

## بررسی عوامل مؤثر بر رشد بهره‌وری در ایران با استفاده از الگوریتم شبکه‌های عصبی مصنوعی

فرخ نوروزی<sup>۱</sup>، \*مسعود نونژاد<sup>۲</sup>، مهرداد ابراهیمی<sup>۳</sup>، جلیل خداپرست شیرازی<sup>۴</sup>

۱. دانشجوی دکتری اقتصاد، دانشکده اقتصاد و مدیریت، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران

۲. دانشیار اقتصاد، دانشکده اقتصاد و مدیریت، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران

۳. استادیار اقتصاد، دانشکده اقتصاد و مدیریت، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران

۴. استادیار اقتصاد، دانشکده اقتصاد و مدیریت، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران

(دریافت: ۱۳۹۸/۶/۹ پذیرش: ۱۳۹۸/۸/۱۳)

## Investigation of Productivity Growth Factors in Iran Using Artificial Neural Networks Algorithm

Farrokh Norozi<sup>1</sup>, \*Masoud Nonejad<sup>2</sup>, Mehrzad Ebrahimi<sup>3</sup>, Jalil Khodaparast Shirazi<sup>4</sup>

1. Ph.D.in Economics, Shiraz Branch, Islamic Azad University, Shiraz, Iran

2. Associate Professor, Faculty of Economics, Shiraz Branch, Islamic Azad University, Shiraz, Iran.

3. Assitnat Professor, Faculty of Economics, Shiraz Branch, Islamic Azad University, Shiraz, Iran.

4. Assitnat Professor, Faculty of Economics, Shiraz Branch, Islamic Azad University, Shiraz, Iran

(Received: 31/Aug/2019)

Accepted: 4/Nov/2019)

## Abstract:

Today most developed and developing countries emphasize on the importance of productivity as one of the necessities of economic development and competitiveness in the world. Because today, competition is taking various dimensions and striving for higher productivity is one of the important factor of these competitions. On this basis, identifying the factors of affecting productivity growth in the Iran economy is essential for economic growth and development. Therefore, this study intends to first identify the factors affecting productivity growth by using feature selection logic, basis on Non-Dominated Sorting Genetic Algorithm (NSGA-II) then estimate the selective model using Artificial Neural Networks (ANN) for the period (1991-2016) and finally using the Garsen index to measure the sensitivity analysis of factors affecting productivity growth. Based on the results of the feature selection among the twenty variables, foreign investment, health investment, rail lines, innovation index and exchange rate (five variables) were removed from the model. Based on the results of ANN model with Tansig activation function with 3 neurons, it has a prediction power of 0.993 and minimum error of model 0.0019. Also, according to the Garsen index, human capital (15%), government size (11%), openness, research and development and economic corruption control (8%) had the highest impact on productivity growth and monetary development (1.48%) the rule of law (2.27%) and physical capital (3.2%) had the least impact on productivity growth.

**Keywords:** Productivity, Artificial Neural Networks (ANN), Genetic Algorithm.

**JEL:** O4, C45, C61.

## چکیده:

کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه بر اهمیت بهره‌وری به‌عنوان یکی از ضرورت‌های توسعه اقتصادی و کسب برتری رقابتی در عرصه‌های بین‌المللی تأکید دارند؛ زیرا امروزه رقابت در صحنه‌های جهانی ابعاد دیگر به خود گرفته و تلاش برای نیل به سطح بهره‌وری بالاتر یکی از پایه‌های اصلی این رقابت‌ها را تشکیل می‌دهد. بنابراین در مسیر نیل به رشد و توسعه اقتصادی شناسایی عوامل مؤثر بر رشد بهره‌وری در اقتصاد ایران لازم است. این پژوهش در نظر دارد تا در یک تحقیق جامع ابتدا با استفاده از منطق انتخاب ویژگی (الگوریتم ژنتیک دو هدفه) عوامل مؤثر بر رشد بهره‌وری را شناسایی کند، سپس با استفاده از شبکه‌های عصبی مدل انتخابی را در دوره زمانی ۱۳۷۰-۱۳۹۵ تخمین زده و در نهایت با استفاده از شاخص گارسن، تحلیل حساسیت عوامل مؤثر بر رشد بهره‌وری را به انجام برساند. بر اساس نتایج حاصل از منطق انتخاب ویژگی از میان بیست متغیر مورد استفاده، پنج متغیر سرمایه‌گذاری خارجی، سرمایه‌گذاری در بهداشت، خطوط ریلی، شاخص نوآوری و نرخ ارز از مدل حذف شدند. بر اساس نتایج، مدل شبکه عصبی با تابع فعال‌سازی تنسیگ با ۳ نورون، دارای قدرت پیش‌بینی ۰/۹۹۳ و حداقل خطا مدل ۰/۰۰۱۹ است. همچنین بر اساس نتایج شاخص گارسن سرمایه انسانی با ۱۵ درصد، اندازه دولت با ۱۱ درصد، درجه باز بودن، تحقیق و توسعه و کنترل فساد اقتصادی با حدود ۸ درصد بیشترین تأثیر را بر رشد بهره‌وری داشته‌اند و متغیرهای توسعه پولی با ۱/۴۸ درصد و حاکمیت قانون با ۲/۲۷ درصد، سرمایه فیزیکی با ۳/۲ درصد کمترین تأثیر را بر رشد بهره‌وری داشته‌اند.

**واژه‌های کلیدی:** بهره‌وری کل عوامل، شبکه‌های عصبی، الگوریتم ژنتیک.

**طبقه‌بندی JEL:** O4, C45, C61.

\* نویسنده مسئول: مسعود نونژاد (مقاله مستخرج از رساله دکتری نویسنده اول به راهنمایی مسعود نونژاد از دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز است)  
\*Corresponding Author: Masoud Nonejad E-mail: masoudnonejad@yahoo.com

## ۱- مقدمه

با توجه به محدودیت عوامل مختلف تولید، نیاز حیاتی به بهره‌وری فزون‌تر، چه در کشورهای پیشرفته و چه در کشورهای در حال توسعه وجود دارد. به دلیل اهمیت بهره‌وری و جایگاه آن در رشد و توسعه اقتصادی کشورها، از گذشته تاکنون محققان بسیاری به بررسی شاخص‌های بهره‌وری و عوامل تأثیرگذار بر آنها و ارائه راهکار برای اندازه‌گیری آن پرداخته‌اند (اسدپور، ۱۳۹۹: ۱۱۵). کارشناسان و صاحب‌نظران اقتصادی در نظام‌های مختلف عملاً به نحوی یکسان اهمیت موضوع بهره‌وری را مورد تأکید قرار داده‌اند. کلارک<sup>۱</sup> سطح زندگی بالای مردم آمریکا را ثمره مستقیم بهره‌وری بیشتر اقتصاد آمریکا می‌داند. استاینر و گلدنر<sup>۲</sup> رؤیای زحمت‌کشان جهان، یعنی دستمزد بیشتر و ساعات کار کمتر را با افزایش بهره‌وری تحقق‌پذیر می‌دانند (کیم و همکاران<sup>۳</sup>، ۲۰۰۷: ۴).

در مبحث بهره‌وری این اعتقاد وجود دارد که هر روز می‌توان کارها را بهتر از روز قبل انجام داد و در نتیجه امکان افزایش مستمر بهره‌وری وجود دارد. این تعریف از بهره‌وری با مفهوم بهره‌وری به معنای انتقال تابع تولید به طرف بالا سازگار است (طالعی اردکانی، ۱۳۹۹: ۱۲۵). به بیان دیگر، بهره‌وری به معنای متوسط تولید به ازای هر واحد از کل نهاده‌هاست. اگر متوسط تولید به ازای هر واحد از نهاده‌ها افزایش یابد، به معنای افزایش بهره‌وری و عکس آن یعنی کاهش متوسط تولید به ازای هر واحد از نهاده‌ها به معنای تنزل بهره‌وری است (انصاری نسب و نامداری، ۱۳۹۵: ۱۵۵).

امروزه بهره‌وری صرفاً یک معیار یا شاخص اقتصادی نیست بلکه یک نگرش کلی به کار و زندگی است که جنبه‌های مختلفی را در بر گرفته و منشأ تغییرات و تحولات اساسی شده است. رشد بهره‌وری بر بسیاری از پدیده‌های اجتماعی و فرهنگی اثر گذاشته و در بهبود و کاهش مشکلات اقتصادی مؤثر بوده است؛ به همین دلیل برخی از کشورها سرمایه‌های عظیم و گسترده‌ای را برای ارتقاء و گسترش آن در تمامی سطوح جامعه انجام داده و از این طریق به درجات بالایی از رشد و توسعه دست یافته‌اند (لطفعلی‌پور و همکاران، ۱۳۹۴: ۱۱۲).

از دیرباز بهبود بهره‌وری به‌عنوان بهترین روش، جهت دستیابی به رشد اقتصادی مستمر مورد توجه بوده است و از

آنجا که منابع رشد بهره‌وری کل عوامل نیز بی‌تأثیر از ساختار تابع تولید نبوده، مبانی نظری آن رابطه تنگاتنگی با مبانی نظری رشد اقتصادی دارد. پس از آنکه الگوی رشد نئوکلاسیکی که بر پایه برون‌زا در نظر گرفتن عامل فناوری و بازدهی نزولی عامل تولید مطرح شده بود، از توضیح رشد اقتصادی بلندمدت حاصل از پیشرفت فناوری، بازماند؛ الگوهای رشد درون‌زا مطرح گردید. الگوهای رشد درون‌زا با حذف بازدهی کاهنده، فناوری درون‌زا را باعث رشد اقتصادی می‌دانند و با نگاهی متفاوت به سرمایه انسانی، ضعف مدل‌های نئوکلاسیکی را برطرف کردند. طبق این الگو سرمایه انسانی در مفهوم محدود خود، با ایجاد بازدهی صعودی به مقیاس تولید (به‌عنوان یک عامل تولیدی) و در مفهوم وسیع، با ایجاد صرفه خارجی (سرمایه انسانی به‌عنوان دانش و انباشت آن در اقتصاد و از طریق افزایش بهره‌وری تحقیق و توسعه داخلی و جذب تحقیق و توسعه خارجی) باعث افزایش و بهبود بهره‌وری عوامل تولید گردیده و بر رشد اقتصادی تأثیر مثبت خواهد گذاشت (آذربایجانی و نجفی، ۱۳۹۶: ۸).

بنابراین به‌طور واضح اصلی‌ترین عامل رشد تولید، استانداردهای زندگی و رفاه بشر، رشد بهره‌وری است. بهره‌وری مهمترین عامل در راه رسیدن به رشد اقتصادی مستمر کشور است، بنابراین جهت دستیابی به رشد اقتصادی درون‌زا و پایدار و افزایش رشد بهره‌وری کل عوامل در رشد اقتصادی به شناخت علمی از عوامل مؤثر بر بهره‌وری کل نیاز است زیرا شناخت علمی و جامع از عوامل مؤثر بر بهره‌وری کل عوامل می‌تواند در برنامه‌ریزی‌های اقتصادی نقش حائز اهمیت ایفا نماید.

با سیری در مطالعات گذشته مشخص می‌شود که بهره‌وری به دلیل اهمیتش، از جمله موضوعاتی است که بشدت مورد توجه پژوهشگران اقتصادی است، در این مطالعات متغیرهای متنوعی در راستای تبیین عوامل مؤثر بر رشد بهره‌وری مورد بررسی قرار گرفته است؛ بنابراین در عمل طیف وسیعی از متغیرها به سیاست‌گذار اقتصادی عرضه می‌شود که هم‌زمان با کمک کردن برای روشن‌تر شدن موضوع، سیاست‌گذاران را دچار سردرگمی و گمراهی می‌نماید. لذا پژوهشگر اقتصادی باید به دنبال بررسی و شناخت عوامل مهم‌تر برای کمک به امر سیاست‌گذاری باشد. همچنین در مطالعات صورت گرفته با روش‌های اقتصادسنجی مرسوم، نه‌تنها اهمیت و وزن عوامل مختلف در مطالعات گوناگون متفاوت بوده‌اند، بلکه این عوامل

1. Clark
2. Steiner & Goldner
3. Kim et al. (2007)

تلاش برای اختراع و نوآوری نتیجه می‌شود. پیدایش هر اختراع و نوآوری منجر به افزایش بهره‌وری کل عوامل خواهد شد و این کشفیات سرانجام منبع رشد بلندمدت است. همچنین مطالعات تجربی کو و مقدم<sup>۳</sup> (۱۹۹۳) نیز حاکی از آن است که انباشت سرمایه تحقیق و توسعه داخلی مهمترین عامل تعیین‌کننده رشد بهره‌وری کل عوامل تولید یک اقتصاد است.

لذا تجربه تاریخی نشان می‌دهد مدل‌های رشد اقتصادی عمدتاً با تحلیل‌های ساده، که تنها به نقش عوامل تولیدی کار، سرمایه و نهاده‌های واسطه (زمین، انرژی) و ... تأکید داشته‌اند، آغاز گردیده و در طول زمان به جنبه‌های دیگر از منابع رشد، که عمدتاً دارای ویژگی‌های نرم در پروسه تولید تلقی می‌گردند، تأکید می‌کنند. از جمله این عوامل می‌توان به سرمایه انسانی، تحقیق و توسعه، سرمایه اجتماعی، اندوخته دانش و ... اشاره نمود. به طوری که ارتقای بهره‌وری کل عوامل تولید با در نظر گرفتن سایر عوامل تولید سنتی (کار، سرمایه و نهاده‌های واسطه) به‌عنوان بهترین و مؤثرترین روش در دستیابی به رشد اقتصادی مطرح است (لسگنی و همکاران<sup>۴</sup>، ۲۰۱۵: ۷۷۸).

در دهه‌های اخیر در کنار تکامل نظریه‌های رشد درون‌زا، مطالعات تجربی نیز به عوامل دیگری غیر از عوامل مورد اشاره در نظریات رشد تأکید دارند. در تحلیل‌های پیشین (نظریات رشد)، بهره‌وری کل عوامل تولید را به‌عنوان تغییر در سطح تولید با ثابت در نظر گرفتن سطح نهاده‌ها در نظر می‌گیرند (یعنی انتقال عمودی تابع تولید). در نتیجه بهره‌وری عوامل تولید به‌عنوان پسماند در نظر گرفته می‌شود؛ اما در مطالعات جدید سعی بر این است که تغییرات بهره‌وری را به‌عنوان پیشرفت فنی، تغییر ترکیب نیروی کار، سرمایه‌گذاری در سرمایه انسانی، تخصیص مجدد منابع و هدایت آنها از فعالیت‌هایی که بهره‌وری آنها پایین است به سمت فعالیت‌های با بهره‌وری بالا و صرفه‌های مقیاس معرفی کنند، به طور نمونه می‌توان به مطالعات، یونگ<sup>۵</sup> (۱۹۹۵)، کروگمن<sup>۶</sup> (۱۹۹۴)، اویونگ و تانگلو<sup>۷</sup> (۲۰۰۱)، استرلی و لیوین<sup>۸</sup> (۲۰۰۱) و ... اشاره نمود.

در کنار نظریات رشد درون‌زا، مطالعات تجربی صورت

در مواردی نیز دارای معنی‌داری متفاوتی نیز بوده‌اند. در نتیجه برای کمک به امر سیاست‌گذاری باید مطالعات به سمتی بروند که این عوامل در کنار یکدیگر و در قالب یک مدل واحد قدرت پیش‌بینی‌شان مورد سنجش قرار گیرد؛ اما واقعیت این است که روش‌های اقتصادسنجی معمول به دلیل محدودیت‌های خاصشان و به وجود آمدن تورش در نتایج، توانایی چینش این همه عوامل را در کنار یکدیگر ندارند.

بنابراین، این پژوهش در نظر دارد تا در ابتدا عوامل اصلی مؤثر بر رشد بهره‌وری را بر اساس مبانی نظری و مطالعات تجربی شناسایی کند، سپس با استفاده از روش شبکه مصنوعی، کلیه متغیرهایی را که در قالب مدل توانایی پیش‌بینی رشد بهره‌وری را دارند، یک‌جا شناسایی کند و سپس میزان و اهمیت هر عامل را در پیش‌بینی رشد بهره‌وری بررسی نماید.

مطالب این پژوهش در پنج بخش ساماندهی شد که در بخش بعدی مبانی نظری و پیشینه پژوهش مورد بررسی قرار گرفته است، در بخش سوم الگو و روش‌شناسی ارائه شده است، بخش چهارم به ارائه نتایج تخمین مدل اختصاص یافته و در قسمت آخر نیز بحث و نتیجه‌گیری بیان شده است.

## ۲- مبانی نظری و پیشینه پژوهش

الگوهای رشد درون‌زا با حذف بازدهی کاهنده، فناوری درون‌زا را باعث رشد اقتصادی می‌دانند و با نگاهی متفاوت به سرمایه انسانی، ضعف مدل‌های نئوکلاسیکی را برطرف کردند. طبق این الگو سرمایه انسانی در مفهوم محدود خود، با ایجاد بازدهی صعودی به مقیاس تولید (به‌عنوان یک عامل تولیدی) و در مفهوم وسیع، با ایجاد صرفه خارجی (سرمایه انسانی به‌عنوان دانش و انباشت آن در اقتصاد و از طریق افزایش بهره‌وری تحقیق و توسعه داخلی و جذب تحقیق و توسعه خارجی) باعث افزایش و بهبود بهره‌وری عوامل تولید گردیده و بر رشد اقتصادی تأثیر مثبت خواهد گذاشت (شاه‌آبادی و همکاران، ۱۳۹۲: ۴۷).

در نظریات رشد درون‌زا با تأکید بر تحقیق و توسعه نیز که به، اقتصاد دانش‌بنیان شهرت دارند (مطالعات آق‌یون و هویت<sup>۱</sup>، ۱۹۹۲؛ کو و هلمن<sup>۲</sup>، ۱۹۹۵) به تأثیر فعالیت‌های تحقیق و توسعه در پیشرفت فناوری به‌عنوان سازوکار درونی اقتصاد در خلق اندیشه‌های جدید و موتور رشد اقتصادی تأکید داشته و این‌طور بیان می‌کنند که پیشرفت فناوری از

3. Coe & Moghadam (1993)

4. Lasagni et al. (2015)

5. Young (1995)

6. Krugman (1994)

7. Owyong & Thangavelu (2001)

8. Easterly & Levine (2001)

1. Aghion & Howitt (1992)

2. Coe & Helpmen (1995)

تابع تولید و همچنین تأثیرگذاری بر نظام انگیزشی در فرایند رشد اقتصادی عامل تقویتی مهمی در جهت بهبود بهره‌وری باشند.

کوردوبا و همکاران<sup>۵</sup> (۲۰۰۹)، کشل<sup>۶</sup> (۲۰۰۴)، سپهردوست و زمانی (۱۳۹۴) نیز بر رابطه جبران خدمات عوامل تولید و بهره‌وری تأکید دارند. بر اساس نتایج این مطالعات این عوامل به طور مستقیم و غیرمستقیم با تغییر پاداش جبران خدمات عوامل تولید بر انگیزه و انباشت عوامل تولید تأثیر می‌گذارند و از این طریق در نهایت باعث انتقال تابع تولید به سمت راست و بالا می‌شوند.

سن حاجی (۱۹۹۹) و کميجانی و ابراهیمی (۱۳۹۲) به بررسی تغییرات نرخ ارز، تورم، آزادسازی سرمایه، ثبات سیاسی و اجتماعی بر رشد بهره‌وری پرداختند. نتایج این مطالعات نشان می‌دهد که همبستگی میان سرمایه فیزیکی و رشد بهره‌وری کل عوامل وجود دارد. طبق نتایج این مطالعه، بهبود شاخص‌های اقتصاد کلان همچون نرخ تورم، نرخ واقعی ارز، مصرف عمومی و بدهی‌های خارجی در اثر مدیریت صحیح کلان جامعه، سطح بهره‌وری کل عوامل تولید بالاتری را نتیجه می‌دهد. آزاد بودن حساب سرمایه و حساب‌جاری به رشد بیشتر بهره‌وری کل عوامل منجر می‌شود.

بر اساس مطالعات جورگنسون<sup>۷</sup> (۲۰۰۱)، ماتوسی و استرلاچینی (۲۰۰۵)، محمودزاده و رزاقی (۱۳۹۰) فناوری اطلاعات و ارتباطات به‌عنوان یکی از عوامل رشد بهره‌وری کل عوامل مورد تأیید قرار گرفته است. این سرمایه هم ویژگی‌های سرمایه سنتی و هم ویژگی‌های دانش را دارد، بنابراین چه به‌صورت مستقیم و چه به‌صورت غیرمستقیم (از طریق سرریز) بر رشد بهره‌وری کل عوامل تأثیرگذار خواهد بود.

بنابراین بهره‌وری به دلیل اهمیتش، از جمله موضوعاتی است که بشدت مورد توجه پژوهشگران است و در عمل طیف وسیعی از متغیرها به‌عنوان عوامل مؤثر بر رشد بهره‌وری شناسایی شده‌اند که درعین حال که برای تبیین موضوع بهره‌وری می‌تواند مفید باشد، این طیف وسیع از متغیرها در عمل برای سیاست‌گذاران، پیچیدگی امر را بالاتر برده است. همچنین در مطالعات صورت گرفته با روش‌های اقتصادسنجی مرسوم، نه تنها اهمیت و وزن عوامل مختلف متفاوت هستند،

گرفته توسط ماتوسی و استرلاچینی<sup>۱</sup> (۲۰۰۴)، کو و همکاران (۲۰۰۹)، کميجانی و شاه‌آبادی (۱۳۹۲)، شاه‌آبادی و رحمانی (۱۳۸۹) شاه‌آبادی (۱۳۸۶) به تأثیر انباشت تحقیق و توسعه داخلی بر رشد بهره‌وری کل عوامل تولید پرداخته‌اند و بیان می‌کنند هزینه‌های تحقیق و توسعه محصول خود را در شکل فناوری، ابداع و تغییرات فنی وارد تابع تولید می‌نماید و وارد شدن این متغیر در تابع تولید و مدل‌های رشد اقتصادی ضمن اینکه در ساختارهای اقتصادی، اجتماعی و فنی جامعه اثر می‌گذارد و آنها را متحول می‌نماید، و در بهره‌وری نهادهای تولید نیز مؤثر است. این عامل نه تنها منجر به خلق فناوری برای ساخت کالاهای جدید می‌شود، بلکه راه‌های جدیدی برای به‌کارگیری مؤلفه‌های تولید یا مواد اولیه نوظهور نیز ایجاد می‌کند (لسگنی و همکاران، ۲۰۱۵: ۷۷۸).

مطالعات رومر<sup>۲</sup> (۱۹۸۷)، کو و همکاران (۲۰۰۹)، امینی و حجازی (۱۳۸۷)، طیبی و همکاران (۱۳۸۷) و شاه‌آبادی و همکاران (۱۳۹۲) از جمله نمونه‌هایی هستند که بیان می‌دارند سرمایه انسانی تأثیر مهمی در توضیح رشد اقتصادی و بهره‌وری کل عوامل تولید دارد. سرمایه انسانی عامل مهمی در گسترش فعالیت‌های تحقیق و توسعه داخلی و جذب، به‌کارگیری و بومی نمودن فناوری‌های کشورهای توسعه‌یافته است؛ بنابراین وجود نیروی کار ماهر و متخصص و آموزش‌دیده در یک کشور از عوامل تأثیرگذار در ارتقاء بهره‌وری کل عوامل این کشور خواهد بود.

کو و هلپمن (۱۹۹۵)، سن حاجی<sup>۳</sup> (۱۹۹۹)، کميجانی (۱۳۸۹)، لطفعلی‌پور و همکاران (۱۳۹۴) و کریمی تکانلو و همکاران (۱۳۹۶) به بررسی تأثیر تجارت بین‌الملل بر رشد بهره‌وری پرداخته‌اند. آنان معتقدند که رشد اقتصادی یک کشور نه تنها به منابع داخلی آن کشور بستگی دارد بلکه به منابع اقتصادی شرکای تجاری نیز بستگی دارد. در صورت وجود تجارت بین‌الملل کشورها می‌توانند از دانش فنی و نهادهای تولیدشده (کالاهای سرمایه‌ای و واسطه) توسط شرکای تجاری نیز استفاده نمایند.

بیر و وگارا<sup>۴</sup> (۲۰۰۲)، کميجانی و ابراهیمی (۱۳۹۲)، کریمی تکانلو و همکاران (۱۳۹۶)، در طی مطالعات خود تأکید دارند که نهادها و سیاست‌های اقتصادی به کار گرفته شده به واسطه دولت‌ها می‌توانند با ایجاد پیامدهای مثبت خارجی برای کل

5. Cordoba et al. (2004)

6. Cashell (2009)

7. Jorgenson (2001)

1. Matteucci & Sterlacchini (2004)

2. Romer (1987)

3. Senhadji (1999)

4. Beyer & Vegara (2002)

اطلاعات، زیرساخت‌های ارتباطی فیزیکی، ساختار دولت، بسترهای آموزشی، بهداشتی و ... اشاره نمود. دسته دوم متغیرهای کلان اقتصادی (Z) هستند که تغییرات آنها به طور مستقیم منجر به تغییر در رشد بهره‌وری می‌گردد. در این دسته می‌توان از متغیرهایی مثل: تورم، نرخ ارز، سیاست‌های مالی و پولی، تولید ناخالص داخلی، تراز پرداخت‌ها، سرمایه‌گذاری خارجی، تجارت، آزادی اقتصادی و ... نام برد.

دسته سوم متغیرهای مؤثر بر تابع تولید (M) هستند که نظریه‌های رشد اقتصادی درون‌زا و برون‌زا آنها را تبیین کرده‌اند. این عوامل متغیرهایی هستند که به شکل صریح در تابع تولید مورد اشاره قرار می‌گیرند. از جمله این متغیرها می‌توان به هزینه‌های انباشت سرمایه انسانی، هزینه جبران خدمات نیروی کار، هزینه جبران سرمایه (نرخ بهره)، هزینه‌های تحقیق و توسعه، سرمایه اجتماعی و کیفیت نهادی اشاره نمود. برای محاسبه بهره‌وری کل عوامل تولید از روش‌های مختلفی می‌توان استفاده نمود. در این مطالعه از مدل کندریک که مبتنی بر میانگین وزنی کار و سرمایه است، استفاده می‌شود. در مدل کندریک از یک تابع تولید ضمنی برای تخمین تغییرات در بهره‌وری استفاده می‌شود. شاخص بهره‌وری کل عوامل تولید از نظر کندریک به صورت زیر است.

$$TFP = \frac{V}{L^\alpha + K^\beta}$$

شاخص بهره‌وری نیروی سرمایه به صورت زیر است:

$$TPK = V/K$$

شاخص بهره‌وری نیروی کار به صورت زیر است:

$$TPL = \frac{V}{L}$$

با لگاریتم‌گیری از طرفین سه رابطه بالا، فرم‌های خطی آنها به صورت زیر به دست می‌آید:

$$\ln TFP = \ln V - \alpha \ln L - \beta \ln K$$

$$\ln TPK = \ln V - \ln K$$

$$\ln TPL = \ln V - \ln L$$

بلکه در مواردی نیز معنی‌داری متغیرها نیز فرق دارد. در نتیجه برای کمک به امر سیاست‌گذاری باید مطالعات به سمتی بروند که این عوامل در کنار یکدیگر و در قالب یک مدل واحد قدرت پیش‌بینی‌شان مورد سنجش قرار گیرد؛ اما واقعیت این است که روش‌های اقتصادسنجی معمول به دلیل محدودیت‌های خاصشان و به وجود آمدن تورش در نتایج، توانایی چینش این همه عوامل را در کنار یکدیگر ندارند؛ بنابراین، این پژوهش در نظر دارد تا با استفاده از روش شبکه مصنوعی و انتخاب ویژگی، کلیه متغیرهایی را که در قالب مدل توانایی پیش‌بینی رشد بهره‌وری را دارند، یکجا شناسایی کند و سپس میزان و اهمیت هر عامل را در پیش‌بینی رشد بهره‌وری بررسی نماید.

### ۳- معرفی الگو و روش‌شناسی تحقیق

این قسمت از پژوهش با استفاده از روش تحلیل محتوا و مطالعه کتابخانه‌ای انجام شده است. بعد از شناسایی عوامل مؤثر بر رشد بهره‌وری با بکارگیری روش انتخاب ویژگی و شبکه‌های عصبی عوامل مهمتر انتخاب می‌شوند و در نهایت تحلیل حساسیت متغیرهای شناسایی شده انجام می‌گیرد. در این بررسی از یک مدل رشد بهره‌وری کل عوامل تولید که گسترش یافته مدل ارائه شده توسط کوون<sup>۱</sup> (۱۹۸۶) است، استفاده می‌شود. بر اساس کوون (۱۹۸۶) مدل پایه رشد بهره‌وری کل عوامل تولید به صورت زیر است:

$$RTFP_i = \beta_0 + \beta_1 GOP_i + \beta_2 GRD_i + U_i$$

به طوری که RTFP<sub>i</sub> رشد بهره‌وری کل عوامل است. GDP رشد بازده در کل اقتصاد است که در اینجا می‌تواند همان رشد تولید ناخالص ملی باشد. GRD نیز نرخ رشد تحقیق و توسعه در اقتصاد است. هوانگ و وانگ<sup>۲</sup> (۲۰۰۴) با گسترش مدل ارائه شده توسط کوون (۱۹۸۶) مدل پایه رشد بهره‌وری کل عوامل تولید را به صورت زیر تصریح می‌نمایند:

$$RTFP_t = \beta_0 + \beta_1 I_t + \beta_2 Z_t + \beta_3 M_t + U_t$$

آنها معتقدند که سه دسته متغیر بر رشد بهره‌وری کل عوامل تولید تأثیر می‌گذارد. دسته اول (I) متغیرهایی هستند که ظرفیت جذب در اقتصاد را نشان می‌دهند و به طور غیرمستقیم بر رشد بهره‌وری تأثیر دارند. که از جمله آنها می‌توان به زمینه‌های جذب فناوری، بسترهای فناوری ارتباطات و

1. Kwon (1986)  
2. Hwang & Wang (2004)



و به‌نوعی تأکید دارند که درآمدهای ارزی و کمک آن به تثبیت نرخ ارز، عامل مثبتی در جهت ورود فنآوری‌ها و ابزار پیشرفته از دنیای خارج است. برای اندازه‌گیری این شاخص از نسبت درآمدهای دولت به تولید ناخالص ملی استفاده می‌شود.

**اندازه دولت:** این شاخص اندازه و میزان دولتی بودن اقتصاد را نشان می‌دهد. به دلیل وابستگی بخش‌های مختلف اقتصادی ایران به هزینه‌های دولتی، شاخص بهره‌وری نیز از این عامل می‌تواند تأثیرپذیر باشد. از این شاخص در مطالعات آکینلو (۲۰۰۶) و کوروراتون<sup>۴</sup> (۲۰۰۲) استفاده شده است. به طور کلی تأثیر اندازه دولت بر رشد بهره‌وری بر اساس مطالعات مبهم است.

**توسعه سیاست‌های پولی و مالی:** بر اساس تأکید میانی نظری و مطالعات آقین و هویت (۱۹۹۲)، کوروراتون (۲۰۰۲)، کیمیجانی و شاه‌آبادی (۱۳۹۲) و ... توسعه سیاست پولی و مالی باعث بهبود سطح بهره‌وری می‌شود. در این پژوهش برای اندازه‌گیری توسعه پولی از نسبت سپرده بانکی به تولید ناخالص ملی و برای اندازه‌گیری توسعه بازار سرمایه از نسبت حجم معاملات به تولید ناخالص ملی استفاده شده است.

**سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی:** مطالعات مختلف به بررسی ارتباط بین سرمایه‌گذاری خارجی و بهره‌وری پرداخته‌اند. تعدادی از مطالعات سرمایه‌گذاری خارجی را نماد ورود و استفاده از فنآوری خارجی در تولید می‌دانند. لذا رابطه بین این متغیر با بهره‌وری نیز مثبت پیش‌بینی می‌شود. برای اندازه‌گیری این متغیر از میزان سرمایه‌گذار خارجی به تولید ناخالص داخلی استفاده می‌گردد. این متغیر در مطالعات شاه‌آبادی (۱۳۸۶)، امان و ویرمن<sup>۵</sup> (۲۰۱۵)، شیو و حشمتی<sup>۶</sup> (۲۰۰۶) استفاده شده است.

**درجه باز بودن:** در بسیاری از مطالعات از جمله امینی و لطفی‌پور (۱۳۹۳)، طیبی و همکاران (۱۳۸۷)، شیو و حشمتی (۲۰۰۶)، هوساس و یعقوبی<sup>۷</sup> (۲۰۰۵) این متغیر مورد استفاده قرار گرفته است. این متغیر میزان ارتباط بازار داخلی را با بازارهای خارجی می‌سنجد و همچنین براساس ادبیات نظری تجارت دروازه ورود سرریزهای دانش و فنآوری نیز می‌باشد. در نتیجه این متغیر اهمیت زیادی در انتقال دانش و فنآوری دارد. بنابراین تأثیر این متغیر بر رشد بهره‌وری مثبت ارزیابی

که در آن TFP بهره‌وری کل عوامل تولید، V تولید ناخالص داخلی، K موجودی سرمایه،  $\beta$  سهم عامل سرمایه، L سطح اشتغال،  $\alpha$  سهم عامل نیروی کار است.

در ادامه بر اساس مبانی نظری، متغیرهای مورد استفاده در مدل رگرسیونی معرفی می‌گردند.

همان‌گونه که اشاره شد بر اساس کار هوانگ و یوانگ (۲۰۰۴) کل متغیرهای مؤثر بر رشد بهره‌وری در قالب ۳ دسته‌بندی کلی آورده شده‌اند.

(۹)

$$TFPt = \beta_0 + \beta_1 It + \beta_2 Zt + \beta_3 Mt + Ut$$

دسته اول متغیرها، شامل متغیرهایی هستند که زمینه و بستر اجتماعی و اقتصادی را نشان می‌دهند که در ادامه متغیرهای قابل تقسیم‌بندی در این دسته و نحوه محاسبه آنها ذکر می‌شود.

**توسعه زیرساخت‌های ارتباطی فیزیکی:** برای اندازه‌گیری این شاخص از حجم خطوط ریلی کشور به کیلومتر استفاده شده است. از این متغیر در مطالعات پژویان و رئیس‌پور (۱۳۹۳)، آکینلو<sup>۱</sup> (۲۰۰۶) و پساوا<sup>۲</sup> (۲۰۰۵) استفاده شده است.

**توسعه زیرساخت‌های ارتباطی غیرفیزیکی:** این متغیر به اندازه‌گیری میزان توسعه زیرساخت‌های ارتباطی در سطح جامعه می‌پردازد. در مطالعات برای محاسبه این شاخص از میزان استفاده اینترنت در هزار نفر استفاده می‌شود، از این متغیر در مطالعات پساوا<sup>۳</sup> (۲۰۰۵)، شاه‌آبادی (۱۳۸۶)، عامری و همکاران (۱۳۹۴)، حیدری و همکاران (۱۳۹۵) استفاده شده است.

**سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های بهداشتی:** برای اندازه‌گیری این متغیر از اطلاعات مربوط به کل مخارج بهداشتی به تولید ناخالص داخلی استفاده می‌شود. این متغیر در مطالعات فالاحی و همکاران (۱۳۹۴)، جرجرزاده و همکاران (۱۳۹۵)، آذربایجانی و نجفی (۱۳۹۶)، اونیزولا<sup>۳</sup> (۲۰۱۷) و ... مورد استفاده قرار گرفته است.

دسته دوم متغیرهای کلان اقتصادی (Z) هستند که تغییرات آنها به طور مستقیم منجر به تغییر رشد بهره‌وری می‌گردد. که در ادامه ذکر می‌شوند.

**درآمدهای نفتی دولت:** از این متغیر نیز اثنی‌عشری و همکاران (۱۳۸۸)، طیبی و همکاران (۱۳۸۷)، محمدزاده و همکاران (۱۳۹۰) و حیدری و همکاران (۱۳۹۵) استفاده کرده‌اند

4. Cororaton (2002)

5. Aman &amp; Virmani (2015)

6. Shiu &amp; Heshmati (2006)

7. Haousas &amp; Yagoubi (2005)

1. Akinlo (2006)

2. Pessoa (2005)

3. Oluwanisola (2017)

دسته سوم متغیرهای مؤثر بر تابع تولید (M) هستند که نظریه‌های رشد اقتصادی درون‌زا و برون‌زا آنها را تبیین کرده‌اند. این عوامل متغیرهایی هستند که در ادبیات تحقیق به شکل صریح در تابع تولید مورد اشاره قرار گرفته‌اند که در ادامه به معرفی بیشتر آنها پرداخته می‌شود.

**سرمایه فیزیکی:** در قریب به اتفاق مطالعات سنتی از این متغیر به‌عنوان یکی از عوامل توضیح‌دهنده رشد بهره‌وری استفاده شده است. بر اساس مطالعات هر چه سرمایه فیزیکی بیشتر باشد، بهره‌وری تمام عوامل نیز در کل اقتصاد ارتقاء پیدا می‌کند. از این متغیر در مطالعاتی از جمله چرجازاده و همکاران (۱۳۹۵)، سادیو و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۱۰)، شاه‌آبادی (۱۳۹۰) و سوری و همکاران (۱۳۸۷) استفاده شده است. در این پژوهش از نسبت سرمایه خالص به نیروی کار برای نشان دادن این متغیر استفاده می‌شود.

**دستمزد حقیقی:** از این متغیر نیز در بیشتر مطالعات به عنوان متغیر توضیحی استفاده شده است که از آن جمله می‌توان به بهرا و همکاران<sup>۲</sup> (۲۰۱۲)، آپاریسیو<sup>۳</sup> (۲۰۱۶)، اولانیزولا (۲۰۱۷)، سرافراز (۲۰۱۸) و آذربایجانی و نجفی (۱۳۹۶) اشاره نمود. براساس مطالعات هر چه دستمزد حقیقی فرد بالاتر باشد، از آنجا که باعث انگیزش فرد می‌شود، بر رشد بهره‌وری تأثیر مثبت خواهد داشت. در این مطالعه برای نشان دادن این متغیر نیز از شاخص دستمزد حقیقی نیروی کار استفاده شده است.

**تحقیق و توسعه:** همان‌گونه که در قسمت‌های قبلی نیز بیان شد بر اساس نظریه‌های جدید رشد اقتصادی، یکی از اصلی‌ترین مسیرهای رشد بهره‌وری، رشد دانش و فناوری است؛ بنابراین سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه منجر به بهبود فناوری تولید و یافتن مسیرهای کم‌هزینه‌تر تولید می‌شود. لذا با افزایش هزینه‌های تحقیق و توسعه، رشد بهره‌وری نیز افزایش می‌یابد. از این شاخص در مطالعات اسنوکی و ماتوزیسیت<sup>۴</sup> (۲۰۱۸)، آپاریسیو و همکاران (۲۰۱۶)، آمن و ویرمنی (۲۰۱۵)، دیپه و موتل<sup>۵</sup> (۲۰۱۳)، امینی و لطفی‌پور (۱۳۹۳)، امینی و مصلی (۱۳۹۰) و ... استفاده شده است.

**شاخص نوآوری:** این شاخص با بسط دانش در ساختار تولید منجر به بهبود بهره‌وری می‌گردد. این شاخص در مطالعات

می‌گردد. برای محاسبه این شاخص از نسبت واردات و صادرات به کل تولید ناخالص داخلی استفاده می‌شود.

**نرخ ارز واقعی:** براساس ادبیات نظری این متغیر بر دیگر متغیرهای اقتصادی به‌طور مستقیم و غیرمستقیم اثر می‌گذارد و در مطالعات آذربایجانی و نجفی (۱۳۹۶)، کمیجانی (۱۳۸۹)، شاه‌آبادی (۱۳۸۶)، نظری و مبارک (۱۳۸۶)، آقیون و هویت (۱۹۹۲) و آکینلو (۲۰۰۶) مورد استفاده قرار گرفته است. با توجه به اینکه ساختار تولید و مصرف در ایران وابسته به بخش خارجی اقتصادی یا واردات است، هر نوع تغییری در نرخ ارز خواسته یا نخواست به دیگر متغیرهای اقتصادی (از واردات کالاهای واسطه‌ای تا صادرات، تأمین مالی، بهبود فناوری و حتی ورشکستگی در تولید) اثرگذار است (علی و مولایی، ۱۳۹۷: ۸۷). افزایش نرخ ارز حقیقی دو اثر متضاد بر بهره‌وری کل عوامل دارد. از سویی با فرض ثبات سایر عوامل، می‌تواند باعث تقویت قدرت رقابتی و توسعه صادرات کالاهای داخلی شود که در نهایت می‌تواند منجر به ایجاد حاشیه سود و سرمایه‌گذاری بیشتر برای بهبود فناوری و رشد تحقیق و توسعه بنگاه‌های داخلی گردد. از سوی دیگر افزایش نرخ ارز واقعی باعث افزایش قیمت تمام شده کالاهای واسطه‌ای می‌شود و از آن جهت که اقتصاد ایران واردکننده کالاها با فناوری و دانش نهفته بالا است، کاهش واردات در اثر افزایش نرخ ارز مانع ورود اثرات سرریز دانش کشورهای توسعه‌یافته به داخل می‌گردد و در نتیجه سطح بهره‌وری را می‌تواند کاهش دهد.

**نرخ تورم:** این شاخص نیز به مانند نرخ ارز از جمله عواملی است که می‌تواند دیگر متغیرهای اقتصادی را به حرکت وا دارد. از این متغیرها در مطالعات محمدزاده و همکاران (۱۳۹۰) و کمیجانی و ابراهیمی (۱۳۹۲)، آقیون و هویت (۱۹۹۲) استفاده شده است. در این مطالعات اثر این متغیر مبهم تفسیر شده است. تورم می‌تواند هزینه جریان خدمات نیروی کار را افزایش، حاشیه سود واحدها را کاهش و در نتیجه سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه را کاهش دهد. از سوی دیگر تورم ملایم می‌تواند هم‌زمان با افزایش قیمت کالاهای تولید شده، حاشیه سود بنگاه‌ها و در نتیجه سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه را افزایش دهد. لذا جهت اثرگذاری تورم بر بهره‌وری به نسبت هزینه دستمزد در کل هزینه تولید بستگی دارد. هرچه این نسبت بیشتر باشد باعث کاهش بیشتر سود و در نتیجه کاهش سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه می‌شود. برای محاسبه این شاخص در این پژوهش از شاخص قیمتی مصرف‌کننده استفاده شده است.

1. Sadia (2010)

2. Behera et al. (2012)

3. Aparicio (2016)

4. Sniukine & Matuzeviciute (2018)

5. Dieppe & Mutl (2013)

محدود کننده دارد. در این پژوهش از اطلاعات مربوط به شاخص کنترل فساد بانک جهانی استفاده می‌شود.

**حاکمیت قانون:** یکی از متغیرهای اصلی که به شدت می‌تواند بر نظام انگیزشی افراد تأثیرگذار باشد حاکمیت قانون است. در صورتی که قانون برای همه افراد در یک اجتماع به شکل یکسان و به دور از روابط خاص و کاملاً غیرشخصی انجام شود، انگیزه فرد برای کار و تلاش افزایش می‌یابد و بستر بهتری برای رقابت اقتصادی فراهم می‌شود. در نتیجه بهبود شاخص حاکمیت قانون تأثیر مثبت در رشد بهره‌وری دارد. برای این متغیر نیز از اطلاعات مربوط به شاخص حاکمیت قانون بانک جهانی استفاده می‌شود.

**کیفیت قوانین:** این شاخص نیز از جمله شاخص‌هایی است که می‌تواند نمایانگر کیفیت نهادی در جامعه باشد. کیفیت بهتر قوانین می‌تواند بسیاری از موانع و منازعات در فرایند رقابت اقتصادی را کاهش دهد. بنابراین، این عامل با رشد بهره‌وری در تولید رابطه مستقیم دارد. برای محاسبه این عامل از اطلاعات مربوط به شاخص حاکمیت قانون بانک جهانی استفاده می‌شود.

**ثبات سیاسی و کنترل خشونت:** در حقیقت ثبات سیاسی و انحصار به کارگیری خشونت در جامعه از سوی حکومت می‌تواند بر فعالیت بخش خصوصی تأثیر مثبت مضاعف داشته باشد. رابطه بین کنترل خشونت و جلوگیری از اشاعه خشونت در جامعه کاملاً واضح است و اساسی‌ترین پیش‌فرض برای هر فعالیت اقتصادی در هر جامعه است. در نتیجه انحصار خشونت در حکومت به شرطی که به حکم قانون محدود شده باشد، باعث افزایش انگیزه بخش خصوصی برای فعالیت اقتصادی می‌شود. همچنین عدم ثبات سیاسی می‌تواند فرایند ارائه خدمات و زیرساخت‌ها را توسط دولت مختل نماید. برای محاسبه این عامل نیز از اطلاعات مربوط به شاخص حاکمیت قانون بانک جهانی استفاده می‌شود؛ بنابراین و پس از مطالعه مطالعات صورت گرفته و با بررسی مبانی نظری عوامل مذکور شناسایی شدند که در جدول (۱) خلاصه‌ای از این عوامل ذکر می‌شود.

آذربایجان و نجفی (۱۳۹۶)، امینی و لطفی‌پور (۱۳۹۳)، شاه‌آبادی (۱۳۹۰)، آمن و ویرمنی (۲۰۱۵) و اسنوکی و کتوزیسیت (۲۰۱۸) جهت برآورد بهره‌وری استفاده شده است. در این مطالعه برای محاسبه این متغیر از شاخص میزان اختراع در یک میلیون نفر استفاده می‌شود.

**سرمایه انسانی:** بر اساس نظریه‌های جدید رشد اقتصادی، انسان ظرف رشد و تولید دانش است در نتیجه به هر میزان این ظرف آماده‌تر و مناسب‌تر باشد، ظرفیت جذب و رشد علم نیز بالاتر می‌رود. براساس تأکیدات ادبیات نظری با افزایش سرمایه انسانی، بهره‌وری کل عوامل تولید ارتقاء پیدا می‌کند. در این پژوهش جهت اندازه‌گیری این متغیر از شاخص سرمایه انسانی که توسط بانک جهانی محاسبه می‌شود، استفاده شده است. از این شاخص در مطالعات اسنوکی و کتوزیسیت (۲۰۱۸)، دیپه و موتل (۲۰۱۳)، آپاریسیو و همکاران (۲۰۱۶)، آذربایجان و نجفی (۱۳۹۶)، طیبی و همکاران (۱۳۸۷)، امینی و لطفی (۱۳۹۳) و لطفعلی‌پور و همکاران (۱۳۹۴) استفاده شده است.

**عوامل نهادی:** یکی از مهمترین عواملی که به شدت در مطالعات جدید بدان توجه می‌شود عوامل نهادی هستند. به‌طور کلی این عوامل زیرساخت‌های تاریخی، قانونی و سیاسی می‌باشند که قواعد بازی اقتصادی را تعیین می‌کنند. در فضای اقتصادی، هرچه مخاطرات تولید و مبادله کاهش یابد، انگیزه انسان برای کار و رقابت بیشتر می‌شود و با بهبود فضای کسب‌وکار، انسان‌ها بیشتر در بازار مشارکت می‌کنند و بدین صورت پروسه تخصصی شدن شغل بیشتر و دقیق‌تر شکل می‌گیرد که این نیز به نوبه خود باعث توسعه بهتر و بیشتر شیوه‌های مختلف تولید و در نتیجه ارتقای بهره‌وری می‌شود. برای اندازه‌گیری کیفیت نهادی در مطالعات از متغیرهای مختلف استفاده می‌شود که در ادامه مجموعه‌ای از این عوامل معرفی می‌شوند. این متغیرها به خصوص در مطالعات خارجی از جمله لسگنی و همکاران (۲۰۱۵) و ایوانو<sup>۱</sup> (۲۰۱۲) استفاده شده است و کمتر در مطالعات داخلی مورد توجه قرار گرفته‌اند.

**کنترل فساد:** یکی از متغیرهایی که به خوبی می‌تواند بیانگر کیفیت نهادی باشد میزان شیوع فساد در اجتماع است، در حقیقت هر چه فساد در جامعه شایع‌تر باشد انگیزه انسان‌ها برای کار و رقابت اقتصادی کاهش می‌یابد و انسان‌ها به جای کار مولد به دنبال امور نامولد خواهند بود. در نتیجه کنترل فساد با بهره‌وری رابطه مستقیم دارد و اشاعه آن بر رشد بهره‌وری اثر

1. Ivano (2012)



جدول ۱. عوامل شناسایی شده مؤثر بر رشد بهره‌وری

منبع آماری	تعریف عملیاتی	دسته‌بندی متغیر	تعریف متغیر	متغیر
بانک جهانی و وزارت راه و ترابری	مجموع آزادراه‌ها و خطوط ریلی کشور برحسب کیلومتر	زمینه و بستر اجتماعی و اقتصادی (I)	زیرساخت فیزیکی ارتباطات	Ph. inf
بانک جهانی	میزان دسترسی به اینترنت در هزار نفر		زیرساخت ارتباطی غیرفیزیکی	ITC
بانک جهانی	میزان کل هزینه‌های بهداشتی مصرفی به تولید ناخالص ملی $HEALTH = \frac{HEALTH\ EXPENSES}{GNP}$		زیرساخت بهداشتی	HEALTH
بانک جهانی	کل درآمدهای نفتی دولت بر تولید ناخالص ملی $Oil. Inc = \frac{Oil\ income}{GNP}$	متغیرهای کلان اقتصادی (Z)	درآمدهای نفتی دولتی	Oil.Inc
بانک جهانی	هزینه‌های مصرفی دولت از تولید ناخالص ملی $Oil. Inc = \frac{Gov. EXPENSES}{GNP}$		اندازه دولت	G.siz
بانک جهانی	نسبت سپرده بانکی به تولید ناخالص ملی $MD = \frac{Deposit\ money\ banks' assets}{GNP}$		سیاست توسعه پولی	MO. DEV
بانک جهانی	حجم معاملات به تولید ناخالص ملی $FD = \frac{Stock\ market\ total\ value\ traded}{GNP}$		سیاست توسعه مالی	FIN. DEV
بانک جهانی	کل سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی انجام شده در یک سال به GNP		سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی	FDI
بانک جهانی	نسبت مجموع صادرات و واردات به تولید ناخالص ملی $OPENESS = \frac{TOTA\ TRADE}{GNP}$		درجه باز بودن	OPENESS
بانک جهانی	نرخ ارز واقعی		نرخ ارز واقعی	EXCHANGE
بانک جهانی	نرخ تورم بر اساس شاخص قیمتی مصرف‌کننده		نرخ تورم	INFLATION
بانک جهانی	میزان انباشت سرمایه در زمان مورد نظر		سرمایه	PH.CAPITAL
بانک جهانی	دستمزد حقیقی نیروی کاری در زمان مورد نظر		دستمزد حقیقی	WAGE
بانک جهانی	کل هزینه صرف شده در تحقیق و توسعه به GNP در ظرف یک سال	تحقیق و توسعه	R&D	
بانک جهانی	میزان ثبت اختراع در یک میلیون نفر	ثبت نوآوری	Patient	
بانک جهانی	شاخص سرمایه انسانی	سرمایه انسانی	HU.CAPITAL	
بانک جهانی	شاخص کنترل فساد	کنترل فساد	CORR	
بانک جهانی	شاخص حاکمیت قانون	حاکمیت قانون	RU.LAW	
بانک جهانی	شاخص کیفیت قوانین	کیفیت قوانین	QUL.LAW	
بانک جهانی	شاخص ثبات سیاسی و کنترل خشونت	ثبات سیاسی	POL	

مأخذ: یافته‌های تحقیق

شبکه‌های عصبی مصنوعی نحوه عملکرد مغز انسان را تقلید می‌کنند و توانایی آنها در استخراج الگوها در داده‌های مشاهده شده بدون نیاز به داشتن مفروضاتی در مورد روابط بین متغیرهاست. آنها توابعی جامع و انعطاف‌پذیر و ابزاری قدرتمند برای تجزیه و تحلیل داده‌ها و مدل‌سازی روابط غیرخطی، با درجه صحت بالا هستند. یکی از متداول‌ترین شبکه‌های عصبی مورد استفاده، شبکه عصبی پرسپترون چندلایه<sup>۲</sup> است (که در این پژوهش نیز مورد استفاده است). پرسپترون چندلایه، ترکیب استاندارد از ورودی‌ها، واحدهای عصبی خطی و غیرخطی و خروجی‌هاست. تمام واحدهای پردازش از هر لایه به تمام واحدهای پردازش لایه بعدی انتقال داده می‌شود. واحدهای پردازش لایه ورودی همگی خطی هستند، ولی در لایه مخفی از نورون‌ها با تابع تانژانت سیگموئید<sup>۳</sup> هایپربولیک<sup>۴</sup> یا هر تابع غیرخطی و پیوسته مشتق‌پذیر دیگری می‌توان استفاده کرد (هراوی و همکاران<sup>۵</sup>، ۲۰۰۴: ۴۴۰).

به‌طور کلی نقش نورون‌ها در شبکه عصبی، پردازش اطلاعات است و این امر در شبکه‌های عصبی مصنوعی به‌وسیله یک پردازش ریاضی که همان تابع فعال‌سازی است، انجام می‌شود. فعال‌سازی می‌تواند خطی یا غیرخطی باشد. یک تابع فعال‌سازی، بر اساس نیاز خاص مسئله‌ای که قرار است به وسیله شبکه عصبی حل شود، از سوی طراح انتخاب می‌شود (خطی). برای بهره‌برداری واقعی از توانایی شبکه‌های عصبی در بخش‌هایی از شبکه، از توابع فعال‌سازی غیرخطی استفاده می‌شود (قدیمی و مشیری، ۱۳۸۱: ۶۵).

در مقایسه مدل شبکه عصبی با مدل‌های رگرسیون می‌توان این‌گونه اظهار داشت که ورودی‌های شبکه عصبی همان متغیر مستقل و خروجی‌های آن متغیر وابسته است. وزن‌های مختلف شبکه نیز، مشابه پارامترهای مدل رگرسیون و جمله اریب نیز همان عرض از مبدأ یا جمله ثابت در مدل رگرسیون است. با این تفاوت که فهم قوانین بین ورودی و خروجی به‌وسیله یا تابع خطی بافرم مشابه برای همه توابع در نظر گرفته می‌شود. این در حالی است که در شبکه عصبی، برای فهم این قوانین هم به شکل خطی و غیرخطی جستجو می‌نماید (به‌خصوص در مدل‌ها با پیچیدگی فراوان احتمال وجود روابط غیرخطی بین متغیرها بیشتر است. بنابراین به‌طور

پس از بررسی مبانی و مطالعات تجربی صورت گرفته، به‌طور کلی ۲۰ متغیر مجزا از میان مطالعات به‌عنوان عوامل اصلی مؤثر بر رشد بهره‌وری شناسایی شده است که میزان و نحوه تأثیرگذاری هر یک از این عوامل بر رشد بهره‌وری در ایران در بازه زمانی ۱۳۷۰ تا ۱۳۹۵ مورد بررسی قرار می‌گیرد.

### ۳-۱- شبکه‌های عصبی مصنوعی

همان‌گونه که در قسمت‌های قبل اشاره شد، روش تجزیه و تحلیل مدل مورد استفاده در این پژوهش شبکه‌های عصبی مصنوعی است که با توجه به اهداف این پژوهش به معرفی و نحوه استفاده از آن پرداخته می‌شود. بر اساس اهداف پژوهش پس از شناخت متغیرها بر اساس مبانی نظری، باید بررسی کرد که هر کدام از متغیرها آیا بر رشد بهره‌وری در ایران تأثیرگذار هستند یا نه؟ بر این اساس باید در ابتدا با استفاده از معیار انتخاب ویژگی این مسئله مورد بررسی قرار گیرد و پس از شناسایی عوامل تأثیرگذار بر اساس داده‌ها و تجزیه و تحلیل تجربی در گام بعدی با انجام تحلیل حساسیت، میزان اثرگذاری هر کدام از عوامل بر رشد بهره‌وری را اندازه‌گیری نمود. لذا در ابتدا منطبق و نحوه کار شبکه‌های عصبی به‌طور کلی معرفی می‌شود و سپس به معرفی منطق انتخاب ویژگی و تحلیل حساسیت پرداخته می‌شود.

شبکه عصبی مدل‌های محاسباتی هستند که قادرند رابطه میان ورودی‌ها و خروجی‌های یک سیستم فیزیکی را توسط شبکه‌ای از گره‌ها که همگی با هم متصل هستند، تعیین نمایند که در آن میزان فعالیت هر یک از این اتصالات توسط اطلاعات تاریخی تنظیم می‌شود (فرایند یادگیری) و در نهایت مدل قادر خواهد بود قوانین مرتبط میان ورودی‌ها و خروجی‌ها را کشف نماید، هرچند این قوانین غیرخطی و پیچیده باشند (هایکین<sup>۱</sup>، ۱۹۹۴: ۹۴). یک شبکه عصبی از نورون‌های مصنوعی تشکیل شده است. نورون یا گره کوچک‌ترین واحد پردازش اطلاعات است که اساس عملکرد شبکه‌های عصبی را تشکیل می‌دهد (منهاج، ۱۳۸۷: ۴۳). هر یک از نورون‌ها، ورودی‌ها را دریافت نموده و پس از پردازش روی آنها، یک سیگنال خروجی تولید می‌نمایند. لذا هر نورون در شبکه به‌عنوان مرکز پردازش و توزیع اطلاعات عمل می‌کند و ورودی و خروجی مخصوص به خود را دارد (مهرابی بشرآباد و کوچک زاده، ۱۳۸۸: ۶۰).

2. Multi-Layer Perceptron

3. Tangent Sigmoid

4. Hyperbolic

5. Heravi et al. (2004)

1. Haykin (1994)

نحوه تأمین مالی در آنها متفاوت است و گرنه سازوکار اثرگذاری مشابه بر رشد بهره‌وری دارند، لذا در صورتی که این دو متغیر تأثیری مشابه و یکسان بر رشد بهره‌وری داشته باشند برای جلوگیری از تأثیر مضاعف یک متغیر بر متغیر وابسته، از مدل حذف می‌شوند یا ممکن است در فرایند انتخاب شاخص‌های مورد استفاده برای اندازه‌گیری متغیرها، دقت کافی نشده باشد و شاخص مورد نظر به خوبی متغیر مورد نظر را در مدل نمایندگی نکند و در بررسی تأثیری بر متغیر وابسته نداشته باشد (اشتباهاتی که می‌تواند نتایج پژوهش را تورش دار نماید). در این حالت نیز دوباره متغیر مورد نظر از مدل حذف می‌شود. روش انتخاب ویژگی این توانایی را دارد که متغیرهایی را که تأثیر مشابه دارند یا اثری بر تغییر متغیر وابسته ندارند را شناسایی و از مدل حذف کند. لذا قبل از برآورد ضرایب و تحلیل حساسیت برای به دست آوردن نتایج بهتر از منطق انتخاب ویژگی استفاده می‌شود (لو و همکاران<sup>۲</sup>، ۲۰۰۱: ۳۰۱).

- بهبود کارایی الگوریتم‌های یادگیری ماشین
  - درک داده، کسب دانش درباره فرایند و کمک به بصری سازی آن
  - کاهش داده کلی، محدود کردن نیازمندی‌ها، ذخیره‌سازی و احتمالاً کمک به کاهش هزینه‌ها
  - کاهش مجموعه ویژگی‌ها، ذخیره‌سازی منابع در دور بعدی گردآوری داده یا در طول بهره‌برداری
  - سادگی و قابلیت استفاده از مدل‌های ساده‌تر و کسب سرعت
- به همه دلایل گفته شده، انتخاب ویژگی نقشی اساسی ایفا می‌کند (همان).

فرایند انتخاب ویژگی معمولاً برای مسائلی استفاده می‌شود که داده‌ها شامل ویژگی‌های زیادی هستند. این فرایند باعث کاهش ابعاد بردار ویژگی‌ها می‌شود که با حذف ویژگی‌های غیرضروری و انتخاب ویژگی‌های ضروری برای یادگیری مدل، بهبود دقت پیش‌بینی و افزایش قابلیت توضیحی مدل‌های

کلی فضای جستجو برای یافتن قانونمندی‌های بین ورودی‌ها و خروجی‌ها در مدل شبکه‌های عصبی بسیار بزرگ‌تر از مدل‌های رگرسیون خطی ساده است (زارعی و همکاران، ۱۳۹۷: ۱۱۲). نتیجه پیش‌بینی مدل‌ها توسط شاخص‌های عملکرد مختلفی سنجیده می‌شود، چون هیچ‌گونه اجماع کلی بر روی بهترین معیار عملکرد، برای ارزیابی مدل پیش‌بینی وجود ندارد. در این پژوهش به منظور ارزیابی عملکرد شبکه عصبی مصنوعی از پارامترهای ضریب کفایت ( $R^2$ ) و مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE) استفاده شده است. در طراحی مدل شبکه عصبی، در واقع باید اندازه مجموعه یادگیری و آزمایشی، نرمال کردن داده‌ها، تعداد لایه‌های پنهان شبکه، تعداد نورون‌های هر لایه، الگوریتم‌های یادگیری، تابع تبدیل، تابع عملکرد، نرخ یادگیری و تعداد تکرارها مشخص گردد. در تعیین این موارد، روش‌های سیستماتیک وجود ندارد، بنابراین، بهترین طراحی شبکه با استفاده از تجربه و آزمایش و خطا به دست می‌آید. در این پژوهش، پس از تعیین مجموعه داده‌های تست و آموزش، داده‌های ورودی به شبکه با استفاده از رابطه شماره (۹) استانداردسازی شده است. در صورتی که داده‌ها به صورت خام وارد شبکه شود، به علت تغییرات زیاد داده‌ها، تأثیر متفاوتی بر روی شبکه گذاشته، به طوری که برخی از نورون‌ها خیلی زود به حد آتش رسیده، در حالی که برخی دیگر از نورون‌ها حتی به آستانه فعالیت نیز نرسیده‌اند و این باعث خواهد شد که توان پیش‌بینی مدل پایین آید (تقی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۵: ۱۱۴).

(۱۰)

$$y = \frac{Xi - Xmin}{Xmax - Xmin}$$

که در آن  $Xmin$  کوچک‌ترین داده و  $Xmax$  بزرگ‌ترین داده سری داده‌های ورودی است. با استفاده از این رابطه، داده‌های ورودی بین صفر و یک قرار می‌گیرد. به علت کارایی، سادگی و سرعت بالا در این پژوهش از الگوریتم آموزشی لئونبرگ مارکواریت<sup>۱</sup> استفاده است.

### ۳-۲- منطق انتخاب ویژگی

در فرایند شناسایی عوامل مؤثر بر رشد بهره‌وری احتمال دارد تعدادی از متغیرها تأثیر مشابه یا از کانالی یکسان بر رشد بهره‌وری تأثیر داشته باشند مثلاً متغیری مانند سیاست پولی و مالی هر دو از روش‌های مختلف تأمین مالی هستند که تنها

2. Lu et al. (2001)

1. Levenberg- Marquardt

فضای ورودی قابل تعیین نیست. به همین دلیل پس از انتخاب ویژگی و تخمین شبکه عصبی به تحلیل حساسیت داده‌های ورودی پرداخته می‌شود.

تحلیل حساسیت، در واقع روشی است که در آن با ایجاد تغییر در ورودی‌ها میزان تغییر در خروجی تحلیل می‌شود. این مسئله نشان‌دهنده آن است که کدام ورودی بیشترین تأثیر را بر روی خروجی خواهد داشت. به عبارتی در اینجا به مانند روش‌های مرسوم اقتصادسنجی پس از شناسایی عوامل به شدت مرتبط و انتخاب کاراترین ترکیب از ورودی‌ها برای تعیین خروجی، میزان تأثیرگذاری هر یک از متغیرها بر توضیح تغییرات بهره‌وری نیز مشخص می‌شود اما با این تفاوت که در تحلیل حساسیت فرض بر این است که مدل انتخابی تمام تغییرات متغیر وابسته را توضیح می‌دهد؛ بنابراین منطق تحلیل حساسیت سطح خطای مدل را صفر در نظر می‌گیرد (لو و همکاران، ۲۰۰۱: ۳۰۱).

#### ۴- ارائه نتایج و یافته‌ها

در این پژوهش ابتدا شبکه عصبی با تعداد ۲۰ متغیر تخمین زده شده است که نتایج آن در شکل شماره (۱) ارائه شده است. در این پژوهش شبکه با یک لایه مخفی، ۱۲ نورون که دارای تابع فعال‌سازی  $\text{logsig}(n) = 1 / (1 + \exp(-n))$  و تابع فعال‌سازی خطی در لایه خروجی است، تخمین زده شده است. همچنین به علت کارایی، سادگی و سرعت بالا در این پژوهش، از الگوریتم آموزشی لونیگ مارکوارت استفاده شده است. بر اساس نتایج بهترین خروجی در شکل شماره ۱ نشان داده شده است.

همان‌گونه که در شکل شماره (۱) مشخص است ضریب کفایت ۰/۹۹۲۲ است و میانگین مربعات خطا نیز ۰/۰۰۱۹ است؛ بنابراین همان‌گونه که واضح است در شبکه‌های عصبی پس از انتخاب متغیرها توسط محقق با جستجو و طی یک فرایند تصادفی بهترین فرم چینش و وزن هر یک از متغیرها برای رسیدن به مدلی با حداقل خطا شناسایی می‌شود؛ بنابراین واضح است در این فرایند اگر به فرض متغیری به اشتباه یا بدون مبانی نظری دقیق و ... در چارچوب این روش قوی می‌تواند باز فرمی را پیشنهاد کند که خطا را حداقل کند؛ بنابراین برای اتکای بیشتر به خروجی‌ها در کنار اتکا به مبانی نظری، استفاده از الگوریتم‌هایی که می‌تواند در فرایند انتخاب متغیرها دخالت داشته باشند، می‌توانند منطق ارائه نتایج را بهتر نماید. هم‌زمان باید توجه داشت در کنار تلاش برای دقت در

پیش‌بینی کننده را به همراه دارد (ارسکی<sup>۱</sup> و ارسکی، ۲۰۱۴: ۲۰۵۷). انتخاب ویژگی در حقیقت مسئله انتخاب یک زیرمجموعه از ویژگی‌هاست که برای توضیح هدف مدنظر کافی و ضروری است. وقتی که بردار ویژگی داده‌ها، شامل تعداد زیادی ویژگی باشد، به دلیل وجود ویژگی‌های اضافی و غیرضروری، دقت به دست آمده از مدل طبقه‌بندی کننده کمتر از دقتی است که یک زیرمجموعه مناسب برای یادگیری مدل انتخاب می‌شود. می‌توان مشکل انتخاب یک زیرمجموعه از ویژگی‌ها را برای رسیدن به دقت بهینه یا دقت نزدیک به دقت بهینه با استفاده از یک روش مناسب انتخاب ویژگی حل کرد (همان).

در این پژوهش برای بهینه‌سازی در منطق انتخاب ویژگی از الگوریتم ژنتیک با مرتب‌سازی نا مغلوب نسخه دوم<sup>۲</sup> (NSGA-II) استفاده می‌شود. الگوریتم ژنتیک یکی از الگوریتم‌های اکتشافی حل مسئله است که از مدل‌سازی زیستی جمعیت جانداران به وجود آمده است. در این الگوریتم، خصوصیات نسل جانداران به مقداری که توابع هدف و بهبود در خصوصیات نسلی در پی گذشت زمان رخ دهد تشبیه و ظهور نسل‌های جدید از آمیزش نسل‌های قبلی به بهبود در مقدار توابع هدف مانند شده است. به عبارت دیگر این الگوریتم از اصول انتخاب طبیعی داروین برای یافتن فرمول یا جواب بهینه به منظور پیش‌بینی یا تطبیق الگو استفاده می‌کند (جکسون و بیل، ۱۳۸۸: ۸۳). تفاوت این الگوریتم با الگوریتم ژنتیک تک هدف، در روش مرتب‌سازی پاسخ‌هاست. در واقع در حالت چندهدفه، پاسخ‌ها ابتدا بر اساس غلبه رتبه‌بندی شده و سپس بر اساس فاصله ازدحامی مرتب می‌شوند. در هر تکرار از این الگوریتم، جمعیت جدید با انتخاب والدین از اعضای جمعیت اصلی و اعمال عملگرهای جهش و تقاطع به دست می‌آید (همان).

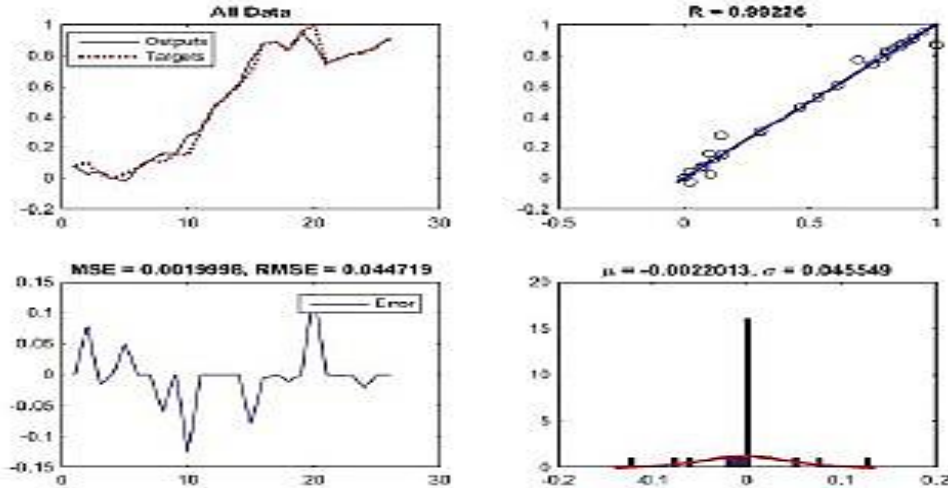
#### ۳-۳- تحلیل حساسیت

شبکه‌های مصنوعی هیچ‌گونه توضیحی در مورد چگونگی اثر پارامترهای ورودی بر خروجی و به عبارتی دانش حاکم بر محیط ارائه نمی‌دهند. لو و همکاران (۲۰۰۱) با بررسی این روش‌ها به این نتیجه رسیدند که اثر هر پارامتر ورودی بر روی متغیرهای خروجی از نظر مقدار و جهت با این روش در کل

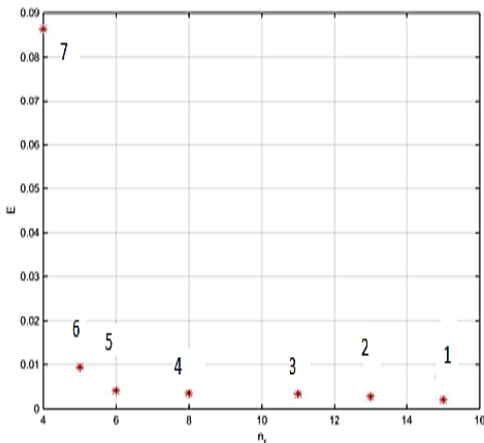
1. Oreski & Oreski (2014)  
2. Non-dominated Sorting Genetic Algorithm (NSGA-II)

در خروجی، پیچیدگی مدل را بیشتر کند.

مدل‌ها باید از پیچیدگی بیش از اندازه مدل نیز دوری شود و استفاده بیش از اندازه از متغیر در مدل می‌تواند بدون تأثیر چندان



شکل ۱. آموزش و تخمین شبکه عصبی با ۲۰ متغیر  
مأخذ: یافته‌های تحقیق



شکل ۲. مجموع نقاط بهینه در منطق انتخاب ویژگی  
مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول ۲. حداقل میانگین خطا و تعداد متغیرها در منطق انتخاب ویژگی

شماره	MSE	N
۱	۰/۰۰۱۷	۱۵
۲	۰/۰۰۸۶	۴
۳	۰/۰۰۹۵	۵
۴	۰/۰۰۳۵	۸
۵	۰/۰۰۳۴	۱۱
۶	۰/۰۰۲۸	۱۳
۷	۰/۰۰۴۱	۶

مأخذ: یافته‌های تحقیق

لذا در ادامه نتایج حاصل از منطق انتخاب ویژگی ارائه می‌شود. در این پژوهش، پژوهش‌گر با در نظر گرفتن دو هدف، کمترین تعداد متغیر (برای سادگی بیشتر) و معیار حداقل خطا (کارایی) مدل خروجی را که در برگزیده این دو معیار باشد ارائه می‌کند؛ بنابراین منطق انتخاب ویژگی خود در اصل یک مسئله بهینه‌یابی است. این الگوریتم در نهایت بهترین جواب‌های ممکن را با توجه به دو معیار مذکور ارائه می‌دهند. در این پژوهش برای بهینه‌سازی در منطق انتخاب ویژگی از الگوریتم ژنتیک با مرتب‌سازی نا مغلوب نسخه دوم (NSGA-II) استفاده می‌شود.

پس از به کارگیری این منطق و انجام بهینه‌سازی، نتایج حاکی از آن است که برای رسیدن به بهترین نتایج (سادگی بیشتر و خطای کمتر) در نهایت ۷ نقطه به‌عنوان نقاط بهینه انتخاب شده است و بر روی یک منحنی بی‌تفاوتی قرار دارد. این ۷ نقطه هر کدام دارای تعدادی مشخص متغیر با سطح خطای مشخص است. همان‌گونه که در نمودار شماره ۲ ملاحظه می‌شود نقاط شماره ۱، ۲ و ۳ دارای کمترین سطح خطا هستند که در میان آن نقطه شماره ۱ کمترین سطح خطا را نشان می‌دهد. تعداد متغیرهای انتخابی و سطح خطا در جدول شماره ۲ نشان داده شده است. همان‌گونه که بیان شد بر اساس منطق انتخاب ویژگی، نقاط به‌دست آمده دارای سطح مطلوبیت یکسان است بنابراین نقطه شماره ۱ دارای سطح خطای ۰/۰۰۱۷ به‌عنوان نقطه بهینه انتخاب می‌شود.



همچنین با مقایسه نتایج در دو حالت ۱۵ متغیر و ۲۰ متغیر، هم حداقل خطا و هم میزان کفایت مدل انتخابی بیشتر از حالت ۲۰ متغیری است (شکل ۴)؛ بنابراین بر اساس نتایج شبکه عصبی و منطق انتخاب ویژگی، علی‌رغم حذف پنج متغیر از میان متغیرهای شناسایی شده، هم سطح خطا و هم معیار کفایت مدل انتخابی از حالتی که ۲۰ متغیر است، بهتر توانایی پیش‌بینی را دارند.

در ادامه کار پژوهشی اکنون باید موضوع تحلیل حساسیت و وزن متغیرهای انتخابی مورد بررسی قرار گیرد. در این پژوهش تحلیل حساسیت در مدل مناسب نهایی، بر اساس شبکه عصبی و معادله گارسن<sup>۱</sup> انجام می‌شود؛ که معادله گارسن بر اساس پارامترهای وزن‌های اتصالی به‌دست آمده از شبکه عصبی به‌صورت رابطه زیر است.

(۱۱)

$$I_j = \sum_{m=1}^{m=N_n} (W_{jm}^{ih} / \sum_{k=1}^{N_i} |W_{km}^{ih}|) * \{ W_{mn}^{ho} / \sum_{m=1}^{K=N_i} \{ \sum_{m=1}^{m=N_h} (|W_{km}^{ih} / \sum_{k=1}^{N_i} |W_{km}^{ih}|) * W_{mn}^{gi} \} \}$$

که در آن اهمیت نسبی J امین متغیر ورودی بر روی خروجی است.  $N_i$  و  $N_h$  به ترتیب تعداد نورون‌های ورودی و مخفی و  $W$  وزن بین لایه‌ها بوده و اندیس‌های  $h, i, o$  به ترتیب به لایه‌های ورودی، مخفی و خروجی اشاره دارد و اندیس‌های  $n, k, m$  به ترتیب نورون‌های ورودی، مخفی و خروجی را نشان می‌دهد (گارسن، ۱۹۹۱: ۴۱۵).

روش گارسن روش مناسب برای تعیین تأثیر کلی هر کدام از متغیرهای تخمین‌گر بر روی متغیر خروجی است، ولی اطلاعات دقیق در خصوص برهم‌کنش متغیرهای تخمین‌گر با هم دیگر را ارائه نمی‌دهند. علاوه بر این، الگوریتم گارسن زمانی که تأثیر نسبی متغیرهای ورودی را محاسبه می‌کند از مقدار مطلق وزن‌ها بهره می‌گیرد؛ بنابراین جهت رابطه را نشان نمی‌دهد. در نتیجه میزان حساسیت به‌دست آمده با این فرض به‌دست آمده و با کشش به‌دست آمده در مدل‌های سنجی متفاوت است. نتایج حاصل از به‌کارگیری روش گارسن با استفاده از وزن‌های محاسبه شده شبکه عصبی در نمودار شماره ۴ ارائه شده است.

نتایج به‌دست آمده از معیار انتخاب ویژگی در جدول شماره ۳ ارائه شده است. همان‌گونه که در جدول واضح است از میان متغیرهای شناسایی شده پنج متغیر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌ها (راه‌آهن)، شاخص نوآوری، سرمایه‌گذاری در بهداشت و نرخ ارز به‌عنوان متغیرهایی با کمترین اثر شناسایی و از مدل حذف شده‌اند.

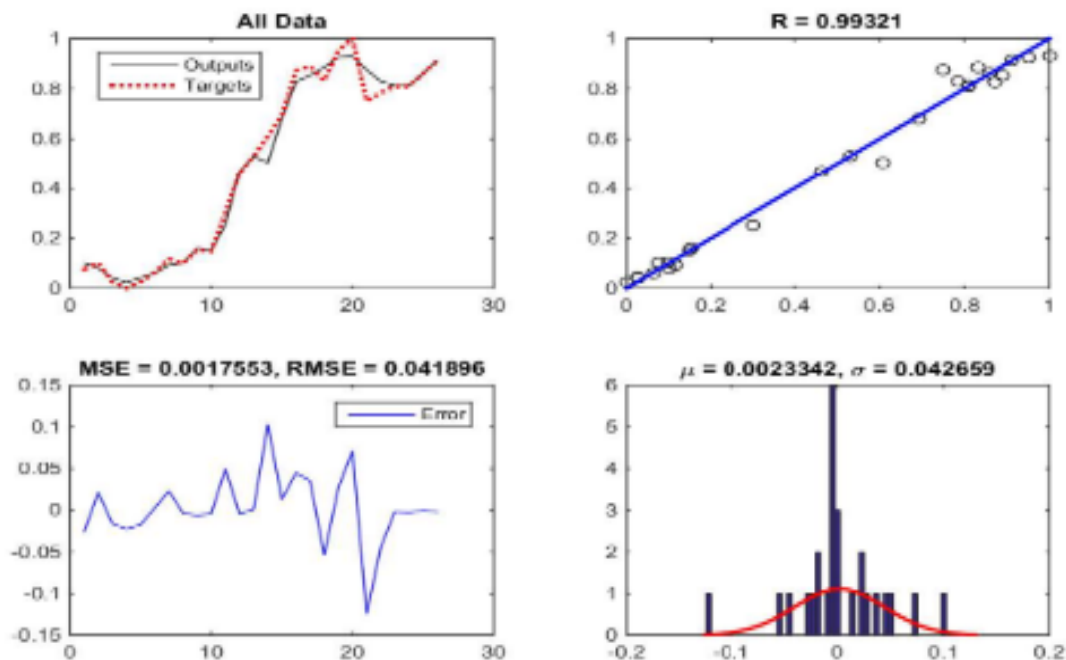
**جدول ۳.** متغیرهای انتخاب شده بر اساس معیار انتخاب ویژگی

انتخاب	نام متغیر
۱	درجه باز بودن
۱	دسترسی به اینترنت
۱	تورم
۱	اندازه دولت
۱	درآمدهای نفتی
۱	دستمزد نیروی کار
۱	سرمایه انسانی
۱	توسعه مالی
۱	توسعه پولی
۰	سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی
۰	نرخ ارز
۱	انباشت سرمایه
۰	سرمایه‌گذاری در زیرساخت (راه‌آهن)
۰	شاخص نوآوری
۱	تحقیق و توسعه
۰	سرمایه‌گذاری در بهداشت
۱	حاکمیت قانون
۱	کنترل فساد
۱	کیفیت قوانین
۱	ثبات سیاسی

**مأخذ:** یافته‌های تحقیق

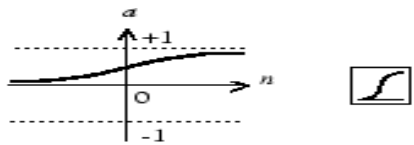
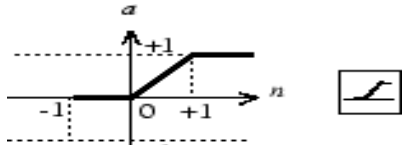
پس از تعیین تعداد متغیرهای بهینه و حذف متغیرهای مذکور دوباره با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی مدل با تعداد بهینه متغیر و سطح خطای حداقل دوباره تخمین زده می‌شود. بر اساس نتایج، مدل شبکه عصبی با تابع فعال‌سازی تنسیگ یک لایه و با سه نورن بهترین نتیجه را به دست می‌دهد. این تابع سطح خطای ۰/۰۰۱۷ و معیار کفایت ۰/۹۹۳۲۱ را ارائه می‌دهد که در میان تخمین‌های دیگر بهترین نتیجه است (شکل ۳).

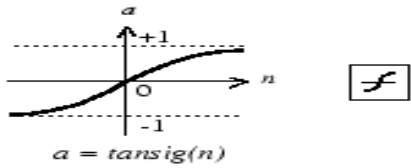
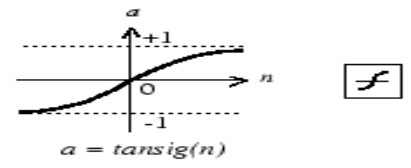
1. Garson



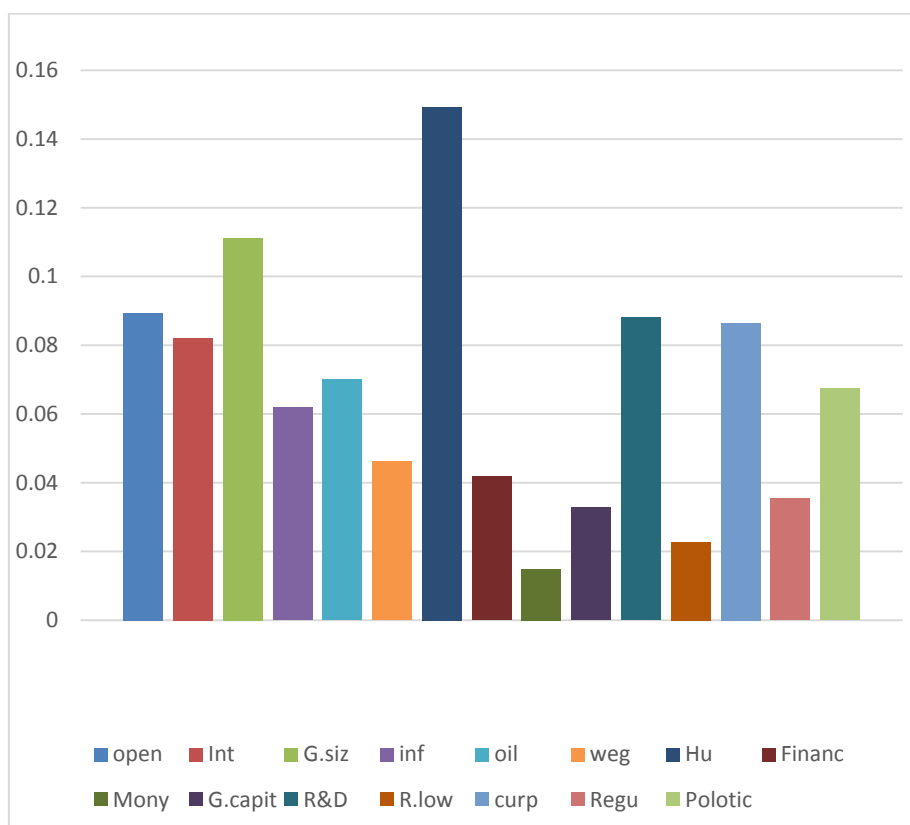
شکل ۳. بهترین خروجی بعد از انتخاب ویژگی  
 مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول ۴. مقایسه بهترین نتایج خروجی با شبکه عصبی

نوع تابع	لایه مخفی	تعداد نورون	کفایت	میانگین حداقل خطا	تعداد متغیر
$\text{logsig}(n) = 1 / (1 + \exp(-n))$	 <p><math>a = \text{logsig}(n)</math> Log-Sigmoid Transfer Function</p>	۱۲	۰/۹۹۲۶	۰/۰۰۱۹	۲۰
$\text{satlin}(n) = 0,$ if $n \leq 0$ $n,$ if $0 < n \leq 1$ $1,$ if $1 < n$	 <p><math>a = \text{satlin}(n)</math> Satlin Transfer Function</p>	۲۵	۰/۹۸۵۱	۰/۰۰۴۶	۱۵

$\text{tansig}(n) = \frac{2}{1+\exp(-2*n)} - 1$	 <p><math>a = \text{tansig}(n)</math> Tan-Sigmoid Transfer Function</p>	۶ نورون	۰/۹۹۲۲	۰/۰۰۲۴	۱۵
$\text{tansig}(n) = \frac{2}{1+\exp(-2*n)} - 1$	 <p><math>a = \text{tansig}(n)</math> Tan-Sigmoid Transfer Function</p>	۳ نورون	۰/۹۹۲۲	۰/۰۰۱۷	۱۵

مأخذ: یافته‌های پژوهش



شکل ۴. وزن متغیرهای مدل نهایی انتخاب شده

مأخذ: یافته‌های تحقیق

با ضعف تاریخی در انباشت سرمایه، ایجاد همه زیرساخت‌ها تا توسعه سرمایه انسانی، تحقیق و توسعه، کیفیت حکمرانی و ... تا حد زیادی به میزان و نحوه دخالت دولت در اقتصاد بستگی دارد. در نتیجه صرف نظر از کیفیت ارائه خدمات دولتی (بحث‌های مربوط به خوب یا بد بودن دخالت دولت در اقتصاد) در صورت کاهش هزینه‌های دولت به دلیل کاهش هزینه‌های سرمایه‌گذاری، تحقیق و توسعه، افت شاخص توسعه انسانی و ... به وضوح می‌تواند رشد بهره‌وری در اقتصاد را تحت تأثیر قرار دهد. در کنار اندازه دولت، متغیر درآمدهای نفتی نیز از وزن و اهمیت قابل توجه برخوردار است. این متغیر حدود ۷ درصد از تغییرات متغیر رشد بهره‌وری را توضیح می‌دهد؛ بنابراین نتایج بر اهمیت دولت در اقتصاد ایران تأکید دارد و با توجه به وابستگی بسیاری از خدمات اساسی مانند هزینه‌های تحقیق و توسعه، سرمایه انسانی، ایجاد زیرساخت‌ها و سرمایه‌گذاری‌های کلان، حفظ نظم، تأمین حقوق مالکیت و ... به‌طور قطع کاهش این هزینه‌ها و تلاش در کوچک کردن حجم دولت حداقل در کوتاه‌مدت باعث کاهش سطح بهره‌وری در اقتصاد خواهد شد. همچنین نتایج تحقیق محمدزاده و همکاران (۱۳۹۰)، اثنی‌عشری و همکاران (۱۳۸۸) و حیدری و همکاران (۱۳۹۵) نیز بر تأثیر مثبت درآمدهای دولتی و نفتی بر رشد بهره‌وری تأکید داشته‌اند.

متغیر تأثیرگذار دیگر، درجه باز بودن است. این متغیر به دلیل حجم زیاد واردات کالاهای واسطه‌ای که اثرات سرریز دانش و فناوری را در خود دارند می‌توانند به رشد و ارتقای بهره‌وری کمک کنند. این نتیجه توسط مطالعات دیگری از جمله امینی و لطفی (۱۳۹۳) و طیبی و همکاران (۱۳۸۷) مورد تأکید قرار گرفته است. لازم به ذکر است سادیا و همکاران (۲۰۱۰) تأثیر این عامل را منفی ارزیابی کرده‌اند؛ اما نکته بسیار مهم در مورد متغیرهای مرتبط با تجارت حذف متغیر نرخ ارز از متغیرهای تأثیرگذار بر رشد بهره‌وری است. این در حالی است که این متغیر می‌تواند بر تجارت بین کشورها بسیار تأثیرگذار باشد و مطالعات زیادی از جمله آذربایجانی (۱۳۹۶)، شاه‌آبادی (۱۳۹۰)، نظری و مبارک (۱۳۸۶)، آفیون و هویت (۱۹۹۲) و آکینلو (۲۰۰۶) بر اهمیت این متغیر تأکید داشته‌اند. حذف این متغیر در مدل به احتمال زیاد ناشی از بی‌تأثیری آن بر بهره‌وری نیست (به دلیل وابستگی اقتصاد ایران چه در حوزه تولید و چه در حوزه مصرف به تجارت و نرخ ارز، این متغیر قطعاً بر فضای

بر اساس نتایج حاصل از کشش حساسیت، سرمایه انسانی بیشترین تأثیر را بر رشد بهره‌وری دارد همان‌گونه که در نمودار شماره ۴ ملاحظه می‌شود در قیاس با دیگر متغیرها، سرمایه انسانی حدود ۱۵ درصد کل تغییرات بهره‌وری را نشان می‌دهد. اندازه دولت با حدود ۱۱ درصد دیگر متغیر بسیار تأثیرگذار است و متغیرهای درجه باز بودن، تحقیق و توسعه، میزان کنترل فساد و دسترسی به اینترنت بیش از ۸ درصد بر رشد بهره‌وری تأثیر داشته‌اند. درآمدهای نفتی حدود ۷ درصد، تورم و ثبات سیاسی حدود ۶ درصد بر رشد بهره‌وری تأثیرگذار بوده‌اند و دو متغیر دستمزد پرداختی و توسعه مالی هر کدام حدود ۴ درصد بر رشد بهره‌وری تأثیر گذاشته‌اند. کیفیت قوانین و تشکیل سرمایه نیز حدود ۳ درصد بر رشد بهره‌وری تأثیر دارند و در نهایت حاکمیت قانون حدود ۲ درصد و توسعه پولی با حدود ۱ درصد، کمترین تأثیر را بر رشد بهره‌وری دارند.

#### ۵- بحث و نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نتایج تحقیق حاکی از آن است که متغیر سرمایه انسانی بیشترین تأثیر را بر رشد بهره‌وری دارد این متغیر آمیخته‌ای از وضعیت آموزش، سطح رفاه و بهداشت کشورها می‌باشد و تأکید دارد که در صورت رفع نیازهای مادی انسان، ایجاد بسترها برای آموزش، پیشرفت در سطح بهداشتی جوامع، نظام انگیزشی در جهت تشویق کار و تلاش بیشتر شکل می‌گیرد و باعث رشد تولیدات انسانی در همان سطح سرمایه و دانش می‌شود. بنابراین، این متغیر در ابتدا سطح بهره‌وری نیروی انسانی را از مسیر انگیزش انسان تحت تأثیر قرار می‌دهد و در نهایت بهبود آن باعث بهبود سطح بهره‌وری در اجتماع می‌شود. هرچند که فرم و نحوه این پژوهش به‌طور کلی با مطالعات پیشین خود کاملاً متفاوت است اما از جهت تأکید بر اهمیت مضاعف عامل سرمایه انسانی نتایج این مطالعه با مطالعات اسنوکین و کتوزیسیت (۲۰۱۸)، آپاریسیو و همکاران (۲۰۱۶)، نجفی و آذربایجانی (۱۳۹۶)، امینی و حجازی (۱۳۸۷)، طیبی و همکاران (۱۳۸۷) و شاه‌آبادی و همکاران (۱۳۹۲) هماهنگی دارد.

بعد از سرمایه انسانی، اندازه دولت بیشترین تأثیر را بر رشد بهره‌وری داشته است. بر اساس مبانی نظری و مطالعات تجربی اختلافات زیادی در مورد میزان دخالت دولت در اقتصاد وجود دارد؛ اما واقعیت این است که در اقتصادهایی مانند اقتصاد ایران

و می‌تواند انگیزه انسانی برای کار و تلاش بیشتر و به خصوص صرف بهتر هزینه‌های دولت را باعث شود و در نهایت سطح بهره‌وری در اقتصاد ایران را ارتقاء بخشد. لازم به ذکر است نتیجه این پژوهش با مطالعات لسگنی و همکاران (۲۰۱۵) و ایوانو (۲۰۱۲) و شاه‌آبادی (۱۳۹۲) هماهنگی دارد.

متغیر دیگر که از اهمیت فراوان برخوردار است دسترسی به اینترنت است. میزان دسترسی به اینترنت از جمله متغیرهای بسیار تأثیرگذار بر رشد تجارت نوین و هم توسعه بازار داخلی است. همچنین این متغیر زمینه استفاده از سرریز دانش را فراهم می‌آورد؛ بنابراین افزایش دسترسی به اینترنت از عوامل مؤثر بر رشد و انباشت دانش است و از این طریق باعث رشد بهره‌وری می‌شود. این متغیر بر رشد بهره‌وری حدود ۸ درصد اثر دارد. لازم به ذکر است که نتیجه این پژوهش با مطالعات میلر و آپادیه‌های (۲۰۱۰)، شاه‌آبادی (۱۳۹۰)، عامری و همکاران (۱۳۹۴) و حیدری و همکاران (۱۳۹۵) هماهنگی دارد. متغیر دیگر ارتباطی، توسعه راه‌ها و ارتباطات فیزیکی است. این متغیر از جمله متغیرهای حذف‌شده از مدل است. این در حالی است که پژوهش‌های و آکینلو (۲۰۰۶) بر تأثیر مثبت و معنی‌دار این متغیر بر رشد بهره‌وری تأکید دارند.

متغیر دیگر که بر رشد بهره‌وری تأثیرگذار است دستمزد می‌باشد این متغیر دارای اثر ۴/۶ درصدی بر رشد بهره‌وری است. بر اساس مبانی نظری رشد دستمزد از طریق انگیزش انسان می‌تواند سطح محصول تولیدشده را ارتقاء بخشد. نتایج این پژوهش با کارهای آپارسینو (۲۰۱۶)، اولانیزولا (۲۰۱۷)، سرافراز (۲۰۱۸) و آذربایجانی و نجفی (۱۳۹۶) هماهنگی دارد. دیگر متغیر تأثیرگذار بر رشد بهره‌وری سرمایه فیزیکی است، ضریب اهمیت این متغیر نیز ۳/۲ درصد است. نکته قابل ذکر در مورد دستمزد و سرمایه فیزیکی این است که هر دو متغیر در مطالعات سنتی بسیار بر اهمیت آنان تأکید شده است این در حالی است که نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که از اهمیت این دو متغیر در توضیح رشد بهره‌وری کاسته شده است و قدرت توضیحی متغیرهای جدیدی مانند سرمایه انسانی، کیفیت نهادی، تحقیق و توسعه و هزینه‌های دولتی افزوده شده است. در میان متغیرهای دیگر دو متغیر توسعه مالی و پولی که با بحث تأمین مالی و انباشت سرمایه فیزیکی در ارتباط هستند نیز از اهمیت لازم برخوردار هستند. متغیر دیگری که با بحث تأمین مالی و انباشت سرمایه فیزیکی در ارتباط است

کلان اقتصادی ایران بسیار تأثیرگذار است) اما به دلیل میزان وابستگی شدید تولید در ایران به واردات کالاهای سرمایه‌ای و بی‌کشش بودن تقاضای وارداتی آنها (علی و مولایی، ۱۳۹۷: ۹۰) در عمل با تغییر نرخ ارز تغییر چندانی در تقاضای کالاهای واسطه‌ای و استفاده از سرریز آن در اقتصاد به وقوع نپیوسته است. لذا تغییرات نرخ ارز، تأثیر چندانی بر بهبود سطح بهره‌وری نداشته است.

متغیر مهم دیگر که بر شاخص بهره‌وری تأثیرگذار است، شاخص اقتصاد دانشی است که از دو متغیر هزینه‌های تحقیق و توسعه و میزان ثبت اختراع تشکیل شده است. برخلاف مطالعات پیشین، بهره‌وری از میزان اختراعات تأثیر پذیرفته است و در مرحله انتخاب ویژگی از زمره ویژگی‌های تأثیرگذار حذف شده است. این در حالی است که در مطالعات آذربایجانی و نجفی (۱۳۹۶)، شاه‌آبادی (۱۳۹۰)، آمن و ویرمنی (۲۰۱۵) و اسنوین و کتوزبسیست (۲۰۱۸) بر اهمیت و معنی‌داری آن تأکید شده است. دلیل این بی‌تأثیری می‌تواند پایین بودن تعداد ثبت اختراعات و عدم وجود اختراعات حساس و کاربردی در میان اختراعات ثبت شده باشد. لذا این دو عامل باعث شده است که میزان ثبت اختراعات بر رشد بهره‌وری تأثیر چندانی نداشته باشد. متغیر مهم دیگر در این شاخص هزینه‌های تحقیق و توسعه است. علی‌رغم چشمگیر نبودن میزان هزینه‌های مرتبط با تحقیق و توسعه در اقتصاد ایران (که همین مقدار نیز وابسته به هزینه‌های دولتی است) نتایج نشان می‌دهد که با تغییرات این متغیر بهره‌وری می‌تواند به شدت تحت تأثیر قرار گیرد.

دیگر متغیر تأثیرگذار بر رشد بهره‌وری با تأثیر ۸/۶۵ درصد کنترل فساد است. به‌طور کلی در میان متغیرها، مجموعه متغیرهای مربوط به عوامل نهادی که رابطه مستقیم با نظام انگیزشی انسان دارند، همگی از مجموعه متغیرهای تأثیرگذار بر رشد بهره‌وری بوده‌اند. بعد از کنترل فساد، متغیر دیگر ثبات سیاسی است. این متغیر دارای تأثیر حدودی ۶/۷ درصدی است. کیفیت قوانین و حاکمیت قانون دو متغیر تأثیرگذار دیگر هستند که به ترتیب ۳ درصد و ۲ درصد بر رشد بهره‌وری تأثیرگذار هستند؛ بنابراین متغیرهای مرتبط با کیفیت نهادی نیز از جمله متغیرهای بسیار تأثیرگذار بر رشد بهره‌وری هستند. این متغیرها در واقع کیفیت حکمرانی در اجتماع را نشان می‌دهد و با توجه به اهمیت دولت در اقتصاد ایران، هر چه این شاخص‌ها بهتر باشند در حقیقت کیفیت خدمات در اقتصاد ایران بهبود می‌یابد



خدمات است و فعالیت دولت در این بخش است و کمتر در بخش تولیدی دخالت می‌کند بنابراین دولت در حوزه ارتقای بهره‌وری بیشتر فراهم‌کننده زیرساخت‌هایی مانند آموزش رایگان برای همه، بهداشت، خدمات قضایی باکیفیت، تضمین حقوق مالکیت، کنترل خشونت و ثبات سیاسی، ارائه استانداردهای معتبر و ... است. لذا مسئله اصلی علی‌رغم بسیاری از مباحث نه خود بالا بودن هزینه و حجم دولت، بلکه کیفیت و کارایی هزینه‌های دولتی است. همچنین نکته بسیار مهم در نتایج، بالا بودن نسبت اهمیت شاخص‌های مرتبط باکیفیت حکمرانی است. همان‌گونه که در قسمت قبلی نیز بیان شد موضوع اصلی در بحث دخالت دولت در اقتصاد نه اندازه دولت، بلکه کارایی هزینه‌های دولتی است که این نیز به کیفیت حکمرانی در جامعه بستگی دارد. دیگر متغیر مهم هزینه تحقیق و توسعه و دسترسی به اینترنت است؛ بنابراین حتی با لحاظ توسعه مالی و توسعه پولی در زمره انباشت سرمایه فیزیکی، باز ملاحظه می‌شود که در مسئله ارتقای بهره‌وری متغیرهای مرتبط با ارتقای سرمایه انسانی، سرمایه دانشی و کیفیت نهادی بیشترین تأثیر در ارتقای بهره‌وری را دارند.

لذا با توجه به درجه اهمیت متغیرهایی مانند سرمایه انسانی و اندازه دولت و عوامل نهادی پیشنهاد می‌گردد برای ارتقای بهره‌وری، دولت نسبت به ارائه زیرساخت‌هایی مانند آموزش رایگان برای همه، بهداشت، خدمات قضایی باکیفیت، تضمین حقوق مالکیت، کنترل خشونت و ثبات سیاسی، ارائه استانداردهای معتبر و ... در جامعه متعهد بماند و دولت به بهانه کوچک کردن حجم خود نباید کیفیت ارائه این خدمات را کاهش دهد. بلکه باید با سرمایه‌گذاری بیشتر در آموزش و دستگاه قضایی، زمینه را برای ارتقای سرمایه انسانی، خدمات قضایی باکیفیت و تعمیق حقوق مالکیت در کشور فراهم آورد. همچنین با توجه به اهمیت متغیرهایی مانند کنترل فساد و اندازه دولت و همچنین اجتناب‌ناپذیر بودن بسیاری از هزینه‌های دولت برای فراهم آوردن زیرساخت‌ها جهت ارتقای بهره‌وری، ضمن تأکید بر تقویت دستگاه‌های نظارتی باید در مبارزه با فساد به ابعاد فرهنگی این موضوع نیز تأکید شود و از ظرفیت مدارس در جهت هوشیاری و مبارزه با فساد بهره برد. با توجه به اهمیت تحقیق و توسعه در ارتقای سطح بهره‌وری، باید از مراکز دانشگاهی و دیگر مراکز پژوهش حمایت کافی شود و هم‌زمان باید با طراحی مکانیسم‌هایی،

سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی است. مطالعات فراوانی از جمله آمان و ویرمن (۲۰۱۵) و شیو و حکمتی (۲۰۰۶) بر اهمیت این متغیر در رشد بهره‌وری تأکید داشته‌اند. این در حالی است که نتایج این پژوهش تأثیر این متغیر بر رشد بهره‌وری را ناچیز ارزیابی می‌کند. همچنین متغیر سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌ها و سرمایه‌گذاری در بهداشت از جمله متغیرهایی هستند که در ادبیات بر اهمیت آنها بر رشد بهره‌وری تأکید داشته‌اند، این در حالی است که نتایج این پژوهش اهمیت آنها را ناچیز ارزیابی کرده و آنها را از مدل حذف کرده است.

به‌طور کلی و بر اساس نتایج می‌توان گفت اولاً از اهمیت متغیرهای سنتی مانند دستمزد و سرمایه فیزیکی بر رشد بهره‌وری کاسته شده است اما باز از متغیرهای مهم در توضیح رشد بهره‌وری هستند. همچنین نکته قابل توجه در این مطالعه تأثیر هزینه‌های دولت و حجم دولت بر رشد بهره‌وری است. لذا نتایج این مطالعه تأکید دارد که نقش دولت در کیفیت ارائه خدمات، ارائه زیرساخت‌ها و کیفیت حکمرانی غیرقابل‌انکار است؛ بنابراین علی‌رغم انتقادات به نقش دولت در اقتصاد باید مدنظر داشت که واقعیت این است که بهبود سرمایه اجتماعی و ایجاد تعهدهای معتبر در یک جامعه وابستگی زیاد به ارائه خدمات با کیفیت توسط دولت دارد که این نیز خود به خود حجم دولت را حتی در کشورهای توسعه‌یافته بالا برده است. داگلاس نورث<sup>۱</sup> نوبلیست اقتصاد ضمن بیان این ایده و با محاسبه سهم مجموع دولت‌های محلی و مرکزی از تولید ناخالص ملی نشان می‌دهد که نه‌تنها در کشورهایی با درآمد سرانه بالای ۲۰ هزار دلار حجم دولت کوچک نیست که تا مواردی ۲ برابر کشورهای کمتر توسعه‌یافته است (نسبت حجم دولت به تولید ناخالص ملی مجموع ۲۰ کشور توسعه‌یافته حدود ۸۳ درصد است). نورث ضمن بیان این نکته تأکید دارد که این بالا بودن حجم دولت در کشورهای توسعه‌یافته به دلیل تعهد دولت به ارائه خدمات با کیفیت برای اجتماع بدون تبعیض است (نورث، ۱۳۹۶: ۵۱-۴۳). بنابراین تأکید صرف بر کوچک کردن دولت، امری نادقیق است و می‌تواند به شدت رشد بهره‌وری و دیگر شاخص‌ها در اقتصاد ایران را تحت تأثیر قرار دهد. لذا موضوع اصلی کاهش هزینه‌های دولتی نیست بلکه اثربخشی و کارآتر کردن این هزینه است؛ اما هم‌زمان باید توجه داشت که در اقتصادهای توسعه‌یافته بیشتر از ۷۰ درصد اقتصاد، بخش

1. Douglass North

بهره‌وری باید دولت در جهت ادغام مدیریت شده با اقتصاد جهانی اقدام نماید و به خصوص در جهت رفع موانع سیاسی و تحریم‌های اقتصادی به شکل جدی تلاش کند.

همچنین با توجه به اهمیت توسعه مالی و پولی، باید موانع رشد بازارهای مالی و پولی برطرف شود. با توجه به مشکلات بانکی کشور و وابستگی آن به حمایت‌های دولتی و در نتیجه فسادزا بودن فرایند تأمین مالی بنگاه‌های اقتصادی از مسیر بانک‌ها، بهتر است دولت زمینه‌های حرکت به سمت توسعه مالی را بیشتر مدنظر قرار دهد.

تحقیقات دانشگاهی بیشتر در خدمت نیازهای اجتماع و بخش صنعت باشد.

همچنین با توجه به اهمیت غیرقابل انکار توسعه اینترنت بر رشد بهره‌وری باید دولت زمینه توسعه و دسترسی بیشتر جامعه به اینترنت را فراهم آورد و به خصوص در این زمینه باید ضمن تأکید بر ضریب نفوذ، هم‌زمان باید کیفیت این خدمات (سرعت اینترنت) نیز مورد توجه باشد.

با توجه به اهمیت درجه باز بودن اقتصاد و همچنین اهمیت غیرقابل انکار سرریزهای تجاری (انتقال فناوری) در رشد

### منابع

عوامل". *فصلنامه سیاست‌های مالی و اقتصادی*، سال چهارم، شماره ۱۴، ۱۷۰-۱۵۱.

پژویان، جمشید و رئیس‌پور، علی (۱۳۹۳). "تبیین آثار سرمایه‌گذاری‌های بهداشتی دولت بر بهره‌وری عوامل تولید با رویکرد منطقه‌ای". *فصلنامه اقتصاد کاربردی*، سال چهارم، ۶۸-۴۳.

تقی‌زاده، روح‌الله؛ فاضل یزدی، علی و محبی، رضا (۱۳۹۵). "مدل سازی و پیش‌بینی کارایی بانک‌های دولتی و خصوصی ایران با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی، شبکه عصبی فازی و الگوریتم ژنتیک". *فصلنامه مدیریت دارایی و تأمین مالی*، سال اول، شماره ۲، ۱۲۶-۱۰۳.

چرخ‌زاده، علیرضا؛ خیری‌زاده، شقایق و بصیرت، مهدی (۱۳۹۵). "رابطه بین سلامت و بهره‌وری نیروی کار در کشورهای در حال توسعه". *فصلنامه مدیریت بهره‌وری*، سال دهم، شماره ۳۷، ۸۰-۷۱.

جکسون، تی و بیل، آر (۱۳۸۸). "آشنایی با شبکه‌های عصبی". ترجمه محمود البرزی، تهران: مؤسسه انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف چاپ دوم.

حیدری، حسن؛ فرخ‌نهاد، پروانه و محمدزاده، یوسف (۱۳۹۵). "نقش تحقیق و توسعه و ظرفیت جذب در بهره‌وری کل عوامل تولید در کشورهای منتخب در حال توسعه". *فصلنامه پژوهش و برنامه‌ریزی در آموزش عالی*، دوره ۲۲، شماره ۳، ۶۲-۳۷.

زارعی، قاسم؛ محمدیان، رعنا؛ حاضری نیری، هاتف و باشکوه، محمد (۱۳۹۷). "مقایسه روش‌های شبکه عصبی فازی با شبکه عصبی موجک فازی در پیش‌بینی قیمت سهام

آذربایجانی، کریم و نجفی، زهرا (۱۳۹۶). "بررسی عوامل مؤثر بر بهره‌وری نیروی کار در چارچوب تابع تولید". *فصلنامه علمی پژوهشی مدیریت بهره‌وری*، دوره ۱۱، شماره ۴۲، ۷-۳۵.

اثنی‌عشری، هاجر؛ کرباسی، علیرضا و مسنن مظفری، مهدیه (۱۳۸۸). "بررسی رابطه تجارت خارجی و بهره‌وری عامل‌های تولید در بخش کشاورزی ایران". *مجله پژوهش‌های نوین اقتصاد کشاورزی*، جلد ۲، شماره ۱، ۱۱۱-۱۰۵.

اسدپور، احمدعلی (۱۳۹۹). "اثر باز بودن، رابطه مبادله و سرمایه انسانی بر بهره‌وری کل عوامل تولید در ایران". *فصلنامه علمی پژوهشی پژوهش‌های رشد و توسعه اقتصادی*، دوره ۱۰، شماره ۴۰، ۱۲۲-۱۰۹.

امینی، علیرضا و حجازی، زهرا (۱۳۸۷). "نقش سرمایه انسانی و تحقیق و توسعه در ارتقای بهره‌وری کل عوامل تولید در اقتصاد ایران". *فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران*، سال دهم، شماره ۳۵، ۳۰-۱.

امینی، علیرضا و لطفی‌پور، مریم (۱۳۹۳). "اثر آزادسازی تجارت خدمات مالی بر بهره‌وری کل عوامل تولید". *فصلنامه علوم اقتصادی*، دوره ۱۹، شماره ۷۵، ۱۱۳-۸۹.

امینی، علیرضا و مصلی، شهرام (۱۳۹۰). "نقش سرمایه انسانی از نوع تجربه در بهره‌وری کل عوامل تولید در کارگاه‌های بزرگ صنعتی ایران". *فصلنامه پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی*، سال نوزدهم، شماره ۵۷، ۱۳۲-۱۰۵.

انصاری نسب، مسلم و نامداری، سیمین (۱۳۹۵). "بررسی تأثیر جهانی‌شدن و آزادسازی تجاری بر رشد بهره‌وری کل

پایان‌نامه دکتری، دانشگاه بوعلی سینا همدان.  
فلاحی، محمدعلی؛ جندقی میبیدی، فرشته و اسکندری‌پور،  
زهره (۱۳۹۴). "تأثیر ابعاد سرمایه انسانی بر بهره‌وری کل  
عوامل تولید در اقتصاد ایران". *فصلنامه علمی پژوهشی  
مطالعات اقتصاد کاربردی ایران*، سال چهارم، شماره ۱۶،  
۸۱-۱۰۶.

قدیمی، محمدرضا و مشیری، سعید (۱۳۸۱). "مدل‌سازی و  
پیش‌بینی رشد اقتصادی در ایران با استفاده از شبکه‌های  
عصبی مصنوعی". *فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی*، شماره  
۱۲، ۶۹-۵۷.

کریمی تکانلو، زهرا؛ حقیقت، جعفر و بخشی‌پور، جواد (۱۳۹۶).  
"بررسی اثر رقابت وارداتی بر بهره‌وری نیروی کار در  
صنایع ایران". *فصلنامه پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی*،  
شماره ۳۸، سال ۲۵، ۲۸۵-۲۶۵.

کمیحانی، اکبر (۱۳۸۹). "بهره‌وری و رشد اقتصادی در برنامه  
چهارم و سند چشم‌انداز". *انتشارات پژوهشکده پولی و  
بانکی*، ۳۸-۱۵.

کمیحانی، اکبر و ابراهیمی، سجاد (۱۳۹۲). "اثر نوسانات نرخ  
ارز بر رشد بهره‌وری در کشورهای در حال توسعه با لحاظ  
توسعه مالی". *فصلنامه علمی پژوهشی مطالعات اقتصاد  
کاربردی ایران*، سال دوم، شماره ۶، ۳۹-۲۴.

کمیحانی، اکبر و شاه‌آبادی، ابوالفضل (۱۳۹۲). "بررسی اثر  
فعالیت‌های تحقیق و توسعه داخلی و خارجی از طریق  
تجارت خارجی بر بهره‌وری کل عوامل تولید". *فصلنامه  
پژوهشنامه بازرگانی*، شماره ۱۸، ۴۱-۲۵.

لطفعلی‌پور، محمدرضا؛ فلاحی، محمدعلی و حسینی، سید سعید  
(۱۳۹۴). "اثر باز بودن تجاری بر بهره‌وری کل عوامل  
تولید در صنایع بزرگ ایران". *فصلنامه پژوهش‌های  
اقتصادی (رشد و توسعه پایدار)*، سال پانزدهم، شماره دوم،  
۹۵-۱۱۶.

محمدزاده، پرویز؛ محسنی زنوزی، فخری سادات و رهنمای  
قراملکی، غلامحسین (۱۳۹۰). "تأثیر سرمایه انسانی بر  
بهره‌وری کل عوامل تولید در صنایع متوسط و بزرگ  
ایران". *فصلنامه اقتصاد و الگوسازی*، سال پنجم، شماره ۳،  
۱۴۷-۱۱۷.

محمدی پیراسته، سیدمحمدباقر؛ جلیلیان، حمیدرضا و میرزایی،  
حبیب (۱۳۹۱). "رابطه سرمایه فکری و بهره‌وری در صنعت

بانک‌های پذیرفته شده در بورس اوراق تهران". *راهبرد  
مدیریت مالی*، دوره ۶، شماره ۳، ۱۳۸-۱۰۹.

سپهردوست، حمید و زمانی، صابر (۱۳۹۴). "بررسی اثر جبران  
خدمات بر بهره‌وری نیروی کار تعاونی‌های صنعتی کشور".  
*پژوهش‌های رشد و توسعه پایدار*، سال شانزدهم، شماره ۴،  
۳۷-۲۱.

سوری، علی؛ ابراهیمی، محسن و حسینی دوست، احسان  
(۱۳۸۷). "رابطه بهره‌وری و دستمزد با تأکید بر تحصیلات  
نیروی کار (مطالعه موردی صنعت ایران)". *پژوهش‌های  
اقتصادی*، شماره ۳۸، ۳۲۹-۳۱۱.

شاه‌آبادی، ابوالفضل (۱۳۸۶). "اثر سرمایه‌گذاری مستقیم  
خارجی، تجارت بین‌الملل و سرمایه انسانی بر بهره‌وری کل  
عوامل تولید در اقتصاد ایران". *فصلنامه علمی پژوهشی  
جستارهای اقتصادی*، سال چهارم، شماره هفتم، ۱۳۴-۹۹.

شاه‌آبادی، ابوالفضل و رحمانی، امید (۱۳۸۹). "بررسی نقش  
تحقیق و توسعه بر بهره‌وری بخش صنعت اقتصاد ایران،  
مجله رشد فناوری". دوره ۷، شماره ۲۵، ۳۸-۲۸.

شاه‌آبادی، ابوالفضل؛ کیمیایی، فاطمه و ارباب‌افضلی، محمد  
(۱۳۹۲). "تأثیر مؤلفه دانش بر بهره‌وری کل عوامل تولید  
کشورهای منتخب عضو کنفرانس اسلامی". *فصلنامه  
اقتصاد و توسعه منطقه‌ای*، سال بیستم، شماره ۵، ۵۸-۴۲.

طالعی اردکانی، سمانه (۱۳۹۹). "تأثیر مالیات بر بهره‌وری  
شاغلان صنایع تولیدی ایران، مطالعه برنامه پنجم توسعه  
(۱۳۹۰-۱۳۹۴)". *فصلنامه علمی پژوهشی پژوهش‌های  
رشد و توسعه اقتصادی*، دوره ۱۰، شماره ۴۰، ۱۳۴-۱۲۳.

طیسی، سیدکامیل؛ عمادزاده، مصطفی و شیخ بهایی، آریتا  
(۱۳۸۷). "تأثیر صادرات صنعتی و سرمایه انسانی بر  
بهره‌وری عوامل تولید و رشد اقتصادی در کشورهای عضو  
کنفرانس اسلامی". *فصلنامه اقتصاد مقداری (بررسی‌های  
اقتصادی سابق)*، دوره ۵، شماره ۲، ۱۰۶-۸۵.

عامری، سهیلا؛ زارع مهرجویی، محمدرضا و ضیاء‌آبادی، مریم  
(۱۳۹۴). "اثرات فناوری اطلاعات و ارتباطات و آزادسازی  
تجاری بر بهره‌وری کل عوامل تولید در ایران". *فصلنامه  
تحقیقات توسعه اقتصادی*، شماره هفدهم، ۱۱۶-۱۰۵.

علی، عدی و مولایی، محمد (۱۳۹۷). "اندازه‌گیری میزان  
هموارسازی مخارج مصرفی خوراکی در برابر شوک‌های  
موقت و دائمی درآمد بر مصرف خانوارها در ایران".

- ایران؛ کاربرد شبکه‌های عصبی مصنوعی". *مجله اقتصاد و توسعه کشاورزی (علوم و صنایع کشاورزی)*، جلد ۲۳، شماره ۱، ۷۷-۵۸.
- نظری، محسن و مبارک، اصغر (۱۳۸۶). "اثر سرمایه‌گذاری تحقیق و توسعه بر بهره‌وری در صنایع ایران". *پژوهشنامه علمی پژوهشی اقتصاد کلان*، سال هفتم، شماره ۴، ۱۷۴-۱۵۱.
- نورث، داگلاس؛ والیس، جوزف و باری، وینگاست (۱۳۹۶). "خشونت و نظم‌های اجتماعی". ترجمه جعفر خیرخواهان و رضا مجیدزاده، تهران: انتشارات روزنه.
- Aghion, P. & Howitt, P. (1992). "A Model of Growth Through Creative Destruction". *Econometrica*, 60(2), 323-351.
- Akinlo, A. E. (2006). "Macroeconomic Factor and Total Factor Productivity in Sub-Saharan African Countries". *International Research Journal of Finance and Economics*, ISSN1450-2887.
- Aman, E. & Virmani, S. (2015). "Foreign Direct Investment and Reverse Technologt Spillovers, The Effect on Total Factor Productivity". *OECD Journal*, 89, 605-618.
- Aparicio, S. D. (2016). "Institutional Factors, Opportunity Entrepreneurship and Economic Growth: Panel Data Evidence". *Technological Forecasting & Social Change*, 102, 45-61
- Behera, R. S., Dua, P. & Goldar, B. (2012). "Horizontal and Vertical Technology Spillover of Foreign Direct Investment: An Evaluation across Indian Manufacturing Industries". *Munich Personal RePEc Archive Paper No.43293*: pp:1-39
- Beyer, H. & Vergara, R. (2002). "Productivity and Economic Growth: The Case of Chile". *Journal of Development Economics*, 59(1), 103-123.
- Cashell, B. W. (2004). "Productivity and Wage; Cornell University; ILR School, Congress Research Service.
- Clark, W. (2000). "Do Trade Patterns and Technology Flows Affect Productivity بانکداری (مطالعه مورد: بانک‌های استان لرستان)". *فصلنامه پول و اقتصاد*، سال سوم، شماره ۷، ۲۳۴-۲۰۳.
- محمودزاده، محمود (۱۳۹۰). "اثرات فناوری اطلاعات و ارتباطات بر رشد بهره‌وری نیروی کار در اقتصاد ایران". *فصلنامه پژوهش‌نامه بازرگانی*، سال سوم، شماره ۴۳، ۲۹-۱۵.
- منهاج، محمد (۱۳۸۷). "مبانی شبکه‌های عصبی (هوش محاسباتی)". تهران: نشر دکتر حسابی.
- مهرابی بشرآبادی، حسین و کوچک‌زاده، سمیه (۱۳۸۸). "مدل‌سازی و پیش‌بینی صادرات محصولات کشاورزی Growth?". *World Bank Economic Review* 14, 17-47.
- Coe, D. & Helpman, E. (1995). "International R&D Spillovers". *European Economic Review*, 39(2), 859-887.
- Coe, D. T. & Moghadam, R. (1993). "Capital and Trade as Engines of Growth in France: An Application of Johansen's Co Integration Methodology". *IMF Staff Papers*, 40, 542-666.
- Coe, D., Helpman, E. & Hoffmaister, W. (2009). "International R&D Spillovers and Institutions". *Journal of European Economic Review*, 53(7), 224-225.
- Cordoba, G. F., Perez, J. J. & Torres, J. L. (2009). "Public and Private Sector Sages Interaction a General Equilibrium Model". *Working Paper Serving*, No. 9 (October 2009).
- Cororaton, C. B. (2002). "Total Factor Productivity in the Philippines". *Journal of Policy Modeling*, 29(1), 141-163.
- Dieppe, A. & Mutl, J. (2013). "International R&D Spillovers Technology Transfer Vs. R&D Synergies". *European Central Bank Working Paper*, No. 1504.
- Easterly, W. & Levine, R. (2001). "Aid, Policies, and Growth: Comment". *American Economic Review*, 94(3), 774-780.
- Garson, G. D. (1991). "A Comparison of Neural Network and Expert Systems

- Algorithms with Common Multivariate Procedures for Analysis of Social Science Data". *Social Science Computer Review*, 9(3), 399-434.
- Griliches, Z. (1988). "Productivity Puzzles and R&D: Another Nonexplanation". *Journal of Economic Perspectives*, 2(4), 9-21.
- Haousas, I. & Yagoubi, T. T. (2005). "Openness and Human Capital as Source of Productivity Growth: An Empirical Investigation from Some MENA Countries". *Journal of International Development*, 17, 527-551.
- Haykin, S. (1994). "Neural Networks – A Comprehensive Foundation". *Macmillan College Publishing Company*, New York.
- Heravi, S., Osborn, D. R. & Birchenhall, C. R. (2004). "Linear Versus Neural Network Forecasts for European Industrial Production Series". *International Journal of Forecasting*, 20, 435-446.
- Hwang, I. & Wang, E. (2004). "Does Openness to Trade Affect Total Factor Productivity Growth: Evidence from 45 Japanese Manufacturing Industries". *Journal of Economic Research*, 9, 147-173.
- Iwanow, T. (2012). "Institutional Quality, Productivity and Patterns of Comparative Advantage". *Research School of Pacific and Asian Studies*, ANU.
- Jorgenson, D. W. (2001). "Information Technology and US Economy". *American Economic Review*, 44(91), 1-32.
- Kim, S., Lim, H. & Park, D. (2007). "The Effect of Imports and Exports on Total Factor Productivity in Korea". *The Research Institute of Economy, Trade and Industry Discussion, Paper Series*, 07- E-022.
- Krugman, P. (1994). "Scale Economies, Product Differentiation, and the Pattern of Trade". *The American Economic Review*, 75(5), 950-959.
- Kwon, J. K. (1986). "Capital Utilization, Economies of Scale and Technical Change in the Growth of Total Factor Productivity". *Journal of Development Economics*, 24, 75-89.
- Lasagni, A., Nifo, A. & Gaetano, V. (2015). "Firm Productivity and Institutional Quality: Evidence from Italian Industry". *Journal of Regional Science*, 55(5), 774-800.
- Lu, M., Abourizk, S. M. & Hermann, U. H. (2001). "Sensitivity Analysis of Neural Networks in Spool Fabrication Productivity studies". *Journal OF Computing in Civil Engineering*, 15(4), 299-308.
- Matteucci, N., & Sterlacchini, A. (2004). "ICT, R&D and Productivity Growth: Evidence from Italian Manufacturing Firms". In *Final Conference "Information Technology, Productivity and Growth"*, London.
- Oluwanisola, A (2017). "Modeling the Effect of Healthcare Expenditure and Education Expenditure On Labour Productivity: A Study On OIC Countries". *Journal of Business and Economics Review*, 2(2), 31-37.
- Oreski, S. & Oreski, G. (2014). "Genetic Algorithm-Based Heuristic for Feature Selection in Credit Risk Assessment". *Expert Systems with Applications*, 41(4), 2052-2064.
- Owyong, D. T. & Thangavelu, S. M. (2001). "An Empirical Study on Public Capital Spillovers from the USA to Canada". *Applied Economics*, 33(11), 1493-1499.
- Pessoa, A. (2005). "Foreign Direct Investment and Total Factor Productivity in OECD Countries: Evidence from Aggregate Data". *Faculdade de Economia, Universidade do Porto*.
- Romer, P. M. (1987). "Growth Based on



- Increasing Returns Due to Specialization". *American Economic Review*, 77(2), 56-62.
- Sadia, M., Ahmed, Q. M. & Butt, M. S. (2010). "Trade Liberalization and Total Factor Productivity Growth (1971-2007)". *Pakistan Economic and Social Review*, 3(4), 61-84.
- Senhadji, A. (1999). "Sources of Economic Growth: An Extensive Growth Accounting Exercise". *IMF staff papers*, 47(1), 129-157.
- Serfraz, A. (2018). "Foreign Direct Investment Inflows and Labor Productivity in Pakistan: A Sector-Wise Panel Co integration Analysis". *Asian Journal of Economics and Empirical Research*, 5(1), 1-18..
- Shiu, A. & Heshmati, A. (2006). "Technical Change and Total Factor Productivity Growth for Chinese Provinces: A Panel Data Analysis". *IZA DP*, No. 2133
- Sniukine, A. M. & Matuzeviciute. K. (2018). "Impact of Human Capital Development on Productivity Growth in EU Member States". *Business, Management and Education*, 16(1), 1-12.
- Steiner, T. & Goldner, R. (2004). "Is There an Export or Import-Led Productivity Growth in Rapidly Developing Asian Countries? A Multivariate VAR Analysis". *Applied Economics*, 36(2), 1083-1093.
- Yong, T. (1995). "Manufacturing Firms in Developing Countries". *Journal of Economic Literature*, 33(3), 11-44.