-- Iranian Journal of Economic Research ------
Vol 86(26), PP. 165
ijer.atu.ac.ir
DOI: 10.22054/IJER.2021.51236.852

ATU PRESS

Original Reserch Received: 08/04/2020 Accepted: 18/11/2020 ISSN: 1726-0728 eISSN:2476-6445

# Classifying the Relationship of Unemployment and Economic Complexity Based on the Innovation Level

**Narges Hajimoladarvish***
Assistant Professor, Economics, Department of Economics, Faculty of Social Sciences and Economics, Alzahra University, Tehran, Iran

**Neda Mozaffaripour**
Ph.D. Student, Economics, Department of Economics, Faculty of Social Sciences and Economics, Alzahra University, Tehran, Iran

## Abstract

Replacement of labourers by robots and automation has been one of the oldest concerns in the labour market, and many people have attributed rising unemployment to the growth of innovation and technology. Some researchers have linked the impact of technology on employment to breadth and depth of markets. Available evidence suggests that the impact of innovation and technology on employment depends on the international competitiveness of countries and the quality of their workforce. Since the economic complexity index measures both exports and the level of available knowledge in economies, it can be a good candidate for considering the breadth and depth of markets. The present study examines the effect of economic complexity on unemployment by controlling for GDP and inflation and asks whether there is a level of innovation determining the relationship between the economic complexity and unemployment. For this purpose, we use a panel threshold regression for a period 2008- 2017. Findings show that the relationship between economic complexity and unemployment is non-linear. Moreover, there is the evidence of substitution of labour by robots when the innovation index is in the range of [0.456, 0.493).

**Keywords:** Economic Complexity, Innovation, Unemployment, Panel Threshold Regression.

**Classification JEL:** J23, J21, J13, J12, F16

* Corresponding Author: n.moladarvish@alzahra.ac.ir

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۱/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۸/۲۸

ISSN:۱۷۲۶-۰۷۲۸ eISSN: ۲۴۷۶-۶۴۴۵

-- پژوهش‌های اقتصادی ایران---------

دوره ۲۶، شماره ۸۶، بهار ۱۴۰۰، ۱۸۸-۱۶۶

ijer.atu.ac.ir

DOI: 10.22054/IJER.2021.51236.852

# طبقه‌بندی ارتباط میان بیکاری و پیچیدگی اقتصادی براساس سطح نوآوری

**نرگس حاجی‌ملادرویش*** استادیار، گروه اقتصاد، دانشکده علوم اجتماعی و اقتصادی، دانشگاه الزهرا (س)، تهران، ایران

**ندا مظفری‌پور** دانشجوی دکتری علوم اقتصادی، دانشکده علوم اجتماعی و اقتصادی، دانشگاه الزهرا (س)، تهران، ایران

## چکیده

یکی از نگرانی‌های قدیمی بازار کار، جانشینی نیروی کار با روبات‌ها و اتوماسیون بوده و بسیاری از افراد، رشد نوآوری و فناوری را متناسب با افزایش بیکاری دانسته‌اند. برخی از محققان تاثیرپذیری اشتغال از افزایش رشد فناوری را منوط به دامنه و عمق بازارها دانسته‌اند. شواهد موجود نشان می‌دهد تاثیرپذیری اشتغال از نوآوری و فناوری وابسته به قدرت رقابت جهانی کشورها و کیفیت نیروی کار آن‌ها است. از آنجا که شاخص پیچیدگی اقتصادی، هم صادرات و هم سطح دانش موجود در اقتصادها را می‌سنجد، می‌تواند گزینه مناسبی برای در نظر گرفتن دامنه بازارها به‌حساب آید. پژوهش حاضر به بررسی اثر پیچیدگی اقتصادی بر بیکاری با کنترل کردن اثر تولید ناخالص داخلی و تورم پرداخته و این پرسش را مطرح می‌کند که آیا سطحی از نوآوری وجود دارد که تعیین‌کننده نوع ارتباط میان پیچیدگی اقتصادی و بیکاری باشد. برای این منظور از رگرسیون آستانه‌ای در پنلی از کشورها در بازه زمانی ۲۰۱۷-۲۰۰۸ استفاده شده است. یافته‌ها از غیرخطی بودن رابطه میان پیچیدگی اقتصادی و بیکاری حکایت دارد و شواهدی مبتنی بر جانشینی نیروی کار توسط فناوری هنگامی‌که شاخص نوآوری در بازه (۰/۴۹۳, ۰/۴۵۶] قرار دارد به‌دست‌آمده است.

**واژگان کلیدی:** پیچیدگی اقتصادی، نوآوری، بیکاری، رگرسیون آستانه‌ای پنل.

**طبقه‌بندی JEL:** F16, J12, J13, J21, J23.

* نویسنده مسئول: n.moladarvish@alzahra.ac.ir

## ۱- مقدمه

بیکاری و عوامل موثر بر آن همواره مورد توجه اقتصاددانان و سیاست‌گذاران بوده است. در بسیاری از نظریه‌های اقتصادی مانند مدل رشد سولو[1]، نوآوری[2] و پیشرفت‌های فناوری، موتور محرک رشد اقتصادی و کاهش بیکاری هستند، اما همین عوامل می‌توانند تهدیدی برای جانشینی نیروی کار و افزایش بیکاری باشند. از زمان اولین انقلاب صنعتی تاکنون، بیکاری گسترده ناشی از تغییرات فناوری اتفاق نیفتاده است، اما اثرات منفی نوآوری بر اشتغال از موضوعات بحث‌برانگیز در مطالعات اقتصادی است (ویوارلی[3]، ۲۰۱۴). امروزه نگرانی‌های فزاینده‌ای درباره مشاغل و دستمزدها به‌واسطه جانشینی نیروی کار با ربات‌ها و فناوری‌های اتوماسیون وجود دارد (آسم‌اغلو و رسترپو[4]، ۲۰۲۰). به همین دلیل ارتباط بین نوآوری و بیکاری بسیار موردتوجه قرار گرفته و از مفهوم بیکاری فناورانه ریکاردویی[5] تا بحث‌های فعلی درباره ظهور ربات‌ها و استفاده از هوش مصنوعی به واکاوی این ارتباط می‌پردازند (کالوینو و ویرجیلیتو[6]، ۲۰۱۸).

اثر نوآوری بر اشتغال را می‌توان به دو بخش نوآوری در فرآیند و نوآوری در محصول تفکیک کرد؛ نوآوری در محصول و عرضه کالای جدید به بازار، تقاضای جدیدی را برای بنگاه نوآور ایجاد می‌کند که منجر به استخدام بیشتر توسط آن بنگاه می‌شود، اما اگر محصول جدید جایگزین محصولات قدیمی و غیرنوآور شود، اثری منفی بر تقاضای نیروی کار دارد (پیترز[7]، ۲۰۰۴). هدف نوآوری در فرآیند، بهبود بهره‌وری نهاده‌ها همچون نیروی کار است به‌طوری‌که بنگاه قادر به تولید در سطح قبلی با نیروی کار کمتری است. بنابراین، انتظار می‌رود نوآوری در فرآیند اثری منفی بر تقاضای نیروی کار داشته باشد. البته یک تاثیر غیرمستقیم نیز وجود دارد که نباید آن را نادیده گرفت. اگر بنگاه این مزیت را به قیمت کالای تولیدی منتقل کند، تقاضا برای این کالا افزایش یافته و باعث استخدام نیروی کار بیشتری توسط بنگاه می‌شود. این اثر ممکن است از اثربخشی بهره‌وری بیشتر باشد؛

---

1- Solow Growth Model
2- Innovation
3- Vivarelli, M.
4- Acemoglu, D. and Restrepo, P.
5- Ricardian Conceptualization of Technological Unemployment
6- Calvin, F. and Virgillito, M. E.
7- Peters, B.

ازاین‌رو، نمی‌توان به‌طور قطعی درباره تاثیر نوآوری بر اشتغال نتیجه‌گیری کرد (لکنمایر و رتمن[1]، ۲۰۱۱).

کیفیت نیروی کار مانند سطح تحصیلات و مهارت کارگران از عوامل دیگری است که بر رابطه نوآوری و اشتغال تاثیر می‌گذارد. این فرضیه توسط گریلیچ[2] (۱۹۶۹) و ولچ[3] (۱۹۷۰) مطرح شد که فناوری‌های جدید به مهارت‌های مناسب نیاز دارند. بنابراین، کارگرانی که سطح تحصیلات و مهارت متناسب با نوآوری ایجاد شده را دارند، جایگزین کارگران سنتی و کم مهارت می‌شوند.

ارتباط میان نوآوری و اشتغال را می‌توان در سطح کلان نیز بررسی کرد. به‌عنوان مثال ییپل[4] (۲۰۰۵) نشان داده است که افزایش فرصت‌های صادراتی، منجر به سودآوری بیشتر بنگاه‌ها و افزایش اشتغال می‌شود. البته کشورهایی که به دلیل فقدان دانش فنی و فناورانه، صادراتی سنتی دارند از رقابت‌پذیری جهانی کمتری برخوردار هستند و در نتیجه صادرات آن‌ها تاثیر چندانی بر رشد و اشتغال ندارد. تجربه کشورهای آسیای شرقی تاییدی بر این واقعیت است که سرمایه‌گذاری در ارتقای فناوری و نوآوری، می‌تواند به رقابت‌پذیری، رشد و توسعه و اشتغال آن‌ها کمک قابل‌توجهی کند (گیکه‌داکو[5] و همکاران، ۲۰۱۶).

بررسی ارتباط بین تجارت بین‌الملل و اشتغال به نتایج متفاوت و مبهمی منجر می‌شود؛ زیرا نوع کشور مورد مطالعه از نظر میزان توسعه‌یافتگی، ساختار بازار، سطح مهارت نیروی کار و شاخصی که برای آزادسازی تجاری و میزان و نوع کالاهای صادراتی استفاده می‌شود، می‌تواند بر نتایج تاثیر بگذارد (نصرالهی و پوشدوزباشی، ۱۳۹۳). اما، وضعیت صادرات، سطح دانش موجود و قدرت رقابت در بازارهای جهانی یک کشور را می‌توان در آیینه شاخص پیچیدگی اقتصادی (ECI)[6] بررسی کرد.

شاخص پیچیدگی اقتصادی معیاری از دانش‌محور بودن اقتصادها براساس سطح پیچیدگی محصولاتی است که صادر می‌کنند. این شاخص اولین بار توسط گروهی از

1- Lachenmaier, S. and Rottmann, H.
2- Griliches, Z.
3- Welch, F.
4- Yeaple, S. R.
5- Gyeke-Dako, A
6- Economic Complexity Index

محققان دانشگاه‌های هاروارد و ام‌آی‌تی[1] در سال ۲۰۰۷ به عنوان معیاری که از آن برای محاسبه میزان دانش مولد در یک جامعه استفاده می‌شود، معرفی‌شده است (هیدالگو[2] و همکاران، ۲۰۰۷).

هاسمن[3] و هیدالگو (۲۰۱۱) بحث می‌کنند که اقتصادهای پیچیده قابلیت دارند حجم زیادی از دانش مولد را در قالب شبکه‌های وسیعی از افراد تجمیع کرده و مجموعه‌ای متنوع از کالاهای مولد را تولید کنند. این در حالی است که اقتصادهای با پیچیدگی کم دارای انباشت ضعیفی از دانش مولد بوده و دارای تنوع محصولات تولیدی کمتری هستند. از آنجایی‌که محصولات این دسته از کشورها معمولا توسط کشورهای زیادی تولید می‌شود به آن‌ها محصولات فراگیر می‌گویند.

هیدالگو و همکاران (۲۰۰۷) شبکه‌های ارتباطی بین محصولات یا به عبارتی فضای محصول را مورد بررسی قرار دادند و دریافتند که کالاهای فراگیر یا نیاز به دانش چندانی ندارند و یا اگر داشته باشند توسط کشورهایی با پیچیدگی کم قابلیت تولید دارند و به همین دلیل از قدرت رقابتی بین‌المللی کمتری برخوردارند. ازاین‌رو، می‌توان نتیجه گرفت که قدرت رقابتی کشورها با پیچیدگی بالا، بیشتر و به‌تبع آن بیکاری آن‌ها کمتر خواهد بود. علاوه بر این، توسعه محصولات پیچیده، تقاضا برای کارگران کم‌مهارت را کاهش و تقاضا برای مشاغلی با مهارت‌های خاص را افزایش می‌دهد. بر همین اساس آدام، گاراس و لاپاتیناس[4] (۲۰۱۹) نشان داده‌اند که عملکرد بازار کار و اشتغال کشورها با فضای محصول و پیچیدگی در تولید کالاهای صادراتی مرتبط است. همچنین، تاثیر پیچیدگی اقتصادی بر ساختار اشتغال بخش‌های مختلف اقتصاد متفاوت است. به‌عنوان مثال، کن و دوغان[5] (۲۰۱۷) توضیح می‌دهند که تحولات ساختاری و پیچیدگی اقتصادی چگونه بر اشتغال بخش کشاورزی اثری منفی و تاثیر قابل توجه مثبتی بر بخش خدمات دارد. در بخش تولید نیز رابطه‌ای منفی میان پیچیدگی و اشتغال وجود دارد که بزرگ‌ترین دلیل آن اتوماسیون است.

---

1- Harvard and MIT
2- Hidalgo, C. A.
3- Hausmann. R.
4- Adam, A., Garas, A. and Lapatinas, A.
5- Can, M. and Doğ an, B.

در این مطالعه، با توجه به نقش کیفیت نیروی کار و قدرت رقابت کشورها در ارتباط میان بیکاری و نوآوری از شاخص پیچیدگی اقتصادی در مطالعه عوامل موثر بر بیکاری استفاده شده است. علاوه بر این، از آنجا که سطوح بالاتر نوآوری در محصول با صادرات کالاهای پیچیده همبستگی دارد، می‌توان سطوح بالای پیچیدگی اقتصادی را متناسب با نوآوری در محصول دانست و انتظار داشت که سطح نوآوری مبین ارتباط میان پیچیدگی اقتصادی و بیکاری باشد. درنتیجه از شاخص نوآوری به عنوان متغیر آستانه‌ای برای تعیین رابطه میان شاخص پیچیدگی اقتصادی و بیکاری استفاده‌شده است.

یافته‌ها نشان می‌دهد که شاخص پیچیدگی اقتصادی از عوامل موثر در توضیح بیکاری با کنترل کردن ناهمگنی میان کشورها است، اما این اثر وابسته به میزان شاخص نوآوری است. به‌صورت متوسط هنگامی‌که شاخص نوآوری در بازه (۰/۳۱۱ , ۰] قرار دارد، یک واحد افزایش در شاخص پیچیدگی اقتصادی منجر به کاهش ۱/۷۸ درصدی نرخ بیکاری در طول زمان می‌شود. هنگامی‌که شاخص نوآوری در بازه (۰/۴۹۳, ۰/۴۵۶] قرار دارد، اثر پیچیدگی اقتصادی بر بیکاری معنی‌دار و مثبت است و در بقیه موارد ارتباط معنی‌داری میان پیچیدگی اقتصادی و بیکاری وجود ندارد. درنتیجه، به نظر می‌رسد رابطه میان پیچیدگی اقتصادی و بیکاری مشروط به سطح نوآوری است.

ساختار مقاله حاضر در ادامه به این صورت است که در بخش دوم، پیشینه پژوهش که شامل حقایق آشکار شده است، ارائه می‌شود. بخش سوم به تصریح مدل پرداخته و پایه‌های آماری در فصل چهارم بررسی شده است. بخش پنجم به برآورد مدل و تحلیل نتایج پرداخته و در نهایت در بخش ششم نتیجه‌گیری ارائه شده است.

## ۲- پیشینه پژوهش

مطالعات بسیاری در زمینه ارتباط نوآوری و بیکاری انجام شده است که تاثیرگذاری نوآوری بر بیکاری را از طریق کانال‌های مختلف بررسی کرده‌اند. برای مثال، اورتیز و فیومس[1] (۲۰۲۰) در تحقیق خود با عنوان نوآوری فناوری و تقاضای نیروی کار بنگاه‌ها در رونق و رکود اقتصادی از داده‌های بنگاه‌های تولیدی اسپانیا طی دوره ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۴ استفاده کرده‌اند. نتایج حاکی از این است که نوآوری در محصول و فرآیند تاثیر مثبت و

1- Ortiz, J. and Fumás, V. S.

معنی‌داری بر تقاضای نیروی کار دارد و همچنین این اثر رفتار ضدچرخه‌ای دارد و در دوران رکود بیشتر از دوران رونق است.

آسم‌اغلو و رسترپو (۲۰۲۰) در پژوهش خود با عنوان ربات‌ها و شغل‌ها به بررسی میزان افزایش استفاده از ربات‌های صنعتی بین سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۷ در بازار کار ایالات متحده پرداخته‌اند. آن‌ها به این نتیجه رسیده‌اند که پیشرفت در ربات‌ها و فناوری اتوماسیون ممکن است اشتغال و دستمزدها را کاهش دهد. البته تاثیر فناوری‌های اتوماسیون با توجه به تعادل بین اثر جابجایی و اثر بهره‌وری، ممکن است پیامدهای متفاوتی داشته باشد.

تریگوئرو، کرکلز و فرناندز[1] (۲۰۲۰) پژوهشی با هدف بررسی اثر شیوه‌های مختلف نوآوری بر رشد اشتغال با استفاده از داده‌های پنل شرکت‌های تولیدکننده اسپانیایی در دوره ۲۰۱۵-۱۹۹۸ انجام داده‌اند. نتایج این پژوهش تایید می‌کند که نوآوری اثری مثبت بر رشد اشتغال دارد و افزایش اشتغال بستگی به وسعت نوآوری نیز دارد که با روابط خارج از کشور مشخص می‌شود. همچنین هزینه‌های تحقیق و توسعه و صادرکننده بودن بنگاه از عواملی هستند که تاثیر نوآوری را بهبود می‌بخشند.

آدام، گاراس و لاپاتیناس (۲۰۱۹) تاثیر پیچیدگی بر بازار کار را با داده‌های کشورهای OECD برای بازه ۲۰۰۸-۱۹۸۵ و همین‌طور متوسط داده‌های ۷۴ کشور توسعه‌یافته و درحال توسعه در دوره ۲۰۱۰-۱۹۹۰، مورد بررسی قرار داده‌اند. آن‌ها نشان داده‌اند که انتقال به سطح بالاتری از پیچیدگی باعث بیکاری کمتر و اشتغال بیشتر می‌شود و توسعه محصولات پیچیده، تغییرات در بازار کار را به همراه دارد.

بات و کور[2] (۲۰۱۹) در پژوهش خود به مطالعه نقش بهره‌وری از طریق نوآوری بر اقتصاد کشورهای هند، چین، ژاپن و کره جنوبی پرداخته‌اند. نتایج مطالعه نشان می‌دهد که شکاف گسترده‌ای میان بهره‌وری بخش‌های سنتی و مدرن وجود دارد که اشتغال این بخش‌ها را تحت تاثیر قرار می‌دهد و این شکاف تنها با سرمایه‌گذاری در نوآوری و فناوری به حداقل می‌رسد. همچنین سرمایه‌گذاری در پیشرفت فناوری برای بهبود صادرات با فناوری پیشرفته، یک‌راه مناسب برای افزایش بهره‌وری و اشتغال است.

---

1- Triguero, A., Córcoles, D. and Fernández, S.
2- Bhat, G. F. and kaur, S.

ون روی، ورتسی[1] و ویوارلی (۲۰۱۸) احتمال اشتغال‌زایی توسط نوآوری را برای بنگاه‌های اروپایی طی دوره ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۲ بررسی کرده‌اند و به این نتیجه رسیده‌اند که تاثیر مثبت نوآوری بر اشتغال فقط برای بنگاه‌هایی با فناوری بالا معنی‌دار است و در بخش‌های تولیدی و خدماتی با فناوری پایین، اثر معنی‌داری وجود ندارد.

میشل و بیونس[2] (۲۰۱۷) با مطالعه بازار کار آمریکا به این نتیجه رسیده‌اند که اتوماسیون‌ها منجر به جابه‌جایی شغلی در برخی صنایع خاص می‌شود، اما مبنایی بر افزایش بیکاری توسط اتوماسیون‌ها وجود ندارد و پیشرفت‌های سریع فناوری نتایج اقتصادی بهتری را برای نیروی کار به همراه دارد.

پیوا[3] و ویوارلی (۲۰۱۷) به مطالعه رابطه تغییرات فناوری و بیکاری پرداخته‌اند. آن‌ها با استفاده از داده‌های بنگاه‌های تولیدی و خدماتی ۱۱ کشور اروپایی در بازه ۲۰۱۱-۱۹۹۸ و روش GMM سیستمی نشان داده‌اند که هزینه‌های تحقیق و توسعه (به طور عمده مربوط به نوآوری در محصول) تاثیر قابل‌توجهی بر افزایش اشتغال دارد؛ البته این اثر مثبت در بخش‌هایی با فناوری متوسط و پیشرفته دیده شده است و در صنایع با فناوری پایین این اثر وجود ندارد. در همین راستا، پیترز (۲۰۰۴) در مطالعه خود با عنوان اثرپذیری اشتغال از فعالیت‌های مختلف نوآوری با استفاده از اطلاعات ۴۶۱۱ بنگاه خدماتی و تولیدی آلمان برای سال‌های ۲۰۰۰-۱۹۹۸، رابطه مثبت میان نوآوری و اشتغال را تایید کرد و نشان داد که میزان اثرگذاری به خدماتی یا تولیدی بودن بنگاه بستگی دارد.

آتر، دورن و هنسن[4] (۲۰۱۵)، اثر تجارت و فناوری را بر اشتغال بازار کار ایالات‌متحده در سال‌های ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۷ بررسی کرده‌اند و به این نتیجه رسیده‌اند که بازارهایی که توانایی رقابت‌پذیری ندارند و در معرض واردات چینی قرار دارند، افت قابل‌توجهی در اشتغال به‌ویژه در کارگران بدون تحصیلات دانشگاهی را تجربه کرده‌اند درحالی‌که در صنایع دانش‌بنیان که متاثر از فناوری و اتوماسیون‌ها هستند، نتایج عکس حاصل شده است.

هریسن[5] و همکاران (۲۰۱۴) تاثیر نوآوری‌های فرآیند و محصول بر رشد اشتغال ۲۰ هزار بنگاه تولیدی چهار کشور اروپایی در دوره ۲۰۰۰-۱۹۹۸ را بررسی کرده و نشان

---

1- Van Roy, V. and Vértesy, D.
2- Mishel, L. and Bivens, J.
3- Piva, M.
4- Autor, D. H., Dorn, D. and Hanson, G. H.
5- Harrison, R.

داده‌اند که افزایش بهره‌وری ناشی از نوآوری در فرآیند باعث کاهش رشد اشتغال می‌شود، اما گسترش بازار از طریق نوآوری در محصول و تقاضای محصولات جدید، اشتغال را افزایش می‌دهد.

لکنمایر و رتمن (۲۰۱۱) در مقاله‌ای با عنوان تاثیر نوآوری بر اشتغال از داده‌های بنگاه‌های تولیدی آلمان در بازه زمانی ۲۰ ساله استفاده کرده‌اند. نتایج این تحقیق که با روش پنل پویا انجام شده است، نشان می‌دهد که ورودی و خروجی نوآوری و همچنین نوآوری در فرآیند و نوآوری در محصول اثرات مثبت و معنی‌داری بر اشتغال دارند.

لکنمایر و وسمن[1] (۲۰۰۶) بیان می‌کنند که رشد اقتصادی نتیجه یک علیت دوطرفه میان نوآوری و صادرات است و این فرض را آزمون کرده‌اند که آیا نوآوری باعث افزایش صادرات می‌شود یا خیر. در این مطالعه که با اطلاعات بنگاه‌های آلمانی در سال ۲۰۰۲ انجام شده است، نتایج حاکی از این است که تغییر عملکرد صادرات شرکت‌ها به‌واسطه نوآوری، موجب افزایش تقریبا ۷ درصدی در سهم صادراتی شرکت‌های آلمانی شده است.

گورگ و استروبل[2] (۲۰۰۲) با استفاده از داده‌های ۲۰۰ بنگاه در کشور غنا در بازه زمانی ۱۹۹۷-۱۹۹۱ به این نتیجه رسیده‌اند که واردات فناوری برای اهداف نوآوری باعث افزایش قابل‌توجه تقاضای نیروی کار ماهر شده، اما مشارکت بیشتر در بازارهای جهانی از طریق فعالیت‌های صادراتی تاثیری بر اشتغال نداشته است.

شاه‌آبادی و ثمری (۱۳۹۵) تاثیر نوآوری بر صادرات کشورهای درحال توسعه و توسعه‌یافته در بازه زمانی ۲۰۱۲-۲۰۰۷ را با روش تخمین معادلات رگرسیون به‌ظاهر نامرتبط در قالب سیستم معادلات هم‌زمان بررسی کرده‌اند. نتایج تحقیق نشان‌دهنده ضریب مثبت و معنادار شاخص نوآوری جهانی است. آن‌ها همچنین به این نتیجه رسیده‌اند که بخش قابل‌توجهی از اثرات نوآوری بر صادرات در کشورهای توسعه‌یافته با سازوکار غیرمستقیم (از کانال تولید ناخالص داخلی، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و شاخص حکمرانی) بر صادرات اعمال می‌شود و در کشورهای درحال توسعه، عکس کشورهای توسعه‌یافته صادق است.

---

1- Wößmann, L.
2- Görg, H. and Strobl, E.

جهانگرد، طائی و قاسمی (۱۳۹۲) تاثیر فناوری بر اشتغال در ایران را با رویکرد داده-ستانده برای سال‌های ۱۳۶۵، ۱۳۷۰ و ۱۳۸۰ مورد مطالعه قرار داده‌اند. نتایج برآوردی نشان می‌دهد که ضرایب متغیر اشتغال نسبت به پارامترهای فناوری مثبت و معنی‌دار است.

صادقی و آذربایجانی (۱۳۸۵) در مقاله‌ای با عنوان نقش و جایگاه اقتصاد دانش‌محور در تقاضای نیروی کار ایران، تاثیر دانش و فناوری را بر تقاضای نیروی کار در ایران برای بازه زمانی ۱۳۵۰ تا ۱۳۸۰ بررسی کرده‌اند. نتایج این مقاله که با روش حداقل مربعات معمولی به دست آمده، نشان‌دهنده تاثیر مثبت و معنی‌دار شاخص‌های دانش و فناوری بر تقاضای نیروی کار ایران است.

باصری و جهانگرد (۱۳۸۵) در مقاله خود با عنوان نقش فناوری بر اشتغال صنایع کارخانه‌ای ایران، تاثیر هزینه‌های تحقیق و توسعه را به عنوان فناوری بر اشتغال برای سال‌های ۱۳۷۴ تا ۱۳۷۹ بررسی کرده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که فناوری، جانشین نیروی کار غیرماهر و مکمل نیروی کار متخصص و ماهر در صنایع کارخانه‌ای ایران است.

با توجه به تفاوت‌های بنیادی میان کشورها و وابستگی نقش نوآوری بر اشتغال به میزان رقابت‌پذیری، سطح پیچیدگی محصولات صادراتی و کیفیت نیروی کار، پژوهش حاضر در مطالعه عوامل موثر بر بیکاری از شاخص پیچیدگی اقتصادی استفاده می‌کند و این پرسش را مطرح می‌کند که آیا سطحی از نوآوری وجود دارد که انواع ارتباط میان پیچیدگی اقتصادی و بیکاری را توضیح دهد. هاسمن و همکاران (۲۰۱۴) نشان داده‌اند که استفاده از شاخص پیچیدگی اقتصادی نسبت به شاخص‌های دیگر از قبیل شاخص توسعه انسانی، شاخص رقابت‌پذیری جهانی و شاخص‌های حکمرانی جهانی، قدرت تبیین بهتری در تخمین رشد اقتصادی یک کشور دارد. همچنین شاخص پیچیدگی اقتصادی می‌تواند توضیح‌دهنده نرخ‌های متفاوت بیکاری در کشورهای مختلف باشد. هیدالگو و هاسمن (۲۰۰۹) نیز نشان می‌دهند که آن دسته از کشورهایی که علاوه بر داشتن تنوع محصولات، محصولات پیچیده نیز تولید می‌کنند، معمولا اقتصاد پیشرفته‌ای دارند و یا انتظار می‌رود که رشد اقتصادی سریع‌تری را در آینده نه‌چندان دور تجربه کنند.

## ۳- روش‌شناسی پژوهش

### ۳-۱- تصریح مدل

به دلیل رابطه متنوع و غیرخطی میان متغیرها، برخی از محققین وجود یک رابطه U شکل و یا معکوس U را به وسیله اضافه کردن مربع متغیر مورد نظر به عنوان متغیر توضیحی مدل‌سازی کرده‌اند که به صورت بسیار ساده‌ای تفسیر می‌شود. محدودیت اصلی این رویکرد و رویکرد وارد کردن متغیرهای مجازی برای مدل‌سازی اثر مقاطع و زمان‌های مختلف، عدم امکان مشخص کردن حد آستانه‌ای و یا بهینه متغیر مورد نظر است.

رگرسیون‌های آستانه‌ای بخشی از مدل‌هایی هستند که به تغییر رژیم معروف هستند و در آن‌ها پارامترهای شیب (ضرایب) با رژیم‌های مختلف که براساس یک آستانه مشخص می‌شوند، تغییر می‌کنند. برخلاف فرآیندهای مارکوفی[1]، این رژیم‌ها پس از رگرسیون قابل مشاهده هستند. رگرسیون‌های آستانه‌ای امکان مدل‌سازی روابط متنوع میان متغیرهای موردنظر را با تغییر تعداد رژیم‌ها میسر می‌سازد. در این مدل‌ها به کمک متغیر آستانه‌ای، داده‌ها به گروه‌های مختلفی تقسیم می‌شوند و مقدار آستانه به صورت درون‌زا همراه با پارامترهای مدل در هر گروه تخمین زده می‌شود. متغیر آستانه‌ای می‌تواند خود به عنوان متغیر توضیحی وارد مدل شود. البته که هیچ لزومی وجود ندارد که متغیر آستانه‌ای به عنوان متغیر توضیحی وارد رگرسیون شود.

استفاده از رگرسیون آستانه‌ای[2] هنسن (۱۹۹۹) در داده‌های پنل علاوه بر مدل‌سازی تفاوت کشورها از دو طریق اثرات ثابت و اثرات تصادفی در عرض از مبدا به تاثیر ناهمگنی در ضرایب می‌پردازد. شاو[3] (۲۰۱۴) نشان می‌دهد که مدل هنسن در میان مدل‌هایی که امکان متغیر بودن شیب را فراهم می‌کنند در عین سادگی، تفسیر اقتصادی بسیار واضحی دارد. بدین ترتیب در رگرسیون آستانه‌ای انواع ارتباط میان متغیرها در رژیم‌های مختلف قابل مدل‌سازی است. بر این اساس و با توجه به پرسش پژوهش، رابطه (۱) ارائه شده است.

---

1- Markov Processes
2- Threshold Regression
3- Hsiao, C.

$$Ue_{it}=\begin{cases}\beta_{10i}+\beta_{11}ECI_{it}+\beta_{12}Lg_{it}+\beta_{13}inflation_{it}+e_{it} & \text{if } In_{it}<\gamma \\ \beta_{20i}+\beta_{21}ECI_{it}+\beta_{22}Lg_{it}+\beta_{23}inflation_{it}+e_{it} & \text{if } In_{it}\geq\gamma\end{cases} \quad (۱)$$

که در آن، $Ue_{it}$ نشان‌دهنده نرخ بیکاری در کشور $i$ در سال $t$، $In_{it}$ مبین شاخص نوآوری، $Lg_{it}$ نشان‌دهنده لگاریتم تولید ناخالص داخلی و $ECI_{it}$ شاخص پیچیدگی اقتصادی است. شاخص نوآوری متغیر آستانه‌ای است و به دلیل همبستگی بالا با شاخص پیچیدگی اقتصادی به عنوان متغیر توضیحی وارد مدل نمی‌شود. بدون شک ارتباط میان پیچیدگی اقتصادی و بیکاری تا اندازه‌ای مربوط به ویژگی‌های خاص کشورها است. به‌منظور آزمون تاثیر ناهمگنی میان کشورها و به‌عبارت‌دیگر بررسی تلفیقی یا پنل بودن مدل از آزمون ضریب لاگرانژ بروش-پاگان[1] استفاده شده است. با توجه به آماره آزمون (۱۳۶۷/۴) و مقدار احتمال به‌دست‌آمده (۰/۰۰۰)، فرضیه صفر که اثر کشورها را صفر در نظر می‌گیرد (داده‌ها را به‌صورت تلفیقی در نظر می‌گیرد) رد می‌شود. استفاده از آزمون F هم نتیجه مشابهی دارد. علاوه بر این، دلیل قرار گرفتن عرض از مبدا به‌صورت اثرات ثابت نتیجه آزمون هاسمن است که در آن فرضیه صفر که برابر با متناسب بودن اثر تصادفی است، مورد پذیرش قرار نمی‌گیرد. آماره آزمون هاسمن برابر با ۷۰/۶۵۳ و به تبع آن احتمال ۰/۰۰۰۰ است. علاوه بر این، علت استفاده از لگاریتم تولید ناخالص داخلی، کاهش واریانس این متغیر و هماهنگی بیشتر میان مقادیر متغیرهای مورد استفاده است.

از آنجایی که شاخص پیچیدگی اقتصادی به عنوان یک عامل پیش‌بینی‌کننده رشد تولید ناخالص داخلی معرفی‌شده است، مساله هم‌خطی میان لگاریتم تولید ناخالص داخلی و شاخص پیچیدگی اقتصادی و دیگر متغیرها مورد بررسی قرار گرفت. برای بررسی مساله هم‌خطی میان متغیرها در مدل‌های پنل دو راه وجود دارد؛ اول، استفاده از روش‌های مکاشفه‌ای مانند میزان همبستگی میان متغیرها است. برای مثال، در صورت استفاده از همبستگی میان متغیرها به عنوان ملاک تصمیم‌گیری باید مواردی را که همبستگی بیش از ۰/۸۰ است، رفع کرد. همبستگی میان لگاریتم تولید ناخالص داخلی و پیچیدگی اقتصادی در داده‌های این پژوهش ۰/۴۵ است. راه دیگر بررسی مساله هم‌خطی، استفاده از مدل

1- Breusch and Pagan Lagrangian Multiplier Test

تلفیقی و به‌تبع آن عامل تورم واریانس است. میزان عامل تورم واریانس برای تمام متغیرها در مدل تلفیقی به شرح جدول (۱) است. مقادیر عامل تورم واریانس در کنار همبستگی میان متغیرها نشان می‌دهد که مشکل هم‌خطی در مدل ارائه شده وجود ندارد.

**جدول ۱. همبستگی متغیرهای مستقل و مقادیر عامل تورم واریانس در مدل تلفیقی**

| | $Lg_{it}$ | $ECI_{it}$ | $inflation_{it}$ | $In_{it}$ | عامل تورم واریانس |
|---|---|---|---|---|---|
| $Lg_{it}$ | ۱ | | | | ۱/۲۳۸۵ |
| $ECI_{it}$ | ۰/٤٥۲٦ | ۱ | | | ۲/۱٦٦۱ |
| $inflation_{it}$ | -۰/۱٦۸٦ | -۰/۳٥۳۳ | ۱ | | ۱/۳٤۰۹ |
| $In_{it}$ | ۰/٤٦۷۳ | ۰/٦۸٤٤ | -۰/٤۲۷٥ | ۱ | ۱/۹۸٥٥ |

ماخذ: یافته‌های پژوهش

بررسی ناهمسانی واریانس اجزای اخلال همان‌طور که در داده‌های مقطعی انتظار می‌رود از ناهمسانی واریانس حکایت دارد. آزمون بروش- پاگان برای اثر متغیرهای توضیحی با آماره آزمون ۱۱۷/۶۸ و اثر کشورها با آماره آزمون ۴۸۶/۶ نشان می‌دهد که واریانس جزء اخلال با متغیرها همبستگی دارد (۰/۰۰۰). درنتیجه لازم است که انحراف معیار ضرایب با لحاظ کردن مشکل ناهمسانی واریانس محاسبه شود. در این پژوهش برای تخمین انحراف معیار ضرایب از تصحیح وایت (۱۹۸۰) استفاده شده است.

### ۳-۲- آزمون‌های مانایی در داده‌های پنل

به‌صورت کلی، بحث مانایی متغیرها در مدل‌های پنل از زمان انتشار مقاله لوین و لین[1] (۱۹۹۲ و ۱۹۹۳) مورد توجه بسیار قرارگرفته است. لوین و لین نشان دادند که در داده‌های پنل آزمون‌های مرسوم ریشه واحد مانند آزمون دیکی-فولر[2] از قدرت کافی برخوردار نیستند. لوین و لین (۱۹۹۲) آزمونی را بر مبنای آزمون ریشه واحد دیکی-فولر معرفی کردند که قدرت بیشتری دارد و اثر مقاطع، اثر زمان و روند را نیز دربر می‌گیرد. لوین و لین (۱۹۹۳) مشکل ناهمسانی واریانس و همبستگی سریالی را نیز کنترل می‌کنند. یافته‌های این دو مقاله در لوین، لین و چو[3] (۲۰۰۲) تجمیع شده است. مشکل این آزمون‌ها استفاده از داده‌های تلفیقی است. ایم، پسران و

1- Levin, A. and Lin, C. F.
2- Dickey–Fuller test
3- Chu, C. S. J.

شین[1] (۲۰۰۳) آزمون دیگری برای آزمون ریشه واحد در داده‌های پنل ارائه کرده‌اند که متمرکز بر میانگین مقاطع است. درحالی‌که در لوین، لین و چو (۲۰۰۲) فرضیه مقابل عبارت است از اینکه همه سری‌ها مانا هستند در آزمون ایم، پسران و شین (۲۰۰۳) فرضیه مقابل عبارت است از اینکه حداقل یکی از سری‌ها مانا است.

چندین آزمون دیگر برای آزمون ریشه واحد در داده‌های پنل ارائه شده است که فرضیه مقابل آن‌ها مانند ایم، پسران و شین (۲۰۰۳) است و در آن‌ها p-value آزمون‌های مختلف دیکی-فولر ترکیب می‌شوند (مددلا و و[2]، ۱۹۹۹؛ چوی[3]، ۲۰۰۱). برای مثال، مددلا و و (۱۹۹۹) با استفاده از روش مونت‌کارلو[4] قدرت آزمون‌های مختلف را بررسی می‌کنند و به این نتیجه می‌رسند که آزمون فیشر قدرت بیشتری دارد و استفاده از روش Bootstrap برای به دست آوردن تجربی توزیع آماره‌های آزمون را پیشنهاد می‌کنند. تمامی این آزمون‌ها در نرم‌افزارهای آماری مانند STATA و R موجود هستند. نتایج ارائه شده در جدول (۲) نشان می‌دهد که متغیرهای مورداستفاده در مدل دارای ریشه واحد نیستند. با توجه به کوتاه بودن دوره مورد بررسی (۱۰ سال) در پژوهش حاضر، نتایج حاصل از این آزمون‌ها را باید با احتیاط تفسیر کرد؛ زیرا فرض‌های موردنیاز بسیاری از آزمون‌های تشخیصی تامین نمی‌شوند.

**جدول ۲. آزمون ریشه واحد سری‌های زمانی در داده‌های پنل**

| سری | آزمون | آماره آزمون | p-value |
|---|---|---|---|
| نرخ بیکاری | لوین، لین و چو (۲۰۰۲) | -۷/۲۷۲ | ۰/۰۰۰ |
| | مددلا و و (۱۹۹۹) | ۳۲۷/۸۵٤ | ۰/۰۰۰ |
| لگاریتم تولید ناخالص داخلی | لوین، لین و چو (۲۰۰۲) | -۲/۹٦۸ | ۰/۰۰۱ |
| | مددلا و و (۱۹۹۹) | ۱۷۵/۹۵۷ | ۰/۰۰۰ |
| پیچیدگی اقتصادی | لوین، لین و چو (۲۰۰۲) | -٦/۱۸۳ | ۰/۰۰۱ |
| | مددلا و و (۱۹۹۹) | ۱٤۲/۱٦۳ | ۰/۰۰۰ |

ماخذ: یافته‌های پژوهش

1- Im, K. S., Pesaran, M. H. and Shim, Y.
2- Maddala, G. S. and Wu, S.
3- Choi, I.
4- Monte Carlo

### ۳-۳- تعداد رژیم‌ها

در رگرسیون‌های آستانه‌ای، پرسشی که مطرح می‌شود مربوط به تعداد رژیم‌ها است که قابل آزمون است. در ابتدا فرضیه صفر $\beta_{11} = \beta_{21}$ در مقابل $\beta_{11} \neq \beta_{21}$ مورد آزمون قرار می‌گیرد. در صورت عدم پذیرفته شدن فرضیه صفر، رگرسیون آستانه‌ای با دو رژیم پذیرفته می‌شود. برای آزمون این فرضیه، اجازه دهید $S_0$ و $S_1$ به ترتیب، نشان‌دهنده مجموع مربعات خطا در فرضیه صفر و فرضیه مقابل باشند، آماره آزمون نسبت درستنمایی برابر است با رابطه (۲):

$$F_1 = \frac{S_0 - S_1(\hat{\gamma})}{S_1(\hat{\gamma})/n} \qquad (۲)$$

دیویس[1] (۱۹۷۷ و ۱۹۸۷) به مشکل مربوط به توزیع $F_1$ که استاندارد نیست، پرداخته است و استفاده از Bootstrap برای به دست آوردن توزیع تجربی را پیشنهاد داده است. درنتیجه توزیع $F_1$ و مقدار p-value آزمون به روش Bootstrap به دست می‌آیند. هنسن (۱۹۹۶) نشان داد که این روش به‌صورت حدی مقادیر صحیحی از p-value را تولید می‌کند. اگر آماره آزمون از مقادیر بحرانی بزرگ‌تر باشد، فرضیه صفر رد می‌شود و مدل رگرسیون آستانه‌ای پذیرفته می‌شود. با استفاده از همین روش امکان وجود رژیم‌های بیشتر مورد آزمون قرار می‌گیرد.

## ٤- پایه‌های آماری

داده‌های مربوط به نرخ بیکاری، تولید ناخالص داخلی و نرخ تورم کشورهای مورد استفاده در این پژوهش از پایگاه داده‌های بانک جهانی استخراج شده است. داده‌های مربوط به شاخص نوآوری از سایت سازمان جهانی مالکیت معنوی گردآوری شده‌اند. این شاخص که به‌منظور خلاصه کردن قابلیت‌های نوآوری تهیه می‌شود، شامل ۸۰ زیرشاخه است تا به‌تمامی ابعاد نوآوری پرداخته شود. برخی از این زیرشاخه‌ها عبارت‌اند از کیفیت نهادهای نظارتی، سهولت شروع کسب‌وکارها، سهولت حمایت از سرمایه‌گذارها و شدت رقابت محلی که همگی وابسته به نقش دولت در اقتصاد هستند. به همین دلیل نقش مستقیم دولت در کاهش بیکاری وارد مدل نشده است. با توجه به اینکه بازه شاخص در سال ۲۰۱۱ به

1 – Davies, R. B.

مقیاسی بین ۰ و ۱۰۰ تغییر کرده است به‌منظور سازگاری شاخص نوآوری با سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۱ که شاخص بین ۱ تا ۷ است، مقادیر شاخص در هرسال بر ماکزیمم مقدار شاخص در آن دوره تقسیم شده‌اند. شاخص پیچیدگی اقتصادی هر کشور نیز از اطلس اقتصاد پیچیدگی گردآوری شده است.

کشورهای مورد بررسی عبارت‌اند از: استرالیا، کانادا، کلمبیا، الجزایر، مصر، فنلاند، فرانسه، یونان، هنگ‌کنگ، هندوراس، کرواسی، مجارستان، اندونزی، ایرلند، فلسطین اشغالی (اسراییل)، ایتالیا، جامائیکا، ژاپن، کره، لیتوانی، لتونی، ملداوی، مکزیک، مقدونیه، مالزی، هلند، نروژ، نیوزلند، پاناما، فیلیپین، لهستان، پرتغال، روسیه، سنگاپور، اسلواکی، اسلونی، سوئد، تونس، ترکیه، اوکراین، اروگوئه، آمریکا، آفریقای جنوبی. دلیل انتخاب این کشورها موجود بودن هم‌زمان شاخص‌های نوآوری و پیچیدگی آن‌ها در بازه زمانی ۲۰۰۸-۲۰۱۷ است که شاخص پیچیدگی در دسترس بوده است.

## ۵- برآورد مدل و تحلیل نتایج

همان‌طور که در مقدمه مطرح شد، با توجه به اهمیت تفاوت میان کشورها، اثر پیچیدگی اقتصادی بر نرخ بیکاری با کنترل تولید ناخالص داخلی، نوآوری و تورم در کشورهای منتخب تخمین زده شد. جدول (۳) نتایج این تخمین را نشان می‌دهد. همان‌طور که از جدول (۳) پیدا است، اثر هر چهار متغیر لگاریتم تولید ناخالص داخلی، نوآوری، پیچیدگی اقتصادی و تورم بر بیکاری منفی است. ارتباط منفی میان تورم و بیکاری به دلیل کوتاه بودن دوره بررسی قابل‌انتظار است. بنابراین، به نظر می‌رسد استدلال فراگیر میان اقتصاددانان که نوآوری باعث کاهش بیکاری می‌شود در یک مدل ساده با داده‌های پنل رد نمی‌شود. اما همان‌طور که پیشتر ذکر شد، نتایج مطالعات مختلف نشان داده‌اند که ارتباط میان نوآوری و بیکاری خطی نیست.

با توجه به عدم معنی‌داری شاخص پیچیدگی و معنی‌داری شاخص نوآوری و وجود همبستگی میان این دو شاخص که معنادار و به میزان ۰/۶۸۴۴ است و از آنجا که نتایج مطالعات تجربی ارتباط میان نوآوری و بیکاری را منوط به دامنه بازارها دانسته‌اند از شاخص نوآوری به‌عنوان متغیر آستانه‌ای برای طبقه‌بندی اثر پیچیدگی اقتصادی بر بیکاری استفاده شد و شاخص نوآوری به‌عنوان متغیر توضیحی وارد مدل نشد. جدول (۴) نتایج این تخمین‌ها را با در نظر گرفتن دو رژیم، سه رژیم و چهار رژیم مختلف نشان می‌دهد. با توجه

به آماره‌های آزمون نسبت درستمانی و مقادیر بحرانی، فرضیه صفر داشتن چهار رژیم رد نمی‌شود. این یافته‌ها نسبت به کم کردن متغیر تورم حساس نیستند.

**جدول ۳. تخمین پارامترها در مدل رگرسیون پنل با اثرات ثابت**

| Unemployment | ضریب | انحراف معیار تصحیح شده | آماره t | Pr(>\|t\|) |
|---|---|---|---|---|
| log(GDP) | -۱۰/۳۶۳۵۱ | ۲/۹٤۹۱ | -۳/۵۱٤۱ | ۰/۰۰۰٤*** |
| ECI | -۰/۵۱۲۲ | ۰/٦٦۱۸ | -۰/۷۷۳۹ | ۰/٤۳۹٤ |
| Innovation | -۷/٤۷٤٤۷ | ٤/۱۸٤۵ | -۱/۷۸٦۲ | ۰/۰۷٤۸* |
| Inflation | -۰/۱۰٦۷ | ۰/۰٦۲۹ | -۱/٦۹٤۱ | ۰/۰۹۱۰* |
| مقطع=٤۳ | زمان=۱۰ | مشاهدات=٤۳۰ | | |
| مجموع مربعات کل=۱۷۲۳/٤ | | مجموع مربعات باقیمانده=۱۳٦٤/٦ | | |
| ضریب تعیین=۰/۲۰۸۲۲ | | ضریب تعیین تعدیل شده=۰/۱۱۳۱۳ | | |
| آماره والد برای معنی‌داری کل رگرسیون | p-value<۲/۲۲e-۱٦ و | F(٤،۳۸۳)=۲۵/۱۸۰٦ | | |

ماخذ: یافته‌های پژوهش

با توجه به نتایج مدل رگرسیونی با چهار رژیم که در قسمت تحتانی جدول (۴) ارائه‌شده است به نظر می‌رسد هنگامی‌که شاخص نوآوری در بازه (۰/۴۹۳, ۰/۴۵۶] قرار دارد، رابطه میان شاخص پیچیدگی اقتصادی و بیکاری مثبت و در بقیه موارد این رابطه منفی است. گویی در ابتدای افزایش نوآوری، رشد فناوری منجر به افزایش صادرات و کاهش بیکاری می‌شود و سپس با رسیدن میزان شاخص نوآوری به آستانه (۰/۴۹۳ , ۰/۴۵۶]، رشد فناوری با وجود افزایش پیچیدگی اقتصادی منجر به افزایش بیکاری می‌شود. همان‌طور که از پیشینه موضوع پیدا است، این امر می‌تواند به علت نوآوری در فرآیندها باشد که منجر به کاهش قیمت‌ها و افزایش تقاضا نشده است. به‌عبارت‌دیگر، رشد نوآوری باوجود افزایش صادرات دانش‌محور منجر به افزایش بیکاری می‌شود و فرضیه جانشینی نیروی کار توسط ربات‌ها تقویت می‌شود. برای مقادیر بیشتر از ۰/۴۹۳ شاخص نوآوری، ارتباط میان شاخص پیچیدگی و بیکاری مجدد منفی می‌شود. به‌عبارت‌دیگر، افزایش نوآوری بیش از این آستانه با افزایش تقاضا منجر به کاهش بیکاری می‌شود.

**جدول ٤. تخمین پارامترها در مدل رگرسیون پنل آستانه‌ای**

| Unemployment | ضریب | انحراف معیار تصحیح شده | آماره t |
|---|---|---|---|
| log(GDP) | -۹/۹۰٤٦ | ۱/۳٦۹٤ | -۷/۲۳۳ |
| Inflation | -۰/۱۰٦ | ۰/۰٤٥٥ | -۲/۳۲۹۲ |
| رژیم اول: ۰/٤٥٦ | | | |
| ECI | -۱/۰۷۸٥ | ۰/٤٤۷۹ | -۲/٤۰۷۸ |
| ECI | -۰/۲۱۷۷ | ۰/٤٤۱۰ | -۰/٤۹۳٥ |
| آزمون لاگرانژ اثر آستانه: ٥/۲٦۸۰۲۲ | | | |
| مقادیر بحرانی | ٪۱ | ٪٥ | ٪۱۰ |
| آماره احتمال=۰/۹۳ | ۲٥/۱۸۱٦ | ۲۷/۸۸۹ | ۳٤/٤٤۸ |
| log(GDP) | -۹/۷۸٥ | ۱/۳٦۲۹ | -۷/۱۷۰۸ |
| Inflation | -۰/۱۰٤۸ | ۰/۰٤٤۸ | -۲/۳٤٤۷ |
| رژیم دوم: [۰/٤۹۳ ، ۰/٤٥٦] | | | |
| ECI | -۰/۷۷۳۱ | ۰/٤٦٥٤ | -۱/٦٦۷۱ |
| ECI | ۰/۷۹۷۳ | ۰/٥٦۸۸ | ۱/۳۸٥٥ |
| ECI | -۰/۷۱۸۳ | ۰/٤٤٤۲ | -۱/٦۱٥۳ |
| آزمون لاگرانژ اثر آستانه: ۱۰/۱۷٤۰۸ | | | |
| مقادیر بحرانی | ٪۱ | ٪٥ | ٪۱۰ |
| آماره احتمال=۰/٤۷ | ۱۹/۷۰۷۳ | ۲٤/۷۸۸۷ | ۲٦/٦۲۷۹ |
| log(GDP) | -۱۰/۰۹٦۲ | ۱/۳٦٥٤ | -۷/۳۹٤٥ |
| Inflation | -۰/۱۰٥۳ | ۰/۰٤۳۹ | -۲/۳۹۹۷ |
| رژیم سوم: [۰/٤۹۳ ،۰/٤٥٦، ۰/۳۱۱] | | | |
| ECI | -۱/۷۸۸ | ۰/٦۸۳٤ | -۲/٦۱٦۳ |
| ECI | -۰/٤۱۱٤ | ۰/٤۹٤۳ | -۰/۸۳۲۳ |
| ECI | ۱/۰۹۹۹ | ۰/٥۹۲۷ | ۱/۸٥٥٦ |
| ECI | -۰/٤۷٥٥ | ۰/٤٥۱۹ | -۱/۰٥۲۱ |
| آزمون لاگرانژ اثر آستانه: ۱۸/۱۱۰٤۹ | | | |
| مقادیر بحرانی | ٪۱ | ٪٥ | ٪۱۰ |
| آماره احتمال=۰/۰۲ | ۱۲/۷٦۸٦ | ۱٤/۸٥۲ | ۱۸/۳۱٤٥ |
| تعداد مشاهدات=٤۳۰ | | | |

ماخذ: یافته‌های پژوهش

یافته‌ها نشـان می‌دهد که شاخص پیچیدگی اقتصادی از عوامل موثر در توضیح نرخ‌های متفاوت بیکاری با کنترل کردن ناهمگنی میان کشـورها اسـت، اما این اثر وابسـته به میزان

شاخص نوآوری است. به‌صورت متوسط هنگامی‌که شاخص نوآوری در بازه (۰/۳۱۱ , ۰] قرار دارد، یک واحد افزایش در شاخص پیچیدگی اقتصادی منجر به کاهش ۱/۷۸درصدی نرخ بیکاری در طول زمان می‌شود. هنگامی‌که شاخص نوآوری در بازه (۰/۴۹۳ ,۰/۴۵۶] قرار دارد، اثر پیچیدگی اقتصادی بر بیکاری معنی‌دار و مثبت است و در بقیه موارد ارتباط معنی‌داری میان پیچیدگی اقتصادی و بیکاری وجود ندارد. اثر هم‌زمان نوآوری در محصول و فرآیند می‌تواند دلیل عدم معناداری اثر پیچیدگی اقتصادی بر بیکاری باشد. درنتیجه، به نظر می‌رسد رابطه میان پیچیدگی اقتصادی و بیکاری مشروط به سطح نوآوری است.

## ٦- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که عملکرد بازار نیروی کار وابسته به شاخص پیچیدگی اقتصادی است. شاخص پیچیدگی اقتصادی معیاری از دانش‌محور بودن اقتصادها براساس سطح پیچیدگی محصولاتی است که صادر می‌کنند. دلیل انتخاب شاخص پیچیدگی اقتصادی در مقابل شاخصی مانند نوآوری ارتباط متنوع میان بیکاری و نوآوری به دلیل تاثیر عواملی چون قدرت رقابت جهانی و به‌تبع آن صادرات، اختلاف در کیفیت نیروی کار و نوع صنایع است.

این مطالعه به بررسی عوامل تعیین‌کننده بیکاری در سطح کلان پرداخته است. اکثر مطالعات بین کشوری به ارتباط میان نهادها و عوامل اقتصادی و نوآوری بر بیکاری پرداخته‌اند. این مطالعه در کنار این عوامل به بررسی تاثیر شاخص پیچیدگی اقتصادی بر بیکاری پرداخته است. یافته‌ها نشان می‌دهد که پیچیدگی اقتصادی توضیح‌دهنده اختلاف در نرخ‌های بیکاری با کنترل کردن اثر کشورهای مختلف است. به‌صورت متوسط یک واحد افزایش در شاخص پیچیدگی اقتصادی منجر به کاهش نیم درصدی نرخ بیکاری در طول زمان می‌شود. علاوه بر این، این پژوهش به بررسی میزانی از نوآوری می‌پردازد که جهت و شدت این رابطه را تعیین می‌کند.

یافته‌های حاصل از رگرسیون پنل آستانه‌ای نشان می‌دهد که ارتباط میان پیچیدگی اقتصادی و بیکاری در اکثر مواقع منفی است و فقط هنگامی‌که که شاخص نوآوری در بازه (۰/۴۹۳ ,۰/۴۵۶] قرار دارد ارتباط میان پیچیدگی اقتصادی و بیکاری مثبت است. ضرایب مربوط به متغیر پیچیدگی اقتصادی در رژیم‌های مختلف نشان می‌دهد که با افزایش شاخص نوآوری تا سطح ۰/۳۱۱ به‌صورت متوسط به ازای هر واحد افزایش در شاخص پیچیدگی

اقتصادی، نرخ بیکاری ۱/۷۸ درصد کاهش می‌یابد. در رژیم دوم که شاخص نوآوری در بازه (۰/۴۵۶ ,۰/۳۱۱] قرار دارد، میزان اثر پیچیدگی اقتصادی بر بیکاری نسبت به رژیم اول کاهش‌یافته و ضریب پیچیدگی اقتصادی برابر با ۰/۴۱۱۴- است. سپس هنگامی‌که شاخص نوآوری در بازه (۰/۴۹۳ ,۰/۴۵۶] قرار می‌گیرد، رابطه میان شاخص پیچیدگی اقتصادی و بیکاری مثبت شده و برای سطوح بالاتر نوآوری این رابطه بار دیگر منفی می‌شود. درنتیجه این مطالعه نشان داده است که رابطه میان پیچیدگی اقتصادی و بیکاری مشروط به سطح نوآوری است.

از آنجا که شاخص پیچیدگی اقتصادی هم صادرات و هم سطح دانش موجود در اقتصادها را می‌سنجد، گزینه مناسبی برای در نظر گرفتن دامنه بازارها محسوب می‌شود و می‌تواند به‌عنوان نوآوری در محصول تفسیر شود. بنابراین، در پژوهش حاضر، این پرسش مطرح شد که آیا سطحی از نوآوری وجود دارد که تعیین‌کننده نوع ارتباط میان پیچیدگی اقتصادی و بیکاری باشد. یافته‌های این پژوهش را می‌توان به‌مثابه سطحی از نوآوری که منجر به فروش محصول پیچیده و کاهش بیکاری می‌شود، تفسیر کرد. با توجه به غیرخطی بودن رابطه میان پیچیدگی اقتصادی و بیکاری براساس سطح نوآوری، پژوهش‌های آتی باید به واکاوی دلایل این رابطه بپردازند. به‌عبارت‌دیگر، اگر رشد نوآوری باوجود افزایش صادرات منجر به افزایش بیکاری می‌شود، فرضیه جانشینی نیروی کار توسط ربات‌ها تقویت می‌شود.

تاثیر مثبت پیچیدگی اقتصادی بر کاهش بیکاری هم‌سو با نتایج آدام، گاراس و لاپاتیناس (۲۰۱۹) است که تاثیر پیچیدگی بر بازار کار را با داده‌های کشورهای OECD برای بازه ۲۰۰۸-۱۹۸۵ مورد بررسی قرار داده‌اند. کشورهای مورداستفاده، شاخص پیچیدگی اقتصادی، بازه موردمطالعه و مدل استفاده شده در پژوهش حاضر نسبت به مطالعه ذکر شده متفاوت هستند. در مطالعه حاضر یک رابطه غیرخطی میان پیچیدگی اقتصادی و بیکاری به‌دست آمده درحالی‌که رابطه میان پیچیدگی و بیکاری در مطالعه مدنظر خطی است. با توجه به تفاوت فاحش در دوره مورد بررسی پژوهش یاد شده و مطالعه حاضر که دوران پس از بحران مالی ۲۰۰۸ را پوشش می‌دهد، پژوهش‌های آتی باید به مطالعه رابطه میان پیچیدگی اقتصادی و بیکاری در افق بلندمدت و با لحاظ کردن دوران‌های رونق و رکود بپردازند.

## تعارض منافع

تعارض منافع وجود ندارد.

## ORCID

Narges Hajimoladarvish https://orcid.org/0000-0002-9499-352X
Neda Mozaffaripour https://orcid.org/0000-0003-2680-8713

## منابع

باصری، بیژن و جهانگرد، اسفندیار. (۱۳۸۵). نقش فناوری بر اشتغال صنایع کارخانه‌ای ایران. *پژوهش‌های اقتصادی ایران*. ۸(۲۸)، ۸۵-۶۱.

جهانگرد، اسفندیار، طائی، حسن و قاسمی، فاطمه. (۱۳۹۲). تاثیر فناوری بر اشتغال در ایران: رویکرد داده ستانده + اقتصاد سنجی. *پژوهش‌های پولی- بانکی*، ۶(۱۶)، ۸۰-۵۹.

شاه‌آبادی، ابوالفضل و ثمری، هانیه. (۱۳۹۵). تاثیرات مستقیم و غیرمستقیم نوآوری بر عرضه صادرات کشورهای منتخب درحال توسعه و توسعه‌یافته (با رویکرد معادلات هم‌زمان). *پژوهشنامه اقتصاد کلان*، ۱۱(۲۱)، ۸۰-۵۹.

صادقی، مسعود و آذربایجانی، کریم. (۱۳۸۵). نقش و جایگاه اقتصاد دانش‌محور در تقاضای نیروی کار ایران. *پژوهش‌های اقتصادی ایران*. ۸(۲۷)، ۱۹۷-۱۷۵.

نصراللهی، زهرا و پوشدوزباشی، هانیه. (۱۳۹۳). رابطه میان تجارت و اشتغال در بخش صنعت. *فصلنامه سیاست‌گذاری پیشرفت اقتصادی*، ۲(۱)، ۱۳۲-۹۷.

## References

Acemoglu, D., and Restrepo, P. (2020). Robots and jobs: Evidence from US labor markets. *Journal of Political Economy*. 128(6). 2188-2244.

Adam, A., Garas, A., and Lapatinas, A. (2019). *Economic complexity and jobs: an empirical analysis* (No. 92401). University Library of Munich. Germany.

Autor, D. H., Dorn, D., and Hanson, G. H. (2015). Untangling trade and technology: Evidence from local labour markets. *The Economic Journal*. 125(584). 621-646.

Baseri, B. & Jahangard, E. (2006). The effects of technological changes on the Iranian manufacturing industry employment. *Iranian Journal of Economic Research*. 8(28). 61-85. [In Persian]

Bhat, G. F., and Kaur, S. (2019). Human resource development, structural transformation, employment generation and innovation: India, China, Japan and South Korea, 1990-2016. *Applied econometrics and*

*international development*. 19(1). 95-114.
Calvino, F., and Virgillito, M. E. (2018). The innovation-employment nexus: a critical survey of theory and empirics. *Journal of Economic surveys*. 32(1). 83-117.
Can, M., and Doğan, B. (2017). The effects of economic structural transformation on employment: an evaluation in the context of economic complexity and product space theory. In *Handbook of research on unemployment and labor market sustainability in the era of globalization* (pp. 275-306). IGI Global.
Choi, I. (2001). Unit Root Tests for Panel Data. *Journal of International Money and Finance*. 20(2). 249–272.
Davies, R. B. (1977). Hypothesis testing when a nuisance parameter is present only under the alternative. *Biometrika*. 64(2). 247-254.
Davies, R. B. (1987). Hypothesis testing when a nuisance parameter is present only under the alternative. *Biometrika*. 74(1). 33-43.
Görg, H., and Strobl, E. (2002). *Relative Wages, Openness and Skill-Biased Technological Change* (No. 596). Institute of Labor Economics (IZA).
Griliches, Z. (1969). Capital-Skill Complementarity. *The Review of Economics and Statistics*. 51(4). 465-68.
Gyeke-Dako, A., Oduro, A. D., Turkson, F. E., Twumasi Baffour, P., and Abbey, E. (2016). The effect of technological innovation on the quantity and quality of employment in Ghana (No. 2016/9). R4D Working paper.
Hansen, B. E. (1996). Inference when a nuisance parameter is not identified under the null hypothesis. *Econometrica: Journal of the econometric society*. 64(2). 413-430.
___ . (1999). Threshold effects in non-dynamic panels: Estimation, testing, and inference. *Journal of econometrics*. 93(2). 345-368.
___ . (2000). Sample splitting and threshold estimation. *Econometrica*. 68(3). 575-603.
Harrison, R., Jaumandreu, J., Mairesse, J., and Peters, B. (2014). Does innovation stimulate employment? A firm-level analysis using comparable micro-data from four European countries. *International Journal of Industrial Organization*. (35). 29-43.
Hausmann, R., and Hidalgo, C. A. (2011). The network structure of economic output. *Journal of Economic Growth*. 16(4). 309-342.
Hausmann, R., Hidalgo, C. A., Bustos, S., Coscia, M., and Simoes, A. (2014). *The atlas of economic complexity: Mapping paths to prosperity*. Mit Press.
Hidalgo, C. A., and Hausmann, R. (2009). The building blocks of economic complexity. *Proceedings of the national academy of sciences*. 106(26). 10570-10575.
Hidalgo, C. A., Klinger, B., Barabási, A. L., and Hausmann, R. (2007). The product space conditions the development of nations. *Science*. 317(5837). 482-487.
Hsiao, C. (2014). *Analysis of panel data* (No. 54). Cambridge university press.
Im, K. S., Pesaran, M. H., and Shin, Y. (2003). Testing for unit roots in heterogeneous panels. *Journal of econometrics*. 115(1). 53-74.

Jahangard, E., Taee, H. & Ghasemi, F. (2013). The Impact of Technology on Employment in Iran: An Econometric +Input-Output Approach. *Journal of Monetary and Banking Research*. 6(16). 59-80. [In Persian]

Lachenmaier, S., and Rottmann, H. (2011). Effects of innovation on employment: A dynamic panel analysis. *International journal of industrial organization*. 29(2). 210-220.

Lachenmaier, S., and Wößmann, L. (2006). Does innovation cause exports? Evidence from exogenous innovation impulses and obstacles using German micro data. *Oxford Economic Papers*. 58(2). 317-350.

Levin, A., and Lin, C. F. (1992). Unit Root Test in Panel Data: Asymptotic and Finite Sample Properties, University of California at San Diego, Discussion Paper No. 92-93.

Levin, A., and Lin, C. F. (1993). Unit Root Test in Panel Data: New Results. University of California at San Diego, Discussion Paper No. 93-56.

Levin, A., Lin, C. F., and Chu, C. S. J. (2002). Unit root tests in panel data: asymptotic and finite-sample properties. *Journal of econometrics*. 108(1). 1-24.

Maddala, G. S., and Wu, S. (1999). A comparative study of unit root tests with panel data and a new simple test. *Oxford Bulletin of Economics and statistics*. 61(S1). 631-652.

Mishel, L., and Bivens, J. (2017). The zombie robot argument lurches on: There is no evidence that automation leads to joblessness or inequality. Economic Policy Institute Working Papers.

Nasrollahi, Z. & Poushdouz, H. (2014). Relationship between trade and employment in the industrial sector. *Journal of Economic Development Policy*. 2(1). 97-132. [In Persian]

Ortiz, J., and Fumás, V. S. (2020). Technological innovation and the demand for labor by firms in expansion and recession. *Economics of Innovation and New Technology*. 29(4). 417-440.

Peters, B. (2004). Employment effects of different innovation activities: Microeconometric evidence. ZEW-Centre for European Economic Research Discussion Paper, (04-073).

Piva, M., and Vivarelli, M. (2017). Technological Change and Employment: Were Ricardo and Marx Right? (No. 10471). Institute of Labor Economics (IZA).

Sadeghi, M. & Azarbayejani, K. (2006). Knowledge based economy and demand for labour in Iran. *Iranian Journal of Economic Research*. 8(21). 175-197. [In Persian]

Shahabadi, A. & Samari, H. (2016). Direct and indirect effects of innovation on export supply in selected developing and developed countries: Simultaneous equations approach. *Research Journal of Macroeconomics*. 11(21). 59-80. [In Persian]

Triguero, Á., Córcoles, D., and Fernández, S. (2020). Influence of open innovation strategies on employment dynamics: evidence for Spanish manufacturing firms. *Economics of Innovation and New Technology*. 29(3). 242-265.

Van Roy, V., Vértesy, D., and Vivarelli, M. (2018). Technology and

employment: Mass unemployment or job creation? Empirical evidence from European patenting firms. *Research Policy*. 47(9). 1762-1776.

Vivarelli, M. (2014). Innovation, employment and skills in advanced and developing countries: A survey of economic literature. *Journal of Economic Issues*. 48(1). 123-154.

Welch, F. (1970). Education in production. *Journal of political economy*. 78(1). 35-59.

White, H. (1980). A Heteroskedasticity-Consistent Covariance Matrix Estimator and a Direct Test for Heteroskedasticity. *Econometrica*. 48(4). 817-38.

Yeaple, S. R. (2005). A simple model of firm heterogeneity, international trade, and wages. *Journal of international Economics*. 65(1). 1-20.