rent با حضور پراکنده در مدل‌ها نقش ناپایدار و ضعیفی داشته‌اند. اثر تعاملی f1lrer به همراه دو متغیر fd و gdp1 بهترین عملکرد را در بین مدل‌ها داشته است؛ به عبارتی، متغیر تغییر ساختاری با ضریب $-۳/۴۴۱$ اثر منفی و پایداری در مدل داشته و نشان‌دهنده تأثیر منفی تغییر ساختاری بر پیچیدگی اقتصادی در طول دوره مورد بررسی بوده است. همچنین اثر تعاملی نرخ ارز در تغییر ساختار، اثر مثبتی بر پیچیدگی اقتصادی داشته است؛ درحالی که نرخ ارز به تنهایی نقش محدودی داشته است. متغیر توسعه مالی fd اثر مثبت نسبتاً قوی بر پیچیدگی اقتصادی داشته و نشانگر اثر مکمل توسعه مالی در ارتقا پیچیدگی اقتصادی بوده است. تولید ناخالص داخلی سرانه اهمیت مثبت کمتر داشته است. متغیر آموزش اثر ناچیز داشته است. متغیر رانت منابع طبیعی اثر منفی ضعیف و جزئی و در نهایت متغیر هزینه‌های مصرفی دولت اثر منفی بسیار ضعیف داشته است؛ به عبارتی، دولت نقش محدود بر پیچیدگی اقتصادی داشته است. درمجموع بررسی‌های انجام‌شده با استفاده از روش میانگین‌گیری بیزی مدل‌ها نشان می‌دهد که متغیرهای کلیدی مانند تولید ناخالص داخلی و توسعه مالی، در اغلب ترکیب‌های معتبر مدل، دارای اثر مثبت و معنادار بر پیچیدگی اقتصادی بوده است؛ از سوی دیگر، اثر متغیر تغییر ساختاری و نرخ ارز حقیقی، بسته به سطح سایر عوامل، متغیر بوده و در برخی ترکیب‌ها معنادار ظاهر شده‌اند به‌ویژه، تعامل بین تغییر ساختاری و نرخ ارز حقیقی نشان می‌دهد که اثر تغییر ساختاری بر پیچیدگی اقتصادی ممکن است در سطوح مختلف نرخ ارز تغییر کند.

برای تحلیل اهمیت نسبی هر متغیر در چارچوب احتمالات پسین از شاخص احتمال درج پسین^۱ PIP استفاده شده است. این شاخص نشان می‌دهد هر متغیر در چند درصد از مدل‌های معتبر (با احتمال پسین بالا) حضور دارد و بنابراین، چقدر احتمال دارد که در مدل واقعی با احتمالات مدل پسین^۲ بالا نیز نقش داشته باشد. بر این اساس،

^۱ Posterior Inclusion Probability^۲ Posterior Model Probability

برای هر مدل با استفاده از الگوریتم نمونه‌گیری زنجیره مارکوف مونت کارلو^۱ ضرایب پسین و لگاریتم درست نمایی نهایی^۲ LogML استخراج گردید.

نتایج حاصل از لگاریتم درست نمایی براساس احتمال پسین مبنای انتخاب مدل نهایی و متغیرهای کلیدی قرار گرفتند. برای هر مدل، PMP با تقسیم فاکتور بیز^۳ بر مجموع فاکتورهای بیز محاسبه می‌شود.

$$PMP_i = \frac{\exp(\text{LogML}_i)}{\sum_{j=1}^k \exp(\text{LogML}_j)} \quad (۴)$$

پس از محاسبه PMP و برای سنجش اهمیت نسبی هر متغیر، همان‌طور که در قبل توضیح داده شد، شاخص درج احتمال پسین PIP برای هر متغیر به صورت زیر، تعریف می‌شود:

$$PIP_x = \sum PMP_i \quad (۵)$$

پس از محاسبه احتمال پسین مدل‌ها و احتمال درج پسین متغیرها، امکان ارزیابی کمی اهمیت نسبی هر متغیر در کل فضای مدل‌های ممکن فراهم می‌شود.

جدول ۱۲: انتخاب مدل بیزی

Tab. 12: Bayesian model selection

مدل	Log ML	Bayes Factor(BF)	PMP(%) احتمال پسین مدل
۱	-۹۷/۹۰۴۳۵۳	۳/۰۲۴۶۸E-۴۳	۱/۵۸۷۷E-۲۱
۲	-۸۳/۶۳۶۵۶۳	۴/۷۵۴۴۷E-۳۷	۲/۴۹۵۶۹E-۱۵
۳	-۷۶/۰۹۳۶۳۵	۸/۹۷۳۳۴E-۳۴	۴/۷۱۰۲۳E-۱۲
۴	-۷۰/۳۴۳۳۱۴	۲/۸۲۰۲۵E-۳۱	۱/۴۸۰۳۹E-۹
۵	-۶۵/۷۷۲۹۳	۲/۷۲۳۸۳E-۲۹	۱/۴۲۹۷۷E-۰۷
۶	-۵۵/۹۸۳۳۹	۴/۸۶۰۹۷E-۲۵	۰/۰۰۲۵۵۱۵۸۹
۷	-۴۵/۴۱۱۸۴۸	۱/۸۹۶۲E-۲۰	۹۹/۵۳۴۳۷۵۹۴
۸	-۹۵/۶۳۹۷۶۷	۲/۹۱۱۹E-۴۲	۱/۵۲۸۵E-۲۰
۹	-۹۱/۹۳۰۳۱۹	۱/۱۸۸۹۷E-۴۰	۶/۲۴۱۰۵E-۱۹
۱۰	-۸۱/۶۸۷۳۶۳	۳/۳۳۹۱E-۳۶	۱/۷۵۲۷۴E-۱۴
۱۱	-۷۴/۱۵۸۴۱۴	۶/۲۱۴۵۵E-۳۳	۳/۲۶۲۱۱E-۱۱
۱۲	-۷۲/۳۸۹۴۰۳	۳/۶۴۴۸۷E-۳۲	۱/۹۱۳۳۴E-۱۰
۱۳	-۶۰/۵۵۶۵۴۴	۵/۰۱۹۱۱E-۲۷	۲/۶۳۴۶E-۵
۱۴	-۵۰/۷۸۲۲۸	۸/۸۲۱۳۷E-۲۳	۰/۴۶۳۰۴۵۹۷۶

(مأخذ: نتایج تحقیق).

با بررسی احتمال پسین مدل‌ها، مدل شماره هفت با مقدار حدود ۹۹/۵۳٪ بالاترین اعتبار را در میان مدل‌های بررسی شده داراست و می‌توان آن را به عنوان مدل اصلی در تحلیل انتخاب نمود.

تخمین رگرسیون بیزی برای متغیر وابسته پیچیدگی اقتصادی ECI بر مهم‌ترین نتایج نهایی تحلیل‌های میانگین‌گیری مدل بیزی (BMA) در جدول (۱۳) ارائه گردیده است.

¹ Markov Chain Monte Carlo

² Log Marginal Likelihood

³ Bayes Factor

جدول ۱۳: نتایج رگرسیون خطی بیزی با استفاده از الگوریتم MCMC

Tab.13. Bayesian linear regression results by MCMC

متغیر	میانگین		فاصله اطمینان ۹۵٪	
	مدل ۷	مدل ۸	مدل ۷	مدل ۸
lrer	۰/۳۶۴۹	۰/۰۹۶۵۳	[۰/۱۹۸۶، ۰/۵۳۶۷]	[-۰/۱۷۳۵، ۰/۴۰۱۹]
fl	-۰/۲۲۲۸	-۳/۶۳۹۶	[-۰/۳۲۵۹، ۰/۱۱۸۸]	[-۵/۸۴۲۲، -۱/۷۳۶۶]
lrer_fl		۰/۳۷۲۴		[۰/۱۷۶۲، ۰/۵۸۷۴]
lg		-۰/۰۹۹۹		[-۰/۸۵۵۱، ۰/۵۸۴۱]
edu		۰/۰۰۰۷		[-۰/۰۰۳۹، ۰/۰۰۵۶]
rent		-۰/۰۰۱۳		[-۰/۰۱۶۳، ۰/۰۱۳۶۶]
lpd		-۰/۴۷۰۰		[-۱/۴۷۴۲، ۰/۶۱۴۷]
o		-۱/۱۸۱۳		[-۳/۲۹۰۹، ۰/۷۵۶۷]
lgdpl	۰/۹۶۹۶	۰/۴۷۶۵	[۰/۷۹۰۲، ۱/۱۴۵۷]	[-۰/۱۱۶۴، ۱/۰۳۹۷]
fd		۰/۸۹۴۰		[۰/۲۰۸۰، ۱/۵۸۰۶]
con	-۲۱/۵۴۹۶	-۶/۷۵۲۴	[-۲۴/۹۴۶۶، -۱۸/۳۹۱۹]	[-۷/۵۲۱۱، -۶/۰۰۹۷]

(مأخذ: نتایج تحقیق).

مطابق نتایج مدل، شاخص پیچیدگی اقتصادی تحت تأثیر سه متغیر کلیدی شدت تغییر ساختاری، نرخ واقعی ارز و تولید ناخالص داخلی سرانه قرار داشته است. مطابق نتایج، تغییر ساختاری با کاهش پیچیدگی اقتصادی همراه بوده است. این عامل را می‌توان به عدم توجه به بخش‌های صادراتی دارای پیچیدگی بالا و با فناوری بالا در فرآیند صنعتی‌شدن مرتبط کرد که نشان‌دهنده وابستگی به کالاهای محدود و کم‌تنوع می‌باشد؛ به عبارتی، تغییر در پیچیدگی اقتصادی (افزایش یا کاهش) بازتابی از تغییر ساختاری اقتصاد است. این نشان می‌دهد تغییر ساختاری ضعیف یا تغییرات ساختاری خاص می‌تواند مانع ارتقای پیچیدگی اقتصادی شود. در مقابل، نرخ واقعی ارز (lrer) اثر مثبتی بر پیچیدگی اقتصادی دارد، که با سایر تحقیقات هم‌راستا است.

این عامل می‌تواند بیانگر نقش رقابت‌پذیری در ارتقای ساختار صادراتی باشد؛ به عبارت دیگر، تعدیل نرخ ارز می‌تواند صادرات کالاهای پیچیده‌تر را تقویت کند و به ارتقای پیچیدگی کمک کند. مهم‌تر از همه، تولید ناخالص داخلی سرانه با اثر مثبت و نسبتاً قوی، نشان‌دهنده پیوند مستقیم بین سطح توسعه اقتصادی و پیچیدگی اقتصادی است. افزایش ظرفیت تولیدی، توانایی بیشتری در ارائه محصولات پیچیده ایجاد می‌کند. این عامل نشان‌دهنده نقش کلیدی رشد اقتصادی در ارتقای ساختار تولیدی کشور است. مقایسه نتایج با سایر تحقیقات هم‌راستا است. در ارتباط با اثر مثبت نرخ ارز واقعی، مخارج تحقیق و توسعه، واردات حامل دانش، شاخص توسعه انسانی و اثر منفی اندازه دولت بر اختراعات ثبت شده یا تولید دانش نیز «جلائی اسفندآبادی» و «میرزایی» (۱۳۹۳) به همین نتایج رسیدند. کاهش ارزش پول ممکن است از طریق انگیزه‌هایی برای تغییر فناوری، انباشت سرمایه و سرریز اطلاعات به سایر شرکت‌ها و صنایع در اقتصاد، رشد را تحریک کند. در ارتباط با تأثیر مثبت کاهش نرخ ارز واقعی بر رقابت‌پذیری قیمت بیشتر از تأثیر منفی مرتبط با افزایش هزینه کالاهای سرمایه‌ای وارداتی نتایج تحقیق «بریتو» و همکاران (۲۰۱۸) نیز در همین‌راستا است. اما در اقتصادهایی با درجه پیچیدگی پایین‌تر شامل همه مناطق بازار در حال ظهور این رابطه برعکس است.

همچنین با بررسی مدل‌های دیگر، نتایج مدل هشتم در کنار مدل اصلی، امکان ارزیابی پایداری ضرایب و کاهش ریسک وابستگی به یک مدل خاص را فراهم می‌سازد و به عنوان مدل جایگزین ضعیف‌تر در تحلیل حساسیت باید لحاظ شود، تا پایداری نتایج و عدم وابستگی شدید به یک مدل خاص بررسی شود.

در مدل هشتم همچنین متغیر تغییر ساختاری اثر منفی و معناداری بر پیچیدگی اقتصادی دارد. در این مدل نرخ ارز حقیقی اثر مثبت ولی نامطمئن چون بازه (فاصله اطمینان شامل صفر است) دارد، یعنی افزایش یک واحد در نرخ ارز حقیقی ممکن است پیچیدگی اقتصادی را حدود $0/1$ واحد افزایش دهد. اثر ضربی یا تعامل تغییر ساختاری نرخ ارز بر پیچیدگی اقتصادی مثبت و معنادار بوده است؛ یعنی وقتی شاخص تغییر ساختاری و نرخ ارز با هم تغییر کنند، اثر ترکیبی آن‌ها باعث افزایش حدود $0/37$ واحدی پیچیدگی اقتصادی می‌شود. این نشان‌دهنده نقش تعدیل‌کننده نرخ ارز بر اثر تغییر ساختاری است. دو کانال اصلی که از طریق آن‌ها نرخ ارز واقعی (RER) بر درآمد، رشد و توسعه تأثیر می‌گذارد، کانال‌های تقاضای کل اقتصاد کلان کینزی و تجارت (کوتاه‌مدت) و کانال توسعه (بلندمدت) هستند. اولین کانال، واضح‌ترین کانال نیز هست؛ زیرا قیمت ارز یک کشور عامل اصلی تعیین‌کننده رقابت‌پذیری بین‌المللی آن است. کانال دوم از طریق تغییر ساختاری ناشی از عوامل جانبی تقاضا و عرضه در قالب اشتغال و تغییر تولید به سمت بخش‌های با بهره‌وری بالاتر و بازده فزاینده، یادگیری از طریق عمل، سودآوری، پس‌انداز و سرمایه‌گذاری، شکست‌های بازار مرتبط با اطلاعات و سایر عوامل خارجی عمل می‌کند. به‌طور خلاصه، بسیاری از اثرات کوتاه‌مدت تغییرات نرخ ارز بر تولید، به تأثیر آن بر تراز تجاری، یا از طریق ارزش‌های تجاری، یا از طریق تأثیر بر هزینه‌های داخلی برای کالاهای داخلی، بستگی دارد. مستقیم‌ترین کانالی که نرخ ارز واقعی از طریق آن بر تراز خارجی تأثیر می‌گذارد، از طریق اثرات درآمدی و جانشینی است. همان‌طور که قبلاً بحث شد، رویکرد سنتی برای تحلیل این پیوند، شرط کلاسیک مارشال-لرنر است که کشش‌های نامحدود عرضه صادرات و واردات را فرض می‌کند. مدل‌های جدیدتر رفتار تجاری، میزان عبور نرخ ارز، قیمت‌گذاری در بازار، تنگنای عرضه و مسائل مرتبط را در نظر می‌گیرند. این امر برخی از تأثیر نوسانات نرخ ارز بر حجم تجارت را خنثی می‌کند. تولید ناخالص داخلی سرانه اثر مثبت ولی نامطمئن دارد، به‌طوری‌که افزایش یک واحد می‌تواند پیچیدگی اقتصادی را حدود $0/47$ واحد افزایش دهد. متغیر توسعه مالی یا عمق مالی در اینجا دارای اثر مثبت و معناداری بر پیچیدگی اقتصادی می‌شود، به‌طوری‌که افزایش یک واحد در توسعه مالی موجب افزایش حدود $0/89$ واحدی پیچیدگی اقتصادی می‌شود. متغیرهای هزینه‌های مصرفی دولت و تراکم جمعیت هر دو دارای اثر منفی ضعیف ولی نامطمئن بر پیچیدگی اقتصادی بوده است، به‌طوری‌که به ترتیب افزایش یک واحد در هزینه‌های مصرفی دولت و تراکم جمعیت می‌تواند باعث کاهش $0/1$ و $0/47$ واحدی پیچیدگی اقتصادی شود. اثر ضرایب دیگر متغیرهای در نظر گرفته شده در مدل مانند آموزش ابتدایی، رانت منابع طبیعی و درجه باز بودن تجاری یا بسیار ناچیز بوده و یا کاملاً در فاصله اطمینان صفر قرار دارد و می‌توان ضرایب به‌دست آمده را حاکی از عدم تأثیرگذاری این متغیرها بر پیچیدگی اقتصادی دانست؛ بنابراین جایی در مدل‌ها نداشته و به عبارتی تأثیری بر پیچیدگی اقتصادی نداشته است.

۵. نتیجه‌گیری

بررسی اثر نرخ ارز واقعی بر پیچیدگی اقتصادی و همچنین توجه به تغییرات ساختاری در کشور جهت لحاظ نمودن این متغیر جهت بررسی روابط بین نرخ ارز واقعی و پیچیدگی اقتصادی نوآوری این پژوهش می‌باشد. در این پژوهش تغییرات ساختاری و بحث تنوع و پیچیدگی اقتصادی بررسی می‌شود. تغییر ساختاری به انتقال منابع اقتصادی اعم از نیروی کار، سرمایه و فناوری از بخش‌های با بهره‌وری پایین (مانند کشاورزی سنتی) به سمت بخش‌های با بهره‌وری بالاتر (مانند صنعت و خدمات مدرن) اشاره دارد؛ به عبارتی، نرخ ارز واقعی به‌عنوان یک ابزار سیاستی برای تحریک تغییر ساختاری عمل می‌کند. نرخ ارز رقابتی می‌تواند منابع را از بخش‌های سنتی (مانند کشاورزی یا خدمات غیرقابل تجارت) به سمت بخش‌های صنعتی و پیچیده‌تر سوق دهد.

جهت بررسی این پژوهش ابتدا شاخص تغییرات ساختاری در اقتصاد ایران با توجه به مطالعات «کلبور» (۲۰۱۴)، «کوزنتس» (۱۹۷۱) و «چنری» و «سیرکونین» (۱۹۷۵) با روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی و استفاده از ۱۱ متغیر اقتصادی، اجتماعی و سیاسی شامل سهم بخش کشاورزی از تولید ناخالص داخلی، سهم بخش صنایع و معادن از تولید ناخالص داخلی، سهم بخش خدمات از تولید ناخالص داخلی، سهم بخش کشاورزی از نیروی کار شاغل، سهم بخش صنایع و معادن از نیروی کار شاغل، سهم بخش خدمات از نیروی کار شاغل، نسبت صادرات کل به تولید ناخالص داخلی، نسبت واردات کل به تولید ناخالص داخلی، نرخ شهرنشینی، نرخ مرگ و میر و نرخ زاد و ولد را به دست می‌آوریم، سپس با استفاده از مؤلفه اول تغییر ساختاری به دست آمده و سایر متغیرهای تولید ناخالص داخلی سرانه، هزینه مصرف نهایی دولت، درجه باز بودن تجاری، رانت منابع طبیعی، عمق مالی، تراکم جمعیت و آموزش، تجزیه و تحلیل از روش میانگین گیری بیزی انجام شده است. که ابتدا ۱۴ مدل بیزی با ترکیب‌های مختلفی از متغیرهای توضیحی و تعامل‌ها برآورد شده است. ولی در نهایت با بررسی احتمال پسین مدل‌ها، مدل شماره هفت با مقدار حدود ۹۹/۵۳٪ بالاترین اعتبار را در میان مدل‌های بررسی شده داراست و می‌توان آن را به عنوان مدل اصلی در تحلیل انتخاب نمود.

مدل هفتم، که از نظر احتمال پسین (PMP) به عنوان بهترین ساختار بیزی انتخاب شد. در این مدل شاخص پیچیدگی اقتصادی (ECI) تحت تأثیر سه متغیر کلیدی شدت تخصص صادراتی، نرخ واقعی ارز، و تولید ناخالص داخلی قرار داشت. نتایج نشان داد که افزایش تمرکز صادراتی با کاهش پیچیدگی اقتصادی همراه بوده است. این اثر نشان‌دهنده وابستگی کشور و صادرات به کالاهای محدود و کم‌تنوع بوده است. در مقابل، نرخ واقعی ارز اثر مثبتی داشته است. این عامل بیانگر نقش تعدیل گر رقابت‌پذیری در ارتقای ساختار صادراتی بوده است. مهم‌تر از همه، تولید ناخالص داخلی با اثر مثبت و نسبتاً قوی، نشان‌دهنده پیوند مستقیم بین سطح توسعه اقتصادی و پیچیدگی صادراتی بوده است؛ به طوری که کشورهایی با ظرفیت تولیدی بالاتر، توانایی بیشتری در ارائه محصولات پیچیده داشته‌اند. بر این اساس، پیشنهاد می‌شود از تمرکز بیش از حد بر صادرات تک‌محصولی اجتناب شود و تنوع‌بخشی هدفمند در ساختار صادراتی دنبال گردد. همچنین سیاست‌های ارزی باید با هدف حفظ رقابت‌پذیری واقعی، نه صرفاً تثبیت نرخ اسمی طراحی شود. مطابق سایر نتایج سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های تولیدی و ارتقای بهره‌وری داخلی می‌تواند مسیر مؤثری برای افزایش پیچیدگی اقتصادی و عبور از وابستگی به صادرات اولیه باشد؛ بنابراین توسعه پایدار صادراتی نیازمند هم‌افزایی بین سیاست‌های صنعتی، ارزی و توسعه‌ای است. پایین بودن بهره‌وری تولید، جامعه را با مشکلاتی مانند افزایش بهای تمام شده تولید، عدم توان رقابتی در بازارهای جهانی و کاهش کیفیت کالاهای تولیدی مواجه می‌کند. ارتقا بهره‌وری کشور منوط به اعمال سیاست‌های مناسب است. دولت‌ها باید سیاست‌هایی را طراحی کنند که انگیزه‌هایی را برای شرکت‌ها فراهم کند تا محصولات پیچیده‌تری تولید کنند. اگر دولت در پروژه‌های زیرساختی مانند آموزش و انرژی سرمایه‌گذاری کند، سرمایه‌گذاری عمومی می‌تواند باعث بهبود تنوع اقتصادی شود. سیاست‌گذاران با اتخاذ سیاست‌های پولی و ارزی مناسب، از نوسانات شدید نرخ ارز واقعی جلوگیری کنند؛ زیرا بی‌ثباتی ارزی انگیزه سرمایه‌گذاری در صنایع پیچیده و دانش‌بنیان را کاهش می‌دهد. دولت باید از تولید و صادرات کالاهای با فناوری بالا و ارزش افزوده بیشتر به منظور افزایش پیچیدگی اقتصادی و کاهش وابستگی به صادرات مواد خام حمایت کند. همچنین اصلاح ساختار تولید از طریق توسعه صنایع دانش‌بنیان، فناوری‌محور و صادرات‌گرا به گونه‌ای که اقتصاد توانایی بهره‌گیری از مزیت‌های نرخ ارز را داشته باشد از سایر وظایف حاکمیتی دولت در این زمینه است. افزایش حمایت‌های مالی و مالیاتی از فعالیتهای پژوهشی، نوآوری و انتقال فناوری برای ارتقای پیچیدگی تولیدات داخلی، بهبود محیط کسب‌وکار، کاهش موانع

تولید، تسهیل سرمایه‌گذاری داخلی و خارجی و افزایش رقابت‌پذیری بنگاه‌ها برای توسعه محصولات پیچیده‌تر، هماهنگی سیاست‌های ارزی، تجاری و صنعتی، از دیگر پیشنهادها در راستای نتایج این پژوهش است.

سپاسگزاری

از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه شهید چمران اهواز به‌واسطه حمایت از انجام این فعالیت پژوهشی (به شماره ۴۹۱۵۳۶) تشکر می‌شود.

درصد مشارکت نویسندگان

این مقاله مستخرج از رساله دکتری نویسنده اول و راهنمایی و مشاوره سایر نویسندگان است.

تضاد منافع

نویسندگان ضمن رعایت اخلاق نشر در ارجاع‌دهی و دقیق بودن آن در متن و انتهای مقاله، نبود تضاد منافع را اعلام می‌دارند.

کتابنامه

- ابوترابی، محمد علی، حاج امینی، مهدی، توحیدی، سحر، (۱۴۰۰). عملکرد سیستم مالی و تورم در ایران: برخی واقعیت‌های سبک وار. فصلنامه سیاست‌های مالی و اقتصادی، ۹(۳۳): ۴۱-۷۶. <http://qjefp.ir/article-۷۶-۴۱>
- 1-1201-fa.html
- انواری، ابراهیم؛ مرادی، پرستو و آرمن، سید عزیز، (۱۴۰۳). آزمون اثر تقاطعی رژیم‌های مثبت و منفی پولی بر درجه عبور ناقص و نامتقارن نرخ ارز در کوتاه‌مدت و بلندمدت. فصلنامه اقتصاد مقداری (بررسی‌های اقتصادی سابق)، ۲۱(۲): ۱۵۸-۱۲۷. <https://doi.org/10.22055/jqe.2021.36717.2351>
- بهشتی، محمد باقر؛ محمد زاده، پرویز و قاسملو، خلیل، (۱۳۹۷). تحلیل تغییرات ساختاری و مزیت رقابتی بخش‌های اقتصادی استان‌های کشور با استفاده از مدل تغییر سهم پویای فضایی. فصلنامه پژوهش‌های سیاست‌های اقتصادی، ۲۶(۸۸): ۷۱-۱۰۶. <http://qjerp.ir/article-1-1948-fa.html>
- جالایی اسفندآبادی، سید عبدالمجید و میرزایی، فتانه، (۱۳۹۳). تأثیر نرخ ارز واقعی مدل (ادواردز) بر سرریز تکنولوژی در ایران. فصلنامه اقتصاد مقداری (بررسی‌های اقتصادی سابق)، ۱۱(۲): ۶۷-۴۱. https://jqe.scu.ac.ir/article_11849.html?lang=fa
- جواهری، بختیار؛ قادری، سامان؛ قماش، نیکو و امانی، رامین، (۱۴۰۳). بررسی تأثیر پیچیدگی اقتصادی و ردپای اکولوژیکی بر رشد اقتصادی کشورهای اوپک. نشریه علمی پژوهش‌های اقتصادی (رشد و توسعه پایدار)، ۲۴(۱): ۵۶-۲۷. https://ecor.modares.ac.ir/article_13584.html
- حکم‌اللهی، یاسمن؛ طیب‌نیا، علی و مهرآرا، محسن، (۱۴۰۱). بررسی اثر آزادسازی تجاری و تغییرات ساختاری بر بهره‌وری کل عوامل در کشورهای منتخب (۲۰۱۸-۲۰۰۰). فصلنامه علمی، پژوهش‌های رشد و توسعه اقتصادی، ۱۲(۴۸): ۲۹-۱۵. <https://doi.org/10.30473/egdr.2021.59625.6246>

- رحیمی، فرشته؛ سایه میری، علی؛ قاسمیان، نرگس و شایان، عبدالله، (۱۴۰۰). اثر شاخص پیچیدگی اقتصادی بر رشد اقتصادی کشورهای (MENAT2008-2017). *فصلنامه اقتصاد کاربردی*، ۱۱ (۳۶): ۱۵-۱. <https://doi.org/10.30495/jae.2021.18181>
- دی واس، دی. ای. (۱۴۰۲). پیمایش در تحقیقات اجتماعی. ترجمه هوشنگ نائینی. نشر نی. <https://nashreney.com/product>
- کوزنتس، سیمون، (۱۳۷۲). رشد نوین اقتصادی. ترجمه قره باغیان، تهران: موسسه خدمات فرهنگی رسا. <https://library.iut.ac.ir/Inventory/101/5965.htm>.
- عزیزی، زهرا، (۱۳۹۸). اثر آستانه‌ای پیچیدگی اقتصادی بر مصرف انرژی در ایران با استفاده از یک الگوی رگرسیون انتقال ملایم. *فصلنامه مطالعات اقتصادی کاربردی ایران*. دوره و شماره: ۸، شماره ۳۲، ۱۰۳-۱۲۷. <https://doi.org/10.22084/aes.2019.18854.2858>
- محمدی خیاره، محسن؛ و زیوری، امینه، (۱۴۰۱). تأثیر پیچیدگی اقتصادی بر رشد اقتصادی کشورهای-N-11 با استفاده از رویکرد Panel ARDL. *پژوهش نامه اقتصادی*، ۲۲ (۸۶): ۲۱۹-۱۸۵. <https://doi.org/10.22054/joer.2023.71043.1105>
- مشیری، سعید؛ و التجائی، ابراهیم، (۱۳۸۷). اثر تغییرات ساختاری بر رشد اقتصادی کشورهای تازه صنعتی شده. *فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران*، ۱۲ (۳۶): ۱۱۳-۸۵. https://ijer.atu.ac.ir/article_3567.html?lang=fa

References

- Abiad, A., Baris, K., Bertulfo, D., Camingue-Romance, S., Feliciano, P., Mariasingham, J., Mercer-Blackman, V., & Bernabe, J., (2018). *The Impact of Trade Conflict on Developing Asia* (Working Paper No. 566). Asian Development Bank. <https://doi.org/10.22617/WPS189722-2>
- Aboutorabi, M. A., Hajamini, M., & Tohidi, S., (2021). Financial System Performance and Inflation in Iran: Some Stylized Facts. *qjfe* 2021; 9 (33): 41-76. <http://qjfe.ir/article-1-1201-fa.html> (In Persian).
- Anvari, E., moradi, P. & Arman, S. A., (2024). The Effect of cross-over effect of positive and negative monetary regimes on the incomplete and asymmetric Degree of Exchange Rate Pass-Through with: NARDL and Markov-switching Method. *Quarterly Journal of Quantitative Economics (JQE)*, 21(2), 127-159. <https://doi.org/10.22055/jqe.2021.36717.2351> (In Persian).
- Avom, D., & Ndoya, H., (2022). Does country stability spur economic complexity? Evidence from panel data. *Applied Economics Letters*, 30(16), 2259-2264. <https://doi.org/10.1080/13504851.2022.2133890>
- Azizi, Z., (2020). The Threshold Effect of Economic Complexity on Energy Consumption in Iran Using Smooth Transition Regression Model. *The Iranian Journal of Applied Economic Studies*, 8(32): 103-127. <https://doi.org/10.22084/aes.2019.18854.2858>. (In Persian).
- Barbosa-Filho, N. H., (2006). Exchange Rates, Growth and Inflation. Paper presented at the Annual Conference on Development and Change, Campos do Jordão, Brazil, November 17-20.

https://www.researchgate.net/publication/229048238_Exchange_rates_growth_and_inflation

- Beheshti, M. B., Mohammadzadeh, P., & Ghasemloo, K., (2019). Structural Changes and Competitive Advantages in Iran's Provinces: A Dynamic Spatial Shift- Share Analysis. *qjerp* 2019; 26 (88) :71-106. <http://qjerp.ir/article-1-1948-fa.html> (In Persian).
- Branson, W. H., Guerrero, I. M., & Gunter, B. G., (1998). *Patterns of Development 1970-1994*. WBI Working Papers Washington, D.C. : World Bank Group. <https://documents.worldbank.org/curated/en/723331468739371693/pdf/multi-page.pdf>
- Bresser-Pereira, L. C., (2014). *A Construção Política do Brasil: Sociedade, economia e Estado desde a Independência*. São Paulo (Brazil): Editora 34. <https://www.loc.gov/item/hlas-bi2017003751/>
- Brito, S., Magud, N. E., & Sosa, S., (2018). Real Exchange Rate, Economic Complexity, and Investment. (IMF Working Paper No. WP/18/107). International Monetary Fund, Institute for Capacity Development. <https://doi.org/10.5089/9781484359943.001>
- Caldarola, B., Mazzilli, D., Patelli, A., & Sbardella, A., (2024). Structural Change, Employment, and Inequality in Europe: An Economic Complexity Approach (*UNU-MERIT Working Paper* No. 2024-033). <https://hdl.handle.net/10419/326929>
- Camargo, J. S. M. & Gala, P., (2017). The Resource Curse Reloaded: Revisiting the Dutch Disease with Economic Complexity Analysis. (Erişim: 13.01.2020). <https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/handle/10438/18037>.
- Can, M., Balsalobre-Lorente, D., Adedoyin, F. F. & Mercan, M., (2023). The Impact of Trade Openness, Export Concentration and Economic Complexity on Energy Demand among G7 Countries. *Energy & Environment*, 34(1), 1–22. <https://doi.org/10.1177/0958305X221133432>
- Chen, C., Salike, N. & Thorbecke, W., (2023). Exchange Rate Effects on China's Exports: Product Sophistication and Exchange Rate Elasticity. *Asian Economic Journal*, 37(3), 371–400. <https://doi.org/10.1111/asej.12295>
- Chenery, H. & Syrquin, M., (1975). *Patterns of development 1950-1970*. World Bank and Oxford University Press. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/482491468328816108/pdf/11913.pdf>
- Chenery, H. B., (1979). *Structural change and development policy*. Published for the World Bank by Oxford University Press. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000040874>
- Chu, L. K., (2020). The Effects of Financial Development on Economic Sophistication: Evidence from Panel Data. *Applied Economics Letters* 27 (15), 1260–1263. <https://doi.org/10.1080/13504851.2019.1676866>
- Cizmović, M., Shachmurove, Y. & Vulcanovic, M., (2020). Real Effective Exchange Rates and Deindustrialization: Evidence from 25 Post-Communist Eastern European countries. SSRN Working Paper No. 3667183. <https://ssrn.com/abstract=3667183>
- Danilov, D. & Magnus, J. R., (2004). On the harm that ignoring pretesting can cause. *Journal of Econometrics*, 122(1), 27–46. <https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2003.10.018>
- De Wass, D. A., (2023). *Surveying in Social Research*. Translated by Houshang Naini. Ney Publications. <https://nashreneny.com/product>. (In Persian).

- De Luca, G., & Magnus, J. R., (2011). Bayesian Model Averaging and Weighted Average Least Squares: Equivariance, Stability, and Numerical Issues. *The Stata Journal*, 11(4), 518–544. <https://doi.org/10.1177/1536867X1201100402>
- Dietrich, A., (2009). *Does growth cause structural change, or is it the other way round?: A dynamic panel data analyses for seven OECD countries* (Jena Economic Research Paper No. 2009-034). Friedrich Schiller University Jena and Max Planck Institute of Economics. <https://hdl.handle.net/10419/31735>
- Furtado, C., (1964). Development and underdevelopment. University of California Press. <https://www.ucpress.edu/books/development-and-underdevelopment>
- Gabriel, L. F., & Missio, F. J., (2018). Real Exchange Rate and Economic Complexity in a North-South Structuralist BoPG Model. *PSL Quarterly Review*, 71(287), 439–465. https://doi.org/10.13133/2037-3643_71.287_6
- Gala, P., (2007). Real Exchange Rate Levels and Economic Development: Theoretical Analysis and Econometric Evidence. *Cambridge Journal of Economics*, 32(2), 273–288. <https://doi.org/10.1093/cje/bem042>
- Hausmann, R., Hwang, J., & Rodrik, D., (2007). What You Export Matters. *Journal of Economic Growth*, 12(1), 1-25. <https://doi.org/10.1007/s10887-006-9009-4>
- Hausmann, R., Hidalgo, C. A., Bustos, S., Coscia, M., Simoes, A., & Yildirim, M. A., (2013). *The Atlas of Economic Complexity: Mapping Paths to Prosperity*. MIT Press. <https://doi.org/10.7551/mitpress/9647.001.0001>
- Hickson, J., (2017). The Atlas of Economic Complexity: A Review. *Newcastle Business School Student Journal*, 1(1), 27–33. <https://novaos.newcastle.edu.au/uonsbj/index.php/uonsbj/article/view/15>
- Hidalgo, C. A., Klinger, B., Barabási, A. L., & Hausmann, R., (2007). The Product Space Conditions the Development of Nations. *Science*, 317(5837), 482–487. <https://doi.org/10.1126/science.1144581>
- Hidalgo, C. A., & Hausmann, R., (2009). The Building Blocks of Economic Complexity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(26), 10570–10575. <https://doi.org/10.1073/pnas.0900943106>
- Hidalgo, C. A., (2023). The Policy Implications of Economic Complexity. *Research Policy*, 52, 104863. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2023.104863>
- Hirschman A., (1958). *The Strategy of Economic Development*, New Haven (CT): Yale University. https://books.google.com/books/about/The_Strategy_of_Economic_Development.html?id=wls-AAAAYAAJ
- Hokmollahi, Y., Taiebnia, A. & Mehrara, M., (2022). Investigate the Effect of Trade Liberalization and Structural Changes on Total Factor Productivity. *Economic Growth and Development Research (EGDR)*, 12(48): 15-28. <https://doi.org/10.30473/egdr.2021.59625.6246>. (In Persian).
- Iasco-Pereira, H. C. & Missio F. J., (2022). Real Exchange Rate And Structural Change: Theory And Empirical Evidence. *Investigación Económica*, 81(320), 81–107. <https://doi.org/10.22201/fe.01851667p.2022.320.81546>
- Jaadi, Z., (2025). *Principal Component Analysis: A Step-by-Step Explanation*. Built In. <https://builtin.com/data-science/principal-component-analysis>
- Jalaei Esfandabadi, S. A., & Mirzaei F., (2014). The effect of real exchange rate (Edwards model) on technology spillover in Iran. *Quarterly Journal of Quantitative*

- Economics (Former Economic Reviews)*, 11(2), 41–67.
https://journals.scu.ac.ir/article_11849.html (in Persian).
- Javaheri, B., Ghaderi, S. Ghomashi, N. & Amani, R., (2024). Investigating the impact of economic complexity and ecological footprint on economic growth in OPEC countries. *Economic Research and Perspectives*, 24(1): 27-56.
https://ecor.modares.ac.ir/article_13584.html. (In Persian).
- Jolliffe, I. T., & Cadima, J., (2016). Principal Component Analysis: A Review and Recent Developments. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 374(2065), 20150202.
<https://doi.org/10.1098/rsta.2015.0202>
- Kaldor, N., (1967). Problems of Industrialization in Underdeveloped Countries. In *Strategic factors in economic development* (pp. 53–72). Ithaca, NY: Cornell University Press. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000059743>
- Kamin, S. B., & Klau, M., (1998). Some Multi-Country Evidence on the Effects of Real Exchange Rates on Output. *FRB International Finance Discussion Paper*, (611).
<https://doi.org/10.17016/IFDP.1998.611>
- Kelbore, Z. G., (2014). *Multidimensional Structural Transformation Index: A New Measure of Development*. Munich Personal RePEc Archive (MPRA Paper No. 62920).
<https://mpira.ub.uni-muenchen.de/62920/>
- Kelly, A. M., Ketu, I., Tchachet Tchouto, J.-E., & Nembot Ndeffo, L., (2024). Investigating the Link Between Exhaustion of Natural Resources and Economic Complexity in Sub-Saharan Africa. *African Development Review*, (36)3, 486–502.
<https://doi.org/10.1111/1467-8268.12750>
- Koop, G., (2003). *Bayesian Econometrics*. John Wiley & Sons Ltd.
<https://www.wiley.com/en-us/shop/general-introductory-economics/bayesian-econometrics-p-9780470845677>
- Kuznets, S., (1971). Modern economic growth: Findings and reflections (Nobel Prize lecture). NobelPrize.org. <https://www.nobelprize.org/prizes/economic-sciences/1971/kuznets/lecture/>
- Kuznets, S., (1993). *Modern Economic Growth*. Translated by Qarabaghian, Tehran: Rasa Cultural Services Institute. <https://library.iut.ac.ir/Inventory/101/5965.htm>. (In Persian).
- Lapatinas, A., (2019). The Effect of the Internet on Economic Sophistication: An Empirical Analysis. *Economics Letters*, 174, 35–38.
<https://doi.org/10.1016/j.econlet.2018.10.013>
- Leamer, E., Maul, H., Rodriguez, S., & Schott, P.K., (1999). Does Natural Resource Abundance Increase Latin American Income Inequality?. *Journal of Development Economics*, 59, 3–42. [https://doi.org/10.1016/S0304-3878\(99\)00002-4](https://doi.org/10.1016/S0304-3878(99)00002-4)
- Lilien, D. M., (1982). Sectoral shifts and cyclical unemployment. *Journal of Political Economy*, 90(4), 777–793. <https://doi.org/10.1086/261088>
- McMillan, M. S., & Rodrik, D., (2011). *Globalization, Structural Change and Productivity Growth*. NBER Working Paper No. w17143. Cambridge MA, National Bureau of Economic Research. <https://doi.org/10.3386/w1714>
- Magnus, J. R., & Durbin, J., (1999). Estimation of regression coefficients of interest when other regression coefficients are of no interest. *Econometrica*, 67(3), 639–643.
<https://doi.org/10.1111/1468-0262.00041>

- Masanjala, W. H., & Papageorgiou, C., (2008). Rough and Lonely Road to Prosperity: A Reexamination of the Sources of Growth in Africa Using Bayesian Model Averaging. *Journal of Applied Econometrics*, 23 (5), 671–682. <https://doi.org/10.1002/jae.1013>
- Mohammadi Khyareh, M. & Zivari, A., (2022). The Impact of Economic Complexity on Economic Growth in N-11 Countries: A Panel ARDL Approach Study. *Economics Research*, 22(86): 185-219. <https://doi.org/10.22054/joer.2023.71043.1105> (In Persian)..
- Moshiri, S. & Eltejaei, E., (2008). Structural Changes and Economic Growth in the New Industrialized Countries. *Iranian Journal of Economic Research*, 12(36): 85-113. https://ijer.atu.ac.ir/article_3567.html?lang=fa. (In Persian).
- Myrdal, G., (1957). Economic theory and under-developed regions. G. Duckworth. <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=2273735>
- Nguyen, C. P., Schinckus, C., & Su, T. D., (2020). The Drivers of Economic Complexity: International Evidence from Financial Development and Patents. *International Economics*, 164, 140–150. <https://doi.org/10.1016/j.inteco.2020.09.004>
- Nguyen, C. P., & Su, T. D., (2021). Financing the Economy: The Multidimensional Influences of Financial Development on Economic Complexity. *Journal of International Development* 33 (4), 644–684. doi:10.1002/jid.3541. <https://doi.org/10.1002/jid.3541>
- Nurkse, R., (1953). Problems of capital formation in underdeveloped countries. Oxford University Press. <https://ia801504.us.archive.org/33/items/in.ernet.dli.2015.458735/2015.458735>.
- Peneder, M., (2003). Industrial Structure and Aggregate Growth. *Structural Change and Economic Dynamics*, 14(4), 427-448. [https://doi.org/10.1016/S0954-349X\(02\)00052-8](https://doi.org/10.1016/S0954-349X(02)00052-8)
- Prebisch R., (1964). Nueva política comercial para el desarrollo, México: Fondo de Cultura Económica. https://books.google.com/books/about/Nueva_pol%C3%ADtica_comercial_para_el_desarrr.html
- Rahimi, F.; Sayeh Miri, A.; Ghasemian, N. & Shayan, A., (2021). The Effect of Economic Complexity Index on Economic Growth of Countries (MENAT2008-2017). *Applied Economics*, 11(36): 1-15. [10.30495/jae.2021.18181](https://doi.org/10.30495/jae.2021.18181). (In Persian).
- Raftery, A. E., (1995). Bayesian Model Selection in Social Research. *Sociological Methodology*, 25, 111–163. <https://doi.org/10.2307/271063>
- Rodrik, D., (2006). Industrial Development: Stylized Facts and Policies. Draft Prepared for the U.N.-DESA Publication *Industrial Development for the 21st Century*. Retrieved from: <https://drodrik.scholar.harvard.edu/publications/industrial-development-stylized-facts-and-policies-revised>
- Rodrik, D., (2008). The Real Exchange Rate and Economic Growth. *Brookings Papers on Economic Activity*, 2008 (2), 365–412. <https://doi.org/10.1353/eca.0.0020>
- Rosenstein-Rodan, P.N., (1943). Problems of industrialization in Eastern Europe and South-Eastern Europe. *Economic Journal*, n.53. <https://doi.org/10.2307/2226317>
- Saadi, M., (2020). Remittance Inflows and Export Complexity: New Evidence from Developing and Emerging Countries. *The Journal of Development Studies* 56(12), 2266–2292. <https://doi.org/10.1080/00220388.2020.1755653>

- Sachs, J. D. & Warner, A. M., (1999). The Big Push, Natural Resource Booms and Growth. *Journal of Development Economics*, 59(1), 43-76. [https://doi.org/10.1016/S0304-3878\(99\)00005-X](https://doi.org/10.1016/S0304-3878(99)00005-X)
- Satnarine-Singh, N., Hosein, R., & Saridakis, G., (2024). Structural Change and Export Diversification: A Comparison of CARICOM's Position. *The Journal of International Trade & Economic Development*, 33(6), 1163–1189. <https://doi.org/10.1080/09638199.2023.2240910>
- Shlens, J., (2014). *A Tutorial on Principal Component Analysis* (Version 3.02). <https://arxiv.org/pdf/1404.1100>
- Silva Junior, E. A., Fagundes, M. B. B., & Figueiredo, A. M. R., (2021). Economic Complexity: A Systematic Review of Literature. <https://doi.org/10.12957/desafio.2021.10863>
- Squalli, J., & Wilson, K., (2011). A new measure of trade openness. *The World Economy*, 34(10), 1745–1770. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9701.2011.01404.x>
- Syrquin, M., (1986). Growth and Structural Change in Latin America since 1960: a Comparative Analysis. *Economic Development and Cultural Change*, 34(3), 433-454. <https://doi.org/10.1086/451544>
- Tacchella, A., Cristelli, M., Caldarelli, G., Gabrielli, A., & Pietronero, L., (2012). A New Metrics for Countries' Fitness and Products' Complexity. *Scientific Reports*, 2, 723. <https://doi.org/10.1038/srep00723>
- Teixeira, A.A.C. & Queirós, A.S.S., (2016). Economic Growth, Human Capital and Structural Change: A Dynamic Panel Data Analysis. *Research policy*, 45(8), 1636-1648. <https://ideas.repec.org/a/eee/respol/v45y2016i8p1636-1648.html>
- Timmer, C. P., & Akkus, S., (2008). The structural transformation as a pathway out of poverty: Analytics, empirics and politics. *Center for Global Development Working Paper*, (150). <https://doi.org/10.2139/ssrn.1213154>
- Yalta, A. Y., & Yalta, T., (2021). Determinants of Economic Complexity in MENA Countries. *Journal of Emerging Economies and Policy*, 6(1), 5–16. <http://dergipark.org.tr/joeep>
- Zechlin, L., (2025). Economic Complexity and Financial Development: A Multilayered Analysis of the European Union (Working Paper No. 258/2025). *Berlin School of Economics and Law, Institute for International Political Economy (IPE)*. <https://hdl.handle.net/10419/323944>