Journal of Iranian Economic Issues, Institute for Humanities and Cultural Studies (IHCS)
Biannual Journal, Vol. 12, No. 1, Spring and Summer 2025, 273-305
https://www.doi.org/10.30465/ce.2025.51293.2016

Evaluating the Decomposed Productivity Growth Rate in the Iranian Automotive Industry with Emphasis on Technical Efficiency and Scale: A Frontier Approach

Nadia Mirzababazadeh*, Samaneh Norani Azad**
Farhad Khodadad Kashi***

Abstract

The rate of productivity growth and the optimal level of efficiency are key determinants of firms' market share sustainability in the economy, particularly in international trade. The Iranian automobile industry, however, has suffered from low productivity growth and weak efficiency performance over the past decades, largely due to state ownership and government-led management. This study evaluates productivity growth in the Iranian automobile industry, with a focus on technological progress and scale efficiency. To achieve this, we employ decomposable frontier production functions using the Kumbhakar and Lovell model, applied to four-digit ISIC data from 2002–2020. The findings reveal that technological progress, with a value of 0.017, accounted for the largest contribution to total factor productivity growth, while scale efficiency, with a value of -0.042, exerted a negative effect. Moreover, the negligible contribution of technical efficiency (0.006) suggests that although production structures have partially relied on technological advancement, managerial efficiency and scale optimization remain significant challenges. In addition, government-imposed pricing policies have reduced firms' incentives to improve efficiency and productivity growth. Accordingly, the study recommends

* Assistant professor of Department of Economics, Payame Noor University, Tehran, Iran, nmirzababazadeh@pnu.ac.ir

** Assistant professor of Department of Economics, Payame Noor University, Tehran, Iran (Corresponding Author), noraniazad@pnu.ac.ir

*** professor of Department of Economics, Payame Noor University, Tehran, Iran, khodadad@pnu.ac.ir

Date received: 21/02/2025, Date of acceptance: 01/07/2025

reforming the pricing system and establishing a transparent, competitive framework to strengthen firms' motivation for productivity enhancement.

Keywords: Decomposed Productivity Growth Rate, Technical efficiency, Technological progress, Scale efficiency.

JEL Classification: O33 ،O47 ،L50 ،K23.

بررسی مسائل اقتصاد ایران، پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
دوفصل‌نامهٔ علمی (مقالهٔ پژوهشی)، سال ۱۲، شمارهٔ ۱، بهار و تابستان ۱۴۰۴

ارزیابی نرخ رشد بهره‌وری تفکیک‌پذیر در صنعت خودرو ایران با تأکید بر کارایی فنی و مقیاس: رویکرد مرزی

نادیا میرزابابازاده*

سمانه نورانی آزاد**، **فرهاد خداداد کاشی*****

چکیده

نرخ رشد بهره‌وری و سطح بهینه کارایی یکی از دلایل ماندگاری سهم بازار شرکت‌ها در اقتصاد و بویژه در تجارت بین‌الملل است. صنعت خودرو ایران بدلائل محتلف به‌ویژه مالکیت یا مدیریت دولتی در چند دهه اخیر از نرخ رشد بهره‌وری و مولفه‌های کارایی مطلوب برخوردار نبوده است. در این مقاله تلاش گردید تا ارزیابی از نرخ رشد بهره‌وری به همراه میزان پیشرفت فنی و کارایی مقیاس در صنعت خودروی ایران ارائه شود. برای تحقق این هدف ضمن استفاده از داده‌های کدهای چهاررقمی (ISIC) صنعت خودروی ایران در دوره زمانی ۱۳۸۱–۱۳۹۹، تابع تولید مرزی تجزیه‌پذیر کامبوکار و لاول برازش می‌شود. یافته‌های پژوهش بیانگر آن است که در صنعت خودروسازی ایران پیشرفت فنی با مقدار ۰/۰۱۷ بیشترین سهم را در نرخ رشد بهره‌وری عوامل تولید داشته، درحالی‌که کارایی مقیاس با مقدار ۰/۰۴۲– از نرخ رشد بهره‌وری کاسته است؛ همچنین باستناد سهم ناچیز کارایی فنی با مقدار برابر ۰/۰۰۶ می‌توان اظهار داشت که اگرچه ساختار تولید تا حدی متکی بر تحول فناورانه بوده اما از لحاظ کارایی مدیریتی و مقیاس تولید با چالش‌هایی مواجه است. علاوه براین، اجرای سیاست‌های قیمت‌گذاری در این صنعت انگیزه خودروسازان را برای ارتقای کارایی و رشد بهره‌وری کاهش داده است؛ بنابراین پیشنهاد

* استادیار گروه اقتصاد، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران، nmirzababazadeh@pnu.ac.ir

** استادیار گروه اقتصاد، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران (نویسندهٔ مسئول)، noraniazad@pnu.ac.ir

*** استاد گروه اقتصاد، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران، khodadad@pnu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۲/۰۳، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۴/۱۰

می‌شود که با اصلاح نظام قیمت‌گذاری و ایجاد سازوکاری شفاف و رقابتی، انگیزه‌های ارتقاء بهره‌وری در بنگاه‌ها تقویت شود.

کلیدواژه‌ها: نرخ رشد بهره‌وری تفکیک‌پذیر، کارایی فنی، پیشرفت فنی، کارایی مقیاس.

طبقه بندی JEL: O33، O47، L50، K23.

۱. مقدمه

در دنیای امروز، بخش صنعت در مقایسه با سایر بخش‌های اقتصادی به عنوان نیروی پیشران رشد و توسعه اقتصادی شناخته می‌شود. در این میان، صنعت خودروسازی ایران با سهم قابل توجهی از تولید صنعتی، اشتغال‌زایی گسترده و ارزش افزوده بالا، پس از صنایع نفت و گاز یکی از مهم‌ترین صنایع کشور محسوب می‌شود (یونیدو United. Nations Industrial Development Organization، 2019: 159). بااین‌حال، این صنعت با چالش‌های متعددی از جمله بازار انحصاری، موانع ورود، ممنوعیت واردات و نبود رقابت مؤثر مواجه است که یکی از نتایج آن، پایین بودن سطح بهره‌وری در مقایسه با استانداردهای جهانی است. اگرچه وجود یک بازار گسترده همراه با سطح بالای تقاضا، به‌طور منطقی می‌بایست انگیزه‌ای برای افزایش عرضه ایجاد کند، اما در عمل، عوامل مختلفی از جمله تحریم‌های اقتصادی، محدودیت‌های ناشی از ممنوعیت واردات خودرو و مشکلات ساختاری در تولید، مانع تحقق این افزایش عرضه شده‌اند. در نتیجه، تولید در سطحی کمتر از میزان بهینه باقی مانده است. این وضعیت موجب می‌شود که خودروسازان نتوانند از صرفه‌های مقیاس بهره‌مند شوند که این امر باعث افزایش هزینه‌های تولید و قیمت نهایی خودرو می‌شود. از آنجا که در این بازار رقابت مؤثری وجود ندارد، هزینه‌های ناشی از این ناکارآمدی‌ها در نهایت به مصرف‌کنندگان منتقل می‌شود. این وضعیت، که عمدتاً ناشی از ناکارایی فنی و ضعف در ساختارهای مدیریتی و فناورانه است، نشان‌دهنده اهمیت ارتقای نرخ رشد بهره‌وری عوامل تولید به عنوان عاملی کلیدی برای بقا، رقابت‌پذیری و توسعه پایدار صنعت خودرو است. در چنین بستری، ارزیابی بهره‌وری کل عوامل تولید در این صنعت می‌تواند نتایج گمراه‌کننده‌ای را در پی داشته باشد. ازاین‌رو مفهوم بهره‌وری تفکیک‌پذیر اهمیت خاصی می‌یابد؛ زیرا با تفکیک نرخ رشد بهره‌وری به مؤلفه‌هایی چون کارایی فنی، کارایی مقیاس و پیشرفت فنی، امکان شناسایی دقیق منشأ ناکارایی و تجویز سیاستی متناسب با آن فراهم می‌شود. به‌گونه‌ای که اگر سهم پایین بهره‌وری ناشی از فناوری‌های فرسوده باشد،

سیاست‌گذار باید منابع را به‌سوی نوسازی تکنولوژیک سوق دهد و اگر مشکل در ناکارایی مدیریتی و سازمانی نهفته باشد، تمرکز بر آموزش و اصلاح ساختار بنگاه‌ها راهگشا خواهد بود. از این رو بهره‌وری تجزیه‌پذیر نه‌فقط ابزار تحلیلی، بلکه ابزار سیاستی مهمی برای بازطراحی مداخلات دولت در صنایع کلیدی تلقی می‌شود.

از طرفی، آمارهای منتشرشده از سوی سازمان بین‌المللی تولیدکنندگان وسایل نقلیه موتوری (OICA Organisation Internationale des Constructeurs d'Automobiles) نیز گویای آن است که کشورهای چین، آمریکا و ژاپن در سال ۲۰۲۲ رده‌های اول تا سوم تولید در صنعت خودرو را به‌خود اختصاص داده‌اند؛ همچنین، کشورهای موفقی چون کره جنوبی که هم‌زمان با ایران فعالیت خود را آغاز کرده‌اند، به‌دلیل بهره‌مندی از رقابت، نوآوری و بهره‌وری هدفمند رشد چشمگیری را تجربه کرده‌اند. در این میان، درحالی‌که شرکت جنرال موتورز آمریکا و چانگان چین به ترتیب شاخص بهره‌وری ۴۲ و ۴۰ را نشان می‌دهند در ایران شاخص بهره‌وری ۱۷/۵ بوده است. این بدان معناست که به ازای هر یک نفر پرسنل در بدنه اصلی خودروسازی کشور تنها ۱۷/۵ دستگاه خودرو تولید می‌شود که در مقایسه با استاندارد جهانی به‌دلیل وجود نیروی مازاد و تولید کمتر از ظرفیت تفاوت فاحشی را با دیگر کشورهای جهان نشان می‌دهد؛ که این شکاف عملکردی، تحلیل دقیق ساختار بهره‌وری و مولفه‌های کارایی موثر برآن را در این صنعت می‌طلبد (Focus2Move, 2024; EFTM, 2024). از سوی دیگر، با آغاز فرآیند تنظیم‌گری در صنعت خودرو از اوایل دهه ۱۳۹۰ و نقش‌آفرینی نهادهایی نظیر شورای رقابت، بررسی تأثیر سیاست‌های تنظیم‌گرانه بر عملکرد بهره‌وری اهمیت دوچندانی یافته‌است. شواهد بین‌المللی دلالت برآن دارد که مقررات‌زدایی و ایجاد فضای رقابتی می‌تواند موجب بهبود سریع در نرخ رشد بهره‌وری شود (بروگل و هان، Broughel & Hahn 2020: 5). در این راستا، هدف اصلی پژوهش حاضر، تحلیل نرخ رشد بهره‌وری تفکیک‌پذیر در صنعت خودروی ایران با تأکید بر مؤلفه‌های پیشرفت فنی، کارایی مقیاس و تغییرات کارایی فنی در دوره ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۹ و در سطح کدهای چهاررقمی ISIC (International (Standard Industrial Classification است. در حقیقت این مقاله بدنبال پاسخ به این سوال است که میزان نرخ رشد بهره‌وری، کارایی فنی و مقیاس در این صنعت چگونه است؟ و اینکه این نرخ در شرایط تنظیم‌گری بازار چگونه تغییر می‌کند؟ نوآوری این مطالعه در آن است که نه‌تنها بهره‌وری را به تفکیک مؤلفه‌های تشکیل‌دهنده آن تحلیل می‌کند، بلکه آثار سیاست‌های تنظیم‌گرانه را در دوره‌های پیش و

پس از مداخله نهادهای تنظیم‌گر نیز ارزیابی می‌نماید. همچنین، استفاده از داده‌های بنگاه‌های صنایع کارخانه‌ای ایران در سطح کدهای چهار رقمی ISIC جدید دقت تحلیل را افزایش داده است.

مطالب این مقاله بصورت زیر ساماندهی شده است: در بخش دوم ادبیات نظری تحقیق، در بخش سوم پیشینه تحقیق و در بخش چهارم روش‌شناسی ارائه می‌شود. بخش پنجم نیز به برآورد مدل و تفسیر نتایج اختصاص یافته و نهایتاً، بحث و نتیجه‌گیری تحقیق در بخش ششم ارائه خواهد شد.

۲. مبانی نظری تحقیق

امروزه رقابت در عرصهٔ تجارت جهانی به‌واسطهٔ کمرنگ‌شدن مرزهای اقتصادی، ابعاد دیگری یافته و تلاش در جهت بهبود و ارتقای بهره‌وری، پایهٔ اصلی این رقابت را تشکیل می‌دهد (لارین و استامپنر Larrain & Stumpner 2017: 25). به منظور ارزیابی سیاست‌های برنامه‌ریزان و تصمیم‌گیرندگان و دولت‌ها شاخص‌های مختلفی ارایه شده است. یکی از مهم‌ترین این شاخص‌ها بهره‌وری کل عوامل تولید است که در آن میزان تمام محصولات به میزان تمام نهاده‌ها سنجیده می‌شود. اگر در این شاخص رشد وجود داشته باشد، به معنی آن است که سیاست‌های مدیران در استفاده از نهاده‌ها مؤثر بوده است. رشد بهره‌وری، موجب کاهش هزینه‌های تولید و افزایش قدرت رقابت تولیدکننده‌ها در بازار شده و به سودآوری هرچه بیشتر محصولات تولیدی کمک شایانی می‌کند (آدوسی وآلوکو، Adeusi & Aluko 2015: 124). در تئوری‌های رشد نیز، رشد بهره‌وری بخش صنعت یکی از پیش شرط‌های اساسی ارتقای سطح رقابت‌پذیری این بخش و موفقیت آن درشرایط رقابت فزاینده جهانی به شمار می‌رود (عطرکار روشن و همکاران، ۱۳۹۴: ۱۰۱).

بهره‌وری را می‌توان معیار عملکرد یا قدرت تولید کالا و خدمات یا به دست آوردن نتیجه کمی و کیفی مطلوب از نهاده‌ها در راستای اهداف جامعه و سازمان دانست، از این‌رو گفتنی است که برای رسیدن به بهره‌وری بایستی به‌طور کارا و مؤثر عمل کرد (مهرگان و همکاران، ۱۳۹۸: ۳۱۱). بهره‌وری از لحاظ مفهومی، به‌معنای استفاده مؤثر و کارآمد از منابع در فرایند تولید است. همچنین، در مبحث بهره‌وری این دیدگاه وجود دارد که هر روز می‌توان کارها را بهتر از روز قبل انجام داد و در نتیجه، امکان افزایش مستمر بهره‌وری همواره می‌تواند وجود داشته باشد. از دیدگاه سولو (Solow) ، جزء باقی مانده رشد تولید،

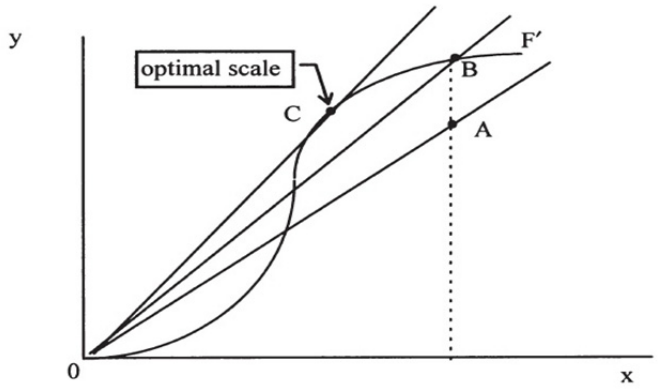
همان بهره‌وری کل عوامل تولید است، یعنی بخشی از رشد تولید که به نیروی‌کار، سرمایه فیزیکی و نهاده‌های واسطه مربوط نیست. به بیان دیگر، بهره‌وری عبارت از ایجاد حداکثر سود ممکن، با به کارگیری مؤثر از نیروی‌کار، توان، استعداد، مهارت، تخصص، زمین، ماشین، پول، تجهیزات، زمان، مکان و غیره در راستای افزایش رفاه جامعه است (نپان، Neupane 2013: 222)

از سوی دیگر، کارایی نیز مفهومی نسبی برای مقایسه بین عملکرد واقعی و ایده‌آل هر بنگاه است. در واقع، کارایی به بهترین عملکرد بنگاه یا بیش‌ترین مقدار ستادهٔ به دست آمده از ترکیب مقدار مشخص نهاده و فناوری تولید اشاره دارد (یو،Yu 2016: 40). در مباحث نظری اقتصاد تولید، کارایی به انواع مختلف فنی (Technical Efficiency)، تخصیصی (Allocative Efficiency)، اقتصادی (Economic Efficiency) و مقیاس (Scale Efficiency) طبقه‌بندی می‌شود. به‌طوری‌که در کارایی فنی بنگاه، بحث توانایی بنگاه برای بیشینه‌سازی میزان تولید با توجه به منابع و عوامل تولید مطرح است و با ساختار فناوری ارتباط دارد. در این دیدگاه، بنگاهی دارای کارایی فنی بالاتر است که بتواند با مجموعه نهاده‌های مفروض و ثابت، محصول بیش‌تری نسبت به سایر بنگاه‌ها تولید کند. از طرف دیگر، کارایی تخصیصی بیانگر تخصیص بهینه عوامل تولید از پی کمینه کردن هزینه تولید و بیشینه کردن سود بنگاه با توجه به قیمت نسبی عوامل تولید است. بنابراین، کارایی تخصیصی مستلزم انتخاب آن مجموعه از عوامل تولید با قیمت مشخص است که سطح معینی از محصول را در کمترین هزینه تولید کند. به‌همین دلیل، کارایی تخصیصی را کارایی قیمت می نامند، در حالی که کارای اقتصادی یا کارایی هزینه، که ترکیبی از کارایی فنی و تخصیصی است، نشان‌دهنده توانایی واحد تولید در به دست آوردن بیشترین سود ممکن با توجه به قیمت‌ها و سطح نهاده است. کارایی مقیاس یکی دیگر از شاخص‌های سنجش کارایی یک واحد تولیدی است و بیانگر نسبت کارایی مشاهده شده آن واحد به کارایی در مقیاس بهینه است. در این دیدگاه، اندازه بنگاه در تشخیص کارایی نسبی مد نظر قرار دارد (بادوننکو .Badunenko et al، 2016).

بسیاری از متون اقتصادی کارایی و بهره وری را به صورت یکسان یا به جای یکدیگر بکار می‌برند، اما این دو اصطلاح به طور دقیق مشابه هم نیستند، زیرا هر نقطه روی مرز تولید بیانگر بیشترین میزان کارایی فنی است؛ اما این به معنای بیشینه بودن بهره‌وری نیست. در واقع، نقاط مختلف مرز تولید نسبت به هم از لحاظ بهره‌وری متفاوت هستند، زیرا بنگاه

های تولیدی ممکن است که به لحاظ فنی از کارایی کامل بهره‌مند باشند، ولی به خاطر عوامل دیگری مانند صرفه‌های مقیاس یا بهینه نبودن اندازه بنگاه، از بیشینهٔ بهره‌وری برخوردار نباشند. برای درک این موضوع در نمودار (۱) فرض برآن است که ستانده (Y) با استفاده از یک عامل تولید (X) تولید می‌شود. منحنی OF یک تابع مرزی است که روی آن، میزان تولید دسترس پذیر برحسب یک فناوری موجود مشخص می‌شود و بیانگر بیش‌ترین کارایی فنی است. در این نمودار، خطوطی که با شیب (Y/X) بر نقاط روی منحنی OF رسم می شوند، معیاری برای اندازه گیری بهره‌وری هستند.

اگر بنگاه تولیدی در نقطه‌ای مانند (A) (زیر منحنی تابع مرزی) عمل نماید، ضمن اینکه با نبود کارایی فنی روبه روست، می تواند از بهره وری برخوردار باشد، اما این نقطه بیانگر بیشینهٔ بهره وری نیست. با جا به جایی از نقطه A به B کارایی فنی و بهره‌وری افزایش می‌یابد. اگرچه نقطه B در مقایسه با نقطه A و نقاط مشابهی که زیر مرز تولید هستند، از کارایی فنی برخوردار است، اما بیشینهٔ بهره وری نخواهد داشت. بیشینهٔ بهره‌وری در نقطه C حاصل می شود که در آن شیب خط رسم شده از مبدأ مختصات (Y/X) برابر با شیب منحنی تابع مرزی است و در مقایسه با سایر نقاط زیر و روی منحنی، از مقدار بیشینهٔ بهره‌وری برخوردار است. بنابراین، بنگاه تولیدی ممکن است به لحاظ فنی از کارایی کامل بهره‌مند باشد؛ اما به خاطر عوامل دیگری مانند مقیاس یا بهینه نبودن اندازه بنگاه، از بیشینهٔ بهره‌وری برخوردار نباشد. به بیان دیگر، موقعیتی که در آن بیشینهٔ بهره‌وری برقرار است، مسلماً متضمن کارایی نیز است، اما عکس این مطلب لزوماً صادق نیست.



شکل ۱. مقایسه تفاوت دو مفهوم کارایی و بهره‌وری

(Coelli et al., 2005, P: 5)

در فناوری موجود، بنگاه در نقطه C، از بیشینهٔ بهره‌وری و کارایی فنی همزمان برخـوردار است. این تحلیل در شرایط ایستا و در یک مقطع زمانی است، اما در شرایط پویا عاملی با عنوان تغییرهای فناورانه مطرح می‌شود که باعث انتقال تابع مرزی می‌شود و افزایش بهره وری را به همراه دارد (کولی وهمکاران، ۲۰۰۵: ۴–۵)

به طور کلی، امکان سنجش و اندازه‌گیری کارایی و نرخ رشد بهره وری بـا اسـتفاده از دو روش پارامتریک و غیرپارامتریک فراهم است. در روش پارامتریک یا تحلیـل مـرز تصـادفی، ناکارایی نسبت به تابع مرزی با استفاده از داده های آماری تخمین زده می‌شود؛ این امر مستلزم استفاده از توابع تولید و هزینه است. در این روش به ازای نهاده‌های هر بنگـاه، تـابع مـرزی و میزان تولید مرزی محاسبه می‌شود و تفاوت تولید واقعی و تولید مـرزی ناکـارایی محسـوب می‌شود که این ناکارایی می‌تواند ناشی از ناکارایی فنی و عامل تصادفی باشد. به‌طوری‌که اگـر عملکرد بنگاهی از تولید مرزی کم‌تر باشد، بخشی از ناکارایی به دلیل ناکارایی فنی و بخشی به دلیل وجود عوامل تصادفی است. اگر بنگاهی بالاتر از تابع مرزی عمل کند، ناکارایی تنهـا بـه دلیل وجود عوامل تصادفی خواهد بود و در حالتی خاص که مقدار تولید واقعی بنگاه با تولید مرزی بنگاه فرضی برابر است، بنگاه از لحاظ فنی کارا به شمار می رود (باتیس وکولی، ۱۹۹۵: ۱۵۷). در رویکرد ناپارامتریک یا تحلیل پوششی داده‌ها، انواع کارایی و نرخ رشد بهره‌وری بـا استفاده از روش برنامه‌ریزی خطی و اطلاعات داده و ستاده ها مورد سنجش و ارزیـابی قـرار می‌گیرد. در این روش، واحدها با سطح استاندارد از قبل تعیین شده یا تابعی معلوم و مشخص مقایسه نمی‌شوند؛ بلکه ملاک ارزیابی، عملکرد واحدهای تصمیم‌گیرنده‌ای است که در شرایط یکسان فعالیت‌های مشابه انجام می‌دهند. در روش تحلیل پوشش داده‌ها، کارایی بنگـاه‌هـا در شرایط بازدهی ثابت و متغیر نسبت به مقیاس و بر اساس رویکرد نهـاده مـدار و سـتاده مـدار اندازه‌گیری می‌شود. در حالی که در رویکرد پارامتریک، نرخ رشد بهره وری کل عوامل تولید و انواع مولفه‌های کارایی موثر بر آن با استفاده از مرز تصادفی ارائه شده توسـط بـاتیس وکـولی (۱۹۹۵) سنجیده می‌شود که شامل اثرهای ناکارایی تصادفی است.

در واقع، در این مدل امکان تخمین تغییرهای فنی در مرز تصادفی و ناکارایی فنی متغیر در طول زمان فراهم است. این الگو به شرح رابطه (۱) است:

$$\begin{aligned} &Y_{it} = \beta X_{it} + (V_{it} - U_{it}) \\ &U_{it} = \{U exp(-\eta(t-T))\} \\ &V_{it} \sim iidN(0, \sigma_v^2) \\ &U_{it} \sim iid|N(m_{it}, \sigma_u^2)|, U_{it} \geq 0 \end{aligned} \qquad (۱)$$

$$m_{it} = \delta Z_{it}$$

در الگوی رابطه (۱)، Y_{it} بیانگر محصول بنگاه iام در دوره زمانی t، X_{it} بـردار نهـاده‌هـا، η, β بردار پارامتر، U_{it} اثرهای ناکارایی تولید و V_{it} جزء اخلال است. علاوه بر این، جزء U_{it} بیانگر ناکارایی فنی در تابع تولید در طول زمان است که توزیـع نرمـال منقطـع (Truncated Normal Distribution) در نقطه صفر با میـانگین برابـر μ_{it} دارد. همچنـین، Z_{it} بـردار $P \times 1$ از متغیرهای توضیحی مؤثر بر ناکارایی فنی بنگاه و δ بردار $1 \times P$ از پارامترهای تخمینی است. حال اگر در این مدل از بین متغیرهای توضیحی موثر بر ناکـارایی فنـی بنگـاه ($\mu_{it} = \delta Z_{it}$)، تنها یک متغیر توضیحی معنادار باشد، این الگـو مشـابه مـدل استیونسـن (Stevenson 1980) باتیس و کولی (۱۹۸۸؛ ۱۹۹۲) خواهد بود. در شرایطی که تمامی متغیرهای توضیحی مـوثر بر ناکارایی معنادار نباشند، اثر ناکارایی فنی ارتباطی با متغیرهای توضـیحی نـدارد و توزیـع نیمه‌نرمال ارائه‌شده توسط ایگنر و همکاران (Aigner et al. 1977) حاصل می‌شـود. در واقـع، ساده‌ترین این مدل‌ها نخستین بـار توسـط ایگنـر و چـاو(Aigner & Chu 1968)، و ایگنـر و همکاران (۱۹۷۶) معرفی شدند؛ سپس توسط استیونسن (۱۹۸۰)، فرساند و همکاران(Førsund et al 1980)، اشمیت (Schmidt 1985)، هوانگ و لیو(Huang & Liu 1994) و باتیس و کولی (۱۹۹۵)، در پژوهش‌های با تغییرهای کارایی در طول زمان تکمیل گردید. لازم به ذکر است که برآورد مدل مرز تصادفی مستلزم استفاده از روش بیشینهٔ راست‌نمایی (MLE Maximum Likelihood Estimation) است و در این مدل‌ها دو پارامتر $\sigma^2 = \sigma_v^2 + \sigma_u^2$ و $\gamma = \frac{\sigma_u^2}{\sigma_v^2+\sigma_u^2}$ بسیار مهم هستند. پارامتر γ در واقع معنادار بودن جزء ناکارایی و اثر آن را در مدل ارزیابی می‌کند. این پارامتر در فرایند بیشینه‌سازی برآورد می‌شود و مقداری بین صفر و یک اختیار می‌کنـد به‌طوری‌که اگر $\sigma_u^2 = 0$ باشد، $\gamma = 0$ خواهد بود و جزء ناکارایی از مدل حذف مـی‌شـود و مدل مرز تصادفی به مدل رگرسیون معمولی تبدیل می‌گردد. در این راستا کیم و هان (Kim & Han 2001) برای تجزیه نرخ رشد بهره‌وری از تابع تولید مرز تصـادفی بـه صـورت زیـر استفاده نمودند:

$$Y_{it} = f(x_{it}, T)\exp(v_{it} - u_{it}) \qquad (۲)$$

به‌طوری که Y_{it} بیانگر ستاده صنعت i ام در زمان t، x_{it} برداری از نهاده‌هـای تولیـدی، T ضریب فناوری f(.) مرز تولید، v_{it} جمله اخلال و $u_{it} \geq 0$ ناکارایی ستاده‌محور است که در طول زمان تغییر می‌کند.

آن‌ها با دیفرانسیل‌گیری از مرز تولید f(.) در رابطه (۲) نسبت به زمـان، بـه رابطـه زیـر دست یافتند:

$$\frac{dlnf(x,t)}{dt} = \frac{\partial lnf(x,t)}{\partial t} + \sum_j \frac{\partial Lnf(x,t)}{\partial x_j}\frac{dx_j}{dt} \qquad (۳)$$

دو جمله سمت راست معادله بالا، بر تغییر مرز تولید بر اثـر پیشـرفت فنـی و تغییـر در نهاده‌های تولیدی دلالت دارد. از آن‌جایی که کشش ستاده نسبت به نهاده j برابـر $\varepsilon_j = \frac{\partial lnf}{\partial lnx_j}$ است، جمله دوم سمت راست رابطه (۳) را می‌توان به صورت $\sum_j \varepsilon_j \dot{x}_j$ در نظر گرفت که بـا جایگذاری در رابطه (۳) خواهیم داشت:

$$\frac{dlnf(x,t)}{dt} = TP + \sum_j \varepsilon_j \dot{x}_j \qquad (۴)$$

با توجه به ایکه تولید در طی زمان تحت تاثیر تغییر در مقدار نهاده‌ها و تغییر در ناکارایی فنی(U) و تغییر در جزء اختلال (V) تغییر می‌کند؛ بنـابراین تغییـر در تولیـد طـی زمـان بـا دیفرانسیل‌گیری از فرم لگاریتمی تابع مرز تصادفی به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$\dot{Y}_{it} = \frac{dLnf(x_{it},t)}{dt} - \frac{du_{it}}{dt} + \frac{dv_{it}}{dt} \qquad (۵)$$

اکنون با قرار دادن رابطه (۴) در رابطه (۵) روابط زیر استخراج می شود:

$$\begin{aligned} \dot{Y}_{it} &= \frac{\partial Lnf(x_{it},t)}{\partial t} + \sum_j \frac{\partial Lnf(x_{it},t)}{\partial x_j}\frac{dx_j}{dt} - \frac{du_{it}}{dt} \\ \dot{Y}_{it} &= T\dot{P}_{it} + \sum_j \varepsilon_j \frac{dx_j}{dt} - \frac{du_{it}}{dt} \end{aligned} \qquad (۶)$$

در رابطه (۶)، $T\dot{P}_{it}$ بیانگر نرخ پیشرفت فنی، $\frac{dx_j}{dt}$ رشد نهاده jام است که بـه آن وزنـه‌ای معادل کشش ستاده نسبت به آن نهاده داده می‌شود و $\frac{du_{it}}{dt}$ تغییـر در ناکـارایی فنـی اسـت. براساس رابطه فوق، تغییر بهره‌وری کل متأثر از پیشرفت فنـی، تغییـر نهـاده‌هـا و تغییـر در ناکارایی فنی است. در این رابطه، پیشرفت فنی مثبت (منفی)، بیانگر انتقال مرز تولید به بـالا (پایین) است. همچنین، در شرایطی که $\frac{du}{dt}$ منفی یا مثبت) باشد به ترتیب دلالت بر بهبود و کاهش کارایی فنی دارد از آن‌جایی که نرخ رشد بهره‌وری عوامل تولید شـامل آن بخـش از رشد ستاده است که توسط عوامل تولید توضیح داده نمی‌شود؛ بنابراین خواهیم داشت:

$$T\dot{F}P_{it} = \dot{Y}_{it} - \sum_j S_j \frac{dx_j}{dt} \qquad (۷)$$

در رابطه (۷)، S_j سهم هزینه‌ای نهاده j ام است که بـا کشـش سـتاده بـه صـورت زیـر مرتبط است:

$$S_j = \frac{\varepsilon_j}{\varepsilon} \quad , RTS = \sum_j \varepsilon_j = \varepsilon \qquad j = 1,2, \dots, n \tag{۸}$$

در ادامه، با جایگذاری رابطه (۶) و (۸) در رابطه (۷)، نرخ رشد بهره‌وری کل عوامل تولید به صورت زیر خواهد بود:

$$T\dot{F}P = T\dot{P}_{it} + \sum_j (\varepsilon_j - S_j)\dot{x}_j - \frac{du_{it}}{dt} = T\dot{P}_{it} + \Delta TE_{it} + (\varepsilon - 1)\sum_j \lambda_j \dot{x}_j + \sum_j (\lambda_j - S_j)\dot{x}_j \tag{۹}$$

به‌طوری که $\Delta TE_{it} = -\frac{du_{it}}{dt}$ بیانگر تغییرهای کارایی فنی (Technical Efficiency Change)، $RTS = \sum_j \varepsilon_j = \varepsilon$ بازدهی مقیاس، و $\lambda_j = \varepsilon_j/RTS$ آخرین مولفه در رابطه (۸)، عدم کارایی تخصیصی است. در واقع، رابطه بالا بیان می‌کند که رشد بهره‌وری عوامل تولید متاثر از نرخ پیشرفت فناورانه $T\dot{P}_{it}$، تغییرهای کارایی فنی ΔTE، بازدهی نسبت به مقیاس تولید $(RTS - 1)\sum_j \lambda_j \dot{x}_j$، و تغییرهای کارایی تخصیصی $\sum_j (\lambda_j - S_j)\dot{x}_j$ است. البته کامبوکار و لاول (Kumbhakar & Lovell 2003)، نشان می‌دهند که در شرایط دسترس نبودن قیمت نهاده‌ها، امکان محاسبه کارایی تخصیصی وجود ندارد. بنابراین، با توجه به $S_j = \varepsilon_j/\varepsilon$ می‌توان رابطه (۹) را به صورت زیر بیان نمود:

$$T\dot{F}P = T\dot{P}_{it} - \Delta TE_{it} + (\varepsilon - 1)\sum_j \frac{\varepsilon_j}{\varepsilon}\dot{x}_j \tag{۱۰}$$

در واقع رابطه (۱۱)، بیانگر آن است که نرخ رشد بهره‌وری عوامل از سه مولفه اساسی پیشرفت فناوری، تغییرهای کارایی فنی و کارایی مقیاس تشکیل می‌شود و در محاسبه آن‌ها تنها دسترسی به مقادیر نهاده‌ها و ستاده کفایت می‌کند و به قیمت نهاده‌ها و ستاده نیازی نیست. در این رابطه نرخ رشد فناوری به انتقال تابع تولید، تغییرات کارایی فنی به میزان جابه‌جایی روی مرز کارایی تولید و کارایی مقیاس به بازدهی نسبت به مقیاس تولید اشاره دارد (شارما و همکاران Sharma et al، 2007: 220–218).

۳. پیشینهٔ تجربی

با مرور اجمالی بر مطالعات پیشین در این حوزه موضوعی ملاحظه می‌شود که مطالعات بهره‌وری در دهه‌های اخیر از رویکرد سنجش بهره‌وری کل عوامل به‌سمت تحلیل و ارزیابی نرخ رشد بهره‌وری و مؤلفه‌های کارایی موثر برآن، به‌ویژه پیشرفت فنی، کارایی فنی و کارایی مقیاس حرکت کرده‌اند. این تحول عمدتاً با بهره‌گیری از رویکردهای مبتنی بر تابع تولید مرزی (Stochastic Frontier Analysis) محقق شده است. در این راستا، مطالعات

متعددی بر روند کلی بهره‌وری در صنایع مختلف و تأثیر عوامل نهادی و ساختاری مانند مقررات بازار محصول، رقابت و سیاست‌های اصلاحی تمرکز داشته‌اند. آرنولد و همکاران (2011 Stochastic Frontier Analysis)، در مطالعه‌ای به بررسی اثر مقررات ضدرقابتی روی بهره‌وری عوامل می‌پردازد. در این بررسی مقررات می‌تواند به‌طور مستقیم یا با کند کردن نرخ دسترسی بر رشد بهره‌وری تأثیر بگذارد. آنها در مطالعه خود دریافتند که اعمال مقررات در بازار محصولی که فشارهای رقابتی را محدود می‌کند، عملکرد بهره‌وری بنگاه‌ها را کاهش می‌دهد. اگرت (2016 Egert) در پژوهشی وسیع، بهره‌وری کل عوامل را تابعی از شدت نوآوری، باز بودن تجاری و تعدیل اندازه کشورها و میزان مقررات بازار محصول معرفی می‌کند نتایج مطالعه وی نشان داد که بهره‌وری عوامل از ظرفیت خلق، انتقال و جذب دانش تأثیر می‌پذیرد. به‌طور مشابه، اندرسون و همکاران (2019 Anderson et. al) با تحلیل داده‌های کشورهای اتحادیه اروپا طی ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴ نشان دادند که بهره‌وری را می‌توان با اصلاحات در بازار محصول، از جمله افزایش رقابت و تسهیل ورود و خروج بنگاه‌ها، ارتقا داد. آن‌ها در مطالعه خود تأکید نمودند که مقررات سخت‌گیرانه می‌تواند از طریق کاهش پویایی بازار، بهره‌وری را به‌طور غیرمستقیم تضعیف کند. در همین زمینه، آرنولد و همکاران نیز نشان دادند که مقررات ضد رقابتی عملکرد بهره‌وری شرکت‌ها را با محدود کردن دسترسی به بازار کاهش می‌دهد. نجوکی و همکاران (2019 Njuki et al) با استفاده از رویکرد مرز تصادفی با پارامترهای تصادفی به ارزیابی بهره‌وری در بخش کشاورزی آمریکا می‌پردازند آنها در مطالعه خود عوامل زیست‌محیطی به عنوان عوامل مؤثر در ناکارایی در نظر گرفتند. نتایج مطالعه آنها نشان داد که اختلاف زیادی بین بهره‌وری در مدل مرز تصادفی با شیب تصادفی نسبت به مدل مرسوم با شیب ثابت وجود دارد. پل و شانکار (2022 Paul & Shankar) با استفاده از مدل مرز تصادفی، نشان دادند که تنظیم‌گری اقتصادی در صنعت برق کشورهای OECD طی سال‌های ۲۰۱۳-۱۹۸۰، تأثیر مثبت معناداری بر رشد بهره‌وری از طریق بهبود کارایی فنی داشته است. یافته‌های آن‌ها نشان داد که متوسط نرخ رشد بهره‌وری سالانه ۰/۲۷ درصد و نرخ رشد دوره‌ای ۹/۶۹ درصد می‌باشد.

مطالعاتی که از مدل‌های مرزی تفکیک‌پذیر برای تحلیل نرخ رشد بهره‌وری استفاده نمودند؛ شهیکی تاش و شیوایی (۱۳۹۱) با استفاده از رویکرد مرز تصادفی در ۱۴۰ صنعت، نشان دادند که پیشرفت فنی بیشترین سهم را در رشد بهره‌وری داشته و پس از آن کارایی فنی قرار دارد. این نتایج همسو با مطالعات بین‌المللی هستند که تأکید دارند برتری

تکنولوژیک (یا پیشرفت فنی) پیش‌برنده‌ی اصلی رشد بهره‌وری است. علاوه براین، بیشترین رشد پیشرفت فنی مربوط به صنایع تولید مواد پلاستیکی به شکل اولیه و ساخت لاستیک مصنوعی، صنایع تولید وسایل نقلیه موتوری و صنایع تولید محصولات اولیه آهن و فولاد است. پمپئی (Pompei 2013) تأثیر اصلاحات بر رشد بهره‌وری کل عوامل تولید برق ۱۹ کشور اتحادیه اروپا طی دوره ۲۰۰۷-۱۹۹۴ بررسی و شاخص نرخ رشد بهره‌وری را به مؤلفه‌های کارایی مقیاس و فنی تفکیک نمود. وی در مطالعه خود دریافت که یکپارچه‌سازی عمودی تأثیر منفی و قابل‌توجهی بر کارایی دارد، مقررات ورود به طور قابل‌توجهی تغییرات فنی را کاهش می‌دهد و مالکیت عمومی در دستیابی به مقیاس بهینه تولید کمک می‌کند. در سطح ملی، عطرکار روشن و همکاران (۱۳۹۴) با استفاده از حسابداری رشد در بخش صنعت استان کردستان، بهره‌وری عوامل را به تفکیک برای کدهای ISIC دورقمی محاسبه نمودند. آنها در مطالعه خود دریافتند که رشد سالانه بهره‌وری کل با مقدار ۳ درصد از میانگین کشوری ۲/۰۶ درصد بالاتر بوده است، در این مطالعه هرچند به تفکیک اجزای بهره‌وری پرداخته‌اند؛ اما دقت آن به‌میزان مدل‌های مرزی تفکیک‌پذیر نبوده است. روی و داس (Roy & Dus 2018)، با استفاده از مدل مرزی و رویکرد حسابداری رشد، تغییرات بهره‌وری در صنایع ایالت بنگال غربی را در دو بازه پیش (۱۹۸۲-۱۹۸۱) و پس (۲۰۱۱-۲۰۱۰) از اصلاحات اقتصادی تحلیل کردند. آن‌ها در مطالعه خود دریافتند که در دوره پس از اصلاحات، کاهش رشد بهره‌وری عمدتاً به کاهش پیشرفت فنی مربوط بوده، اگرچه کارایی مقیاس نیز نقش کاهنده‌ای داشته است. راعی و همکاران (۱۳۹۹)، در پژوهشی با استفاده از مدل مرز تصادفی فضایی در تحلیل رشد بهره‌وری محصول گندم در استان فارس دریافتند که در نرخ رشد بهره‌وری عوامل کارایی مقیاس نقش پررنگ‌تری نسبت به تغییر تکنولوژی داشته است؛ به‌عبارت دیگر میانگین رشد بهره‌وری کل عوامل با مقدار ۰/۰۲۹ از سهم ۰/۰۳۱ کارایی مقیاس و سهم ناچیز ۰/۰۰۲- تغییرات تکنولوژی نشأت گرفته است.

بررسی ادبیات نشان می‌دهد که اگرچه پژوهش‌های متعددی بهره‌وری صنایع را تحلیل نموده‌اند، اما بررسی نرخ رشد بهره‌وری و مؤلفه‌های پیشرفت فنی، کارایی فنی، و کارایی مقیاس در صنعت خودرو با استفاده از تابع تولید مرزی تفکیک‌پذیر کمتر مورد توجه قرار گرفته است. همچنین، بررسی اثر سیاست‌های تنظیم‌گری اقتصادی (نظیر دخالت شورای

رقابت در قیمت‌گذاری خودرو) بر روند بهره‌وری صنعت خودرو در ادبیات پیشین مغفول مانده است.

۴. روش‌شناسی پژوهش

با توجه به اینکه پژوهش حاضر درصدد ارزیابی نرخ رشد بهره‌وری کل عوامل تولید به تفکیک مولفه‌های پیشرفت فنی، تغییرات کارایی فنی و کارایی مقیاس درصنعت خودرو ایران است؛ بنابراین جامعه آماری مشتمل بر زیربخش‌های تولیدی وسایل نقلیه موتوری (۲۹۱۰)، تولید بدنه (اتاق) وسایل نقلیه موتوری و ساخت تریلر و نیم‌تریلر (۲۹۲۰) و تولید قطعات و لوازم الحاقی وسایل نقلیه موتوری (۲۹۳۰) است؛ آمار و اطلاعات این صنعت طی سال‌های ۱۳۹۹-۱۳۸۱ از نتایج آمارگیری کارگاه‌های صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیشتر مرکز آمار ایران استخراج شده تا بتوان نسبت به برآورد ضرایب در تابع تولید با فرم تبعی ترانسلوگ (Transdental Logaritmatic Production Function) و کمّی نمودن مولفه‌های کارایی اقدام نمود.

۱.۴ معرفی مدل تجربی

این پژوهش در صدد است ضمن استفاده از تابع تولید مرز تصادفی رابطه (۲) به تجزیه نرخ رشد بهره‌وری و مولفه‌های کارایی موثر برآن بپردازد. بدین‌منظور با الهام از مبانی نظری تابع تولید ترانسلوگ شامل ارزش تولیدات صنعتی به‌عنوان ستاده و سه نهاده تولیدی (نیروی‌کار، موجودی سرمایه، باز بودن تجاری) طی سال‌های ۱۳۹۹-۱۳۸۱ استفاده شد تا بتوان نسبت به برآورد ضرایب مدل و کمی نمودن نرخ رشد بهره‌وری و مولفه کارایی اقدام گردد؛ فرم تبعی این تابع تولید به‌صورت رابطه (۱۱) خواهد بود:

$$\begin{aligned} lQ_{it} &= \beta_0 + \beta_1 lk_{it} + \beta_2 ll_{it} + \beta_3 lop_{it} + \beta_4 T + \tfrac{1}{2}[\beta_5 (lk_{it})^2 + \\ &\beta_6 (ll_{it})^2 + \beta_7 (lop_{it})^2 + \beta_8 T^2] + \beta_9 lk_{it} ll_{it} + \beta_{10} lk_{it} lop_{it} + \beta_{11} lk_{it} T + \\ &\beta_{12} ll_{it} lop_{it} + \beta_{13} ll_{it} T + +\beta_{14} lop_{it} T + (v_{it} - u_{it}) \\ U_{it} &= \{U_i \exp(-\eta(t-T))\}\ ,\ \ U_{it} \sim iid\left(N^+(\mu, \sigma_u^2)\right), U_{it} \geq 0 \end{aligned} \qquad (۱۱)$$

در رابطه (۱۱)، lQ_{it} بیانگر لگاریتم ارزش‌تولیدات، lk_{it} لگاریتم موجودی‌سرمایه، ll_{it} لگاریتم تعداد نیروی‌کار، lop_{it} باز بودن تجاری، T عامل فناوری در طول زمان و $(v_{it} - u_{it})$ جزء استوکاستیک تابع تولید است. در ادامه میزان پیشرفت فناورانه (TP_{it}) و بازدهی نسبت

به مقیاس ($Scal_{it}$) بـه عنـوان مولفـه‌هـای مـوثر بـر بهـره‌وری بـا اسـتفاده از روابـط زیـر استخراج می‌شوند.

$$\dot{TP}_{it} = \frac{\partial lQ_{it}}{\partial T} = \beta_4 + \beta_8 T + \beta_{11} lk_{it} + \beta_{13} ll_{it} + +\beta_{14} lop_{it} \quad (۱۲)$$

$$e_{it}^{k} = \beta_1 + \beta_5 lk_{it} + \beta_9 ll_{it} + \beta_{10} lop_{it} + \beta_{11} T \quad (۱۳)$$

$$e_{it}^{l} = \beta_2 + \beta_6 ll_{it} + \beta_9 lk_{it} + \beta_{12} lop_{it} + \beta_{13} T \quad (۱۴)$$

$$e_{it}^{lop} = \beta_3 + \beta_7 lop_{it} + \beta_{10} lk_{it} + \beta_{12} ll_{it} + \beta_{14} T \quad (۱۵)$$

$$RTS = e_{it}^{l} + e_{it}^{k} + e_{it}^{lop} \quad (۱۶)$$

پس از استخراج روابط بالا، برای برآورد مدل و تجزیه و تحلیـل داده‌هـا بـا اسـتفاده از رویکرد مرز تصادفی و روش حداکثر راستنمایی لازم است که فرضیه‌های مربوط به انتخاب بهترین مدل با استفاده از آماره لگاریتم راستنمایی (LR) آزمون شود؛ این آمـاره مقـدار تـابع حداکثر راستنمایی در حالت مقید را در مقابل مدل غیرمقید نشان می‌دهد. در محاسـبه ایـن آماره، فرضیه صفر بیانگر مقدار لگاریتم راستنمایی تابع مقید و فرضیه مقابل مقدار لگـاریتم راستنمایی تابع غیرمقید است که به شکل زیر بیان می‌شود.

$$LR = -2[L(H_0) - L(H_1)] \quad (۱۷)$$

که در آن $L(H_1), L(H_0)$ به‌ترتیب مقادیر لگاریتم راستنمایی تحت فرض صفر و فـرض مقابل هستند. آماره فوق دارای توزیع χ^2_{df} با درجه آزادی برابر با تعداد قیود در مدل تحـت فرضیه صفر می‌باشد. از ایـن‌رو بـرای انتخـاب بهتـرین مـدل بـرآوری لازم اسـت آزمـون فرضیه‌های زیر با توجه به رابطه (۱۱) انجام شود. اولین فرضیه‌ای کـه مـورد آزمـون قـرار می‌گیرد مربـوط بـه انتخـاب شـکل تـابع مـرزی اسـت در ایـن حالـت رد فرضـیه صـفر $\beta_5 = \beta_6 = \cdots = \beta_{13} = \beta_{14} = 0$ بیانگر مناسب بودن فرم ترانسلوگ تابع مـرزی نسـبت بـه مدل کاب‌داگلاسی اسـت. فرضـیه دوم بـه بررسـی تـاثیر تغییـرات تکنولـوژیکی در مـدل می‌پردازد و فرضیه صفر $\beta_4 = \beta_8 = \beta_{11} = \beta_{13} = \beta_{14} = 0$ عدم تأثیر تغییرات تکنولـوژیکی را مورد آزمون قرار می‌دهد. همچنین فرضیه سوم $\beta_{11} = \beta_{13} = \beta_{14} = 0$ بیانگر خنثی بودن یا نبودن نوع تغییرات تکنولوژی بوده و فرضیه چهارم $\eta = 0$ مؤید آن اسـت کـه توزیـع uبه‌صورت نیمه نرمال است و کارایی در طی زمان تغییر نمی‌کند.

در ادامه لازم است تا با ارائه تعریف عملیاتی متغیرهای پژوهش، نسبت به برآورد مدل و انجام محاسبه‌های کمّی اقدام نمود.

۲.۴ تعریف عملیاتی متغیرها

ارزش تولیدات صنعتی: از حاصل جمع ارزش محصولات و ضایعات قابل فروش بدست می‌آید (نتایج آمارگیری کارگاه‌های ۱۰ نفر کارکن و بیشتر، ۱۳۹۹).

باز بودن تجاری: از نسبت حاصل جمع صادرات و واردات بر ارزش تولیدات صنعتی زیر بخش خودروسازی بدست آمده است (نتایج آمارگیری کارگاه‌های ۱۰ نفر کارکن و بیشتر، ۱۳۹۹).

نیروی‌کار: از جمع کل شاغلین فعال در زیر بخش‌های صنعتی تولید خودرو استفاده شده است (نتایج آمارگیری کارگاه‌های ۱۰ نفر کارکن و بیشتر، ۱۳۹۹).

موجودی سرمایه: از آنجایی‌که داده موجودی سرمایه در بخش صنعت در دسترس نمی‌باشد؛ بنابراین جهت برآورد موجودی سرمایه فیزیکی از روش موجودی دائمی (Perpetual Inventory Method) که روشی متداول برای سنجش موجودی سرمایه فیزیکی است، استفاده می‌شود. در این روش موجودی سرمایه حاصل انباشت جریان سرمایه‌گذاری‌های گذشته به‌صورت زیر خواهد بود.

$$K_t = I_t + (1-\delta)K_0 \qquad (۱۸)$$

به‌طوری‌که K_t بیانگر موجودی سرمایه فیزیکی در زمان t، δ نرخ استهلاک موجودی سرمایه، K_0 موجودی سرمایه فیزیکی اول دوره و I_t سرمایه‌گذاری در دوره t می‌باشند. ضمناً برای محاسبه موجودی اولیه سرمایه فیزیکی از روش پارک (1995 Park) به صورت زیر استفاده می‌شود.

$$K_0 = \frac{I_0(1+g)}{\delta+g} \qquad (۱۹)$$

به‌طوری‌که g میانگین نرخ رشد سرمایه‌گذاری و δ استهلاک سرمایه است (اودر Oduor، 2010). (در این پژوهش میزان استهلاک سرمایه فیزیکی در بخش صنعت δ = ۰/۰۴۵ درنظر گرفته شده است)

عامل فناوری: از آنجایی‌که نوآوری در طی زمان متغیر و با گذر زمان افـزایش مـی‌یابـد بنابراین از روند زمانی به‌عنوان متغیر جانشین استفاده شده است.

شاخص قیمت تولیدکننده: این متغیر شامل اطلاعات قیمت تولید کننده بخـش صـنعت در سال‌های مختلف که به‌صورت درصد تغییرات شاخص قیمت تولیدات صنعتی سال‌های مختلف است که برای هریک از زیر بخش‌های صنعتی محاسبه و به قیمت ثابت سال ۱۳۹۵ منتشر شده است؛ از این‌رو در این پژوهش جهت واقعی‌کردن، کلیه متغیرهـای تحقیـق بـه شاخص قیمت تولیدات صنعتی به قیمت ثابت سال پایه ۱۳۹۵ تقسیم شده است.

۳.۴ تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

قبل از برآورد الگوی تجربی برای اطمینان از کاذب نبودن رگرسیون، بایـد مانـایی متغیرهـا بررسی شود. بدین منظور از آزمون ایستایی نسل اول ایـم، پسـران و شـین (Im, Pesaran & Shin) استفاده شد؛ آنگاه آزمون‌های وابستگی مقطعی با فرضیه صفر مبنـی عـدم وابسـتگی مقاطع مورد بررسی قرار گرفت؛ زیرا در شرایط وجود وابستگی مقاطع، آزمون‌های ایستایی نسل اول اعتبار و صحت لازم را ندارد از این‌رو بـرای اطمینـان از عـدم وجـود رگرسـیون ساختگی بایستی آزمون ایستایی نسل دوم دیکـی‌فـولر تعمـیم‌یافتـه پسـران (CADF Cross-sectionally Augmented Dicky-Fuller test of Pesaran) با فرضیه صفر مبنی بـر عـدم ایسـتایی متغیرها انجام شود؛ که نتایج این آزمون‌ها در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول ۱. آزمون وابستگی مقطعی و ایستایی پسران

متغیر	آزمون ایستایی ایم، پسران و شین (IPS)		آزمون دیکی فولر تعمیم‌یافته (CIPS) پسران		آماره وابستگی مقطعی (CD) پسران	درجه انباشتگی
	در سطح	تفاضل مرتبه اول	در سطح	تفاضل مرتبه اول		
LQ	۰/۴۱	−۹/۷۷**	−۲/۳۲	−۳/۹۲**	۲/۶۲**	I(1)
LL	۰/۹۹	−۳/۹۴**	−۱/۰۷	−۲/۸۴**	۱/۴۴	I(1)
Lk	−۱/۵۹	−۳/۲۷**	−۱/۷۸	−۴/۴۱**	۴/۸۸**	I(1)
Lop	−۰/۲۵	−۴/۱۱**	−۰/۸۲	−۳/۶۰**	۰/۸۴	I(1)
T	−	−	۱/۰۱	−۲/۶۱**	۷/۵۵**	I(1)

علامت ** بیانگر معناداری ضرایب در سطح احتمال ۵٪ است

مأخذ: محاسبات پژوهش

براساس نتایج جدول (۱) وابستگی بین مقاطع برای برخی از متغیرها در سطح احتمال ۵٪ پذیرفته شد. همچنین آزمون ایستایی نسل اول و دوم پسران دلالت بر عدم ایستایی متغیرها در سطح دارد اما با یکبار تفاضل‌گیری ایستا می‌شوند؛ به‌عبارت دیگر متغیرها انباشته از مرتبه یک هستند. بنابراین برای جلوگیری از وجود رگرسیون ساختگی آزمون هم‌انباشتگی انجام شد که نتایج مربوط در جدول (۲) ارائه شده است. از آنجایی‌که نتایج آزمون هم‌انباشتگی وجود رابطه بلندمدت بین متغیرها را تأیید می‌کنند می‌توان نتیجه گرفت برآورد مدل مشکل رگرسیون ساختگی را نخواهد داشت.

جدول ۲. آزمون هم‌انباشتگی بین متغیرها

	نوع آماره آزمون	مقدار آماره	سطح احتمال
آماره های آزمون هم‌انباشتگی کائو	آماره t تعدیل شده دیکی فولر	-۵/۱۴۹	(۰/۰۰۰)
	آماره t دیکی فولر	-۴/۷۰۴	(۰/۰۰۰)
	آماره t دیکی فولر تعمیم‌یافته	-۳/۳۷۷	(۰/۰۰۰)
	آماره t دیکی فولر تعدیل شده اصلاح نشده	-۵/۷۱۸	(۰/۰۰۰)
	آماره t دیکی فولر اصلاح نشده	-۴/۷۷۹	(۰/۰۰۰)

مأخذ: محاسبات پژوهش

همانطوری‌که قبلا نیز بیان گردید برای برآورد مدل و تجزیه و تحلیل داده‌ها می‌توان با استفاده از رویکرد مرز تصادفی و روش حداکثر راستنمایی نسبت به تخمین ضرایب اقدام نمود؛ از این‌رو در ادامه جهت دستیابی به این مهم از نرم افزار Stata17.0 استفاده شده است. البته قبل از برآورد ضرایب باید فرضیه‌های مربوط به انتخاب بهترین مدل، با استفاده از آماره لگاریتم راستنمایی (LR) آزمون شود. این آماره مقدار تابع حداکثر راستنمایی در حالت مقید را در مقابل مقدار حداکثر راستنمایی در حالت غیرمقید نشان می‌دهد. لازم به‌ذکر است که درجه آزادی در هر آزمون با توجه به قیود اعمال شده بر مدل پایه‌ای تابع ترانسلوگ تعیین می‌شود. در ادامه آزمون فرضیه‌های مربوط به انتخاب بهترین مدل انجام و نتایج آن در جداول (۳) ارائه شده است.

جدول ۳. آزمون آماری فروض مدل تابع تولید مرزی و انتخاب نوع مدل مورد برازش

انوع آزمون فرضیه	فرضیه H_0	LR	χ^2_{df}	رد یا قبول فرضیه H_0
تابع تولید از نوع کاب‌داگلاس است	$\beta_5 = \beta_6 = \beta_7 = \cdots = \beta_{13} = \beta_{14} = 0$	۴۷/۳۵	۲۴/۹۹	رد فرضیه صفر
تاثیر تغییرات تکنولوژیکی در مدل	$\beta_4 = \beta_8 = \beta_{11} = \beta_{13} = \beta_{14} = 0$	۶۵/۷۷	۱۱/۰۸	رد فرضیه صفر
پیشرفت فنی از نوع هیکس	$\beta_{11} = \beta_{13} = \beta_{14} = 0$	۵۲/۰۶	۷/۸۱	رد فرضیه صفر
عدم تغییر پذیری کارایی در طول زمان	$\eta = 0$	۲۴/۰۴	۳/۸۴	رد فرضیه صفر

مأخذ: محاسبات پژوهش

با توجه به نتایج آزمون فرضیه‌های فوق ملاحظه می‌شود که تابع تولید ترانسلوگ مناسبتر از تابع کاب‌داگلاسی بوده و تغییرات تکنولوژیکی نیز در مدل موثر است. همچنین ناکارایی فنی دارای توزیع نرمال بوده و کارایی طی زمان تغییر می‌کند. بنابراین در ادامه بایستی تابع مرز تصادفی را برآورد و تحلیل نمود. از آنجایی‌که نتایج جدول (۳) ضرایب تابع تولید ترانسلوگ همراه با تغییرات تکنولوژیکی را به‌عنوان مناسب‌ترین مدل معرفی نمود باید به روش بیشینه راستنمایی (MLE Maximum Likelihood Estimation) برآورد شود. که نتایج آن در جدول (۴) ارائه شده است. (مدل مرز تصادفی با فرض بر اینکه جزء ناکارایی دارای توزیع نرمال قطع شده در صفر است، جهت برآورد ضرایب استفاده شده است.)

جدول ۴. برآورد تابع مرز تصادفی ترانسلوگ به روش MLE

متغیرها	ضرایب
جمله ثابت	۲/۰۲۶
لگاریتم موجودی سرمایه LK	۱/۰۰۴*
لگاریتم نیروی‌کار شاغل LL	۰/۲۱۶*
لگاریتم درجه بازبودن اقتصاد Lop	۰/۳۲۶
ضریب فناوری T	۰/۰۰۰۱

متغیرها	ضرایب
توان دوم لگاریتم موجودی سرمایه ۲(LK)	۰/۳۲۳-**
توان دوم لگاریتم تعداد شاغلین ۲(LL)	۰/۰۲۳-
توان دوم لگاریتم درجه باز بودن اقتصاد ۲(Lop)	۰/۰۵۴**
توان دوم فناوری T۲	۰/۰۰۱-
لگاریتم نیروی‌کار در سرمایه (LK)(LL)	۰/۲۶۹**
لگاریتم نیروی‌کار در باز بودن اقتصاد (Lop)(LL)	۰/۰۱۱-
لگاریتم نیروی‌کار در فناوری T(LL)	۰/۰۰۶*
لگاریتم سرمایه در بازبودن اقتصاد (Lop)(LK)	۰/۱۰۱
لگاریتم سرمایه در فناوری T(LK)	۰/۰۱۱-
لگاریتم باز بودن اقتصاد در فناوری T(Lop)	۰/۰۰۳
آماره‌های تشخیصی مناسب بودن مدل به روش بیشینه راستنمایی	
σ^2	۸/۲۴۱ (۰/۲۵۶)
σ_u^2	۸/۲۳۷ (۰/۲۵۶)
σ_v^2	۰/۰۰۳ (۰/۰۰۱)
γ	۰/۹۹۹ (۰/۰۰۰)
Wald χ^2	۴۳۰۰/۷۸**
Log Likelihood	۷۵/۱۷۵

علامت ** و * به ترتیب معناداری ضرایب در سطح احتمال ۵٪ و ۱۰٪ است.
اعداد داخل پرانتز انحراف معیار را نشان می‌دهد.
مأخذ: محاسبات پژوهش

در جدول فوق تخمین مدل به روش حداکثر راستنمایی انجام شده است و با توجه به‌اینکه نسبت راستنمایی از نسبت حداکثر راستنمایی در دو حالت مقید و غیر مقید بدست آمده نتیجه گرفته می شود که مدل فوق قادر به توضیح تغییرات نرخ بهره‌وری در بخش صنعت ایران طی سال‌های ۱۳۸۱-۱۳۹۹می‌باشد. با توجه به اهمیت دو پارامتر $\sigma^2 = \sigma_v^2 + \sigma_u^2$ و $\gamma = \frac{\sigma_u^2}{\sigma_v^2+\sigma_u^2}$ در قسمت انتهای جدول، مقدار این دو آماره درج شده است. نتایج واریانس عدم کارایی در تشریح واریانس کل ستاده که با نسبت γ نشان داده می‌شود با مقدار نزدیک به یک و احتمال خطای بسیار کوچک نزدیک به صفر دلالت برآن دارد که

تغییرات پسماندها تا اندازه زیادی ناشی از عدم کارایی U است و سهم خطای تصادفی، یعنی V بسیار کوچک می‌باشد؛ به‌عبارت دیگر واریانس ناکارایی با مقدار $\sigma_u^2 \neq 0$ و سطح معناداری آن فرضیه صفر مبنی بر وجود مؤلفه ناکارایی در مدل را تأیید می‌کند؛ از این‌رو مدل نهایی، یک مدل نرمال منقطع در صفر خواهد بود و جهت برآورد آن الگوی مرز تصادفی بر روش حداقل مربعات معمولی ارجحیت دارد. در ادامه مباحث فوق لازم است به محاسبه بهره‌وری و مؤلفه‌های مؤثر بر آن در زیر بخش‌های صنعت خودروسازی پرداخته شود که نتایج مربوط به این محاسبات در جدول (۵) آورده شده است.

جدول ۵. محاسبه متوسط نرخ رشد بهره‌وری و مؤلفه‌های مؤثر بر آن در زیر بخش‌های صنعت خودروسازی

کد ISIC	صنعت	نرخ رشد پیشرفت فنی $\dot{TP}_{it}$	تغییرات کارایی فنی ΔTE_{it}	کارایی مقیاس $Scal_{it}$	نرخ رشد بهره‌وری $T\dot{F}P_{it}$
۲۹۱۰	تولید وسایل نقلیه موتوری	۰/۰۱۸	۰/۰۰۱	−۰/۰۵۱	−۰/۰۳۲
۲۹۲۰	تولید بدنه (اتاق) وسایل نقلیه موتوری و ساخت تریلر و نیم تریلر	۰/۰۱۲	۰/۰۰۲	−۰/۰۳۹	−۰/۰۲۶
۲۹۳۰	تولید قطعات و لوازم الحاقی وسایل نقلیه موتوری	۰/۰۲۱	۰/۰۱۶	−۰/۰۳۴	۰/۰۰۳
میانگین	صنعت خودروسازی	۰/۰۱۷	۰/۰۰۶	−۰/۰۴۲	−۰/۰۲۰

مأخذ: محاسبات پژوهش

نتایج جدول (۵)، گویای این واقعیت است که در کل دوره مطالعه متوسط نرخ رشد بهره‌وری عوامل تولید در صنعت خودرو ایران مقدار منفی دو درصدی را تجربه می‌کند که این نرخ رشد بهره‌وری از کانال افزایش پیشرفت فنی با سهم ۱/۷ درصد، تغییرات کارایی فنی با سهم ۰/۶ درصد و کاهش ۴/۲ درصدی کارایی مقیاس نشأت گرفته است؛ یعنی در بین عوامل مؤثر بر نرخ رشد بهره‌وری عوامل تولید عدم برخورداری از کارایی مقیاس بیشترین سهم را داشته است. شایان ذکر است که نرخ رشد بهره‌روی منفی دو درصدی این صنعت گرچه با متوسط پیشرفت فنی و تغییر کارایی فنی مثبتی همراه بوده است، اما این دو مؤلفه انحراف از عملکرد بهینه خیلی بالایی دارند و برای رسیدن به سطح مطلوب لازم است که پیشرفت فنی به میزان ۹۳/۸ و تغییر کارایی فنی به میزان ۹۹/۴ درصد افزایش یابند.

علاوه براین، محاسبه مجموع کشش نهاده‌های تولیدی که بیانگر بازدهی نسبت بـه مقیـاس است با مقدار متوسط ۳/۳ دلالت بر بازدهی فزاینده به مقیاس دارد؛ یعنـی در ایـن صـنعت اصلاً از صرفه‌های مقیاس بهره‌برداری نشده و انحراف از سطح بهینه بالایی دارند. نکته قابل تأمل دیگر آنکه از ابتدای دهه ۹۰ مقوله تنظیم بازار خودروهای ایرانی توسط شورای رقابت مورد توجه قرار گرفت. شورای رقابت به‌موجب مواد ۵۸ و ۵۹ قانون اجرای سیاست‌هـای کلی اصل ۴۴ با استفاده از رویکرد سقف قیمت نسبت به تنظیم قیمت صنایع خودروسازی ایران اقدام کرد. با توجه به اینکه در روش سـقف قیمـت هـدف بهبـود بهـره‌وری اسـت؛ بنابراین شورای رقابت یک نرخ بهروری هدف با علامت منفی را در فرمول سـقف قیمـت در نظر گرفت تا خودروسازان برای جبران این عامل منفی در مدل قیمت، در جهت بهبـود بهره‌وری تلاش کنند؛ علاوه براین در رویکرد سقف قیمت، شورای رقابت عامل کیفیـت را نیز در نظر گرفت به‌ترتیبی که هر چه کیفیت خودرو نسبت به حداقل استاندارد پائین‌تر بود، عامل کیفیت با مقدار منفی بیشتری در مدل قرار می‌گرفت و با نزدیکی کیفیت خـودرو بـه استاندارد از مقدار منفی آن کاسته می‌شد. البته ورود عامل کیفیـت در مـدل سـقف قیمـت، ممکن است اثرات متفاوتی را در بر داشته باشد که در مقوله بحث نمی‌گنجد. با عنایـت بـر اینکه صنعت خودروی ایران بعد از سال ۹۰ تحت تنظیم قیمتی قرار گرفت و از آنجایی‌کـه نحوه تنظیم قیمت برای تمام خودروها به‌طور یکسان اعمال نشد؛ بنابراین برای ارزیابی تأثیر تنظیم قیمتی صنعت خودرو معرفی یک متغیر که بیانگر تنظیم بازار باشـد میسـر نبـود لـذا تصمیم بر این شد که مدل اصلی برای دو دوره متفاوت قبل و بعـد از تعیـین دسـتورالعمل قیمت توسط شورای رقابت، تخمین زده شود که نتایج آن در جدول (۶) ارائه شده است.

نتایج جدول (۶) براساس آماره والد و معناداری آن مناسب بودن مدل مرز تصـادفی بـا روش بیشینهٔ راستنمایی در دوره قبل و بعد تنظیم بازار را نشان می‌دهد. علاوه براین، نتـایج نسبت واریانس عدم کارایی σ_u^2 در تشریح واریانس کل ستاده با علامت γ و مقدار نزدیـک به یک بیانگر آن است که تغییرات پسماندها تا اندازه زیادی به عدم‌کارایی مرتبط است.

جدول ۶. برآورد تابع مرز تصادفی ترانسلوگ به روش MLE

متغیرها	دوره قبل تنظیم بازار	دوره بعد تنظیم بازار
جمله ثابت	۰/۵۲۱	۵/۰۷۴
لگاریتم موجودی سرمایه LK	−۰/۱۷۲	−۱/۴۴۵

متغیرها	دوره قبل تنظیم بازار	دوره بعد تنظیم بازار
لگاریتم نیروی‌کار شاغل LL	۰/۶۰۹**	۰/۰۷۵*
لگاریتم درجه بازبودن اقتصاد Lop	−۱/۰۸۸**	۰/۱۸۳
ضریب فناوری T	−۰/۱۹۸**	−۰/۱۷۲
توان دوم لگاریتم موجودی سرمایه ۲(LK)	−۰/۴۲۱**	−۰/۲۰۰
توان دوم لگاریتم تعداد شاغلین ۲(LL)	−۰/۱۷۸**	−۰/۰۳۱**
توان دوم لگاریتم درجه باز بودن اقتصاد ۲(Lop)	−۰/۱۶۹**	−۰/۱۳۱**
توان دوم فناوری T۲	۰/۰۱۲**	۰/۰۰۸
لگاریتم نیروی‌کار در سرمایه (LL)(LK)	۰/۴۶۹**	۰/۲۷۴**
لگاریتم نیروی‌کار در باز بودن اقتصاد (LL)(Lop)	−۰/۰۳۱	−۰/۱۲۹**
لگاریتم نیروی‌کار در فناوری T(LL)	−۰/۰۱۰	−۰/۰۲۷
لگاریتم سرمایه در بازبودن اقتصاد (LK)(Lop)	۰/۳۱۶	۰/۴۴۸**
لگاریتم سرمایه در فناوری T(LK)	۰/۰۹۷**	۰/۱۳۰**
لگاریتم باز بودن اقتصاد در فناوری T(Lop)	۰/۰۱۱	−۰/۰۱۲
آماره‌های تشخیصی مناسب بودن مدل به روش بیشینه راستنمایی		
σ^2	۰/۰۲۴ (۰/۰۰۶)	۴/۰۶۶ (۰/۱۲۶)
σ_u^2	۰/۰۲۲ (۰/۰۰۵)	۴/۰۶۵ (۰/۱۲۶)
σ_v^2	۰/۰۰۲ (۰/۰۰۰)	۰/۰۰۱ (۰/۰۰۰)
γ	۰/۹۳۲ (۰/۱۷۳)	۰/۹۹۹ (۰/۰۰۰)
Wald χ^2	۴۷۱/۶۳**	۲۰۹۰/۳۸**
Log Likelihood	۵۱/۳۱۱	۴۵/۴۰۵

علامت ** و * به ترتیب بیانگر معناداری ضرایب در سطح احتمال ۵٪ و ۱۰٪ است.
اعداد داخل پرانتز انحراف معیار را نشان می‌دهد.
مأخذ: محاسبات پژوهش

در قسمت دوم جدول (۶) با توجه به اینکه مقدار عدم کارایی و متغیر γ در دوره بعد از تنظیم بازار افزایش یافته است می‌توان با احتیاط اظهار داشت که افزایش عدم‌کارایی می‌تواند ناشی از عامل بهره‌وری هدف با مقدار منفی در مدل سقف قیمت بازار باشد؛ زیرا با ورود بهره‌وری هدف با مقدار منفی در مدل سقف قیمتی شورای رقابت این انتظار

می‌رود که اثر انگیزشی در جهت افزایش بهره‌وری نزد خودروسازان افزایش یابد تا تأثیر این عامل منفی را بر قیمت خنثی کند؛ بنابراین جهت اطمینان بیشتر از اینکه آیا عملاً تنظیم قیمت انگیزه و تکاپوی لازم در جهت افزایش بهره‌وری برای خودروسازان ایجاد کرده لازم است نسبت به محاسبه نرخ رشد بهره‌وری و مؤلفه‌های کارایی مؤثر بر آن در دوره قبل و بعد از تنظیم بازار اقدام نمود که نتایج آن در جدول (۷) آورده شده است.

جدول ۷. محاسبه متوسط نرخ رشد بهره‌وری و مؤلفه‌های مؤثر بر آن در زیر بخش‌های صنعت خودروسازی در دوره قبل و بعد از تنظیم بازار

کد ISIC	صنعت	نرخ رشد پیشرفت فنی $\dot{TP}_{it}$	تغییرات کارایی فنی ΔTE_{it}	کارایی مقیاس $Scal_{it}$	نرخ رشد بهره‌وری $T\dot{F}P_{it}$
دوره قبل از تنظیم بازار					
۲۹۱۰	تولید وسایل نقلیه موتوری	۰/۰۹۰	۰/۰۰۲	−۰/۰۰۴	۰/۰۸۹
۲۹۲۰	تولید بدنه (اتاق) وسایل نقلیه موتوری و ساخت تریلر و نیم	۰/۰۲۷	۰/۰۲۱	−۰/۰۳۰	۰/۰۱۸
۲۹۳۰	تولید قطعات و لوازم الحاقی وسایل نقلیه موتوری	۰/۰۶۶	۰/۰۱۹	۰/۰۰۵	۰/۰۹۰
میانگین	صنعت خودروسازی	۰/۰۶۱	۰/۰۱۴	−۰/۰۱۰	۰/۰۶۵
دوره بعد از تنظیم بازار					
۲۹۱۰	تولید وسایل نقلیه موتوری	۰/۰۱۵	۰/۰۰۱	−۰/۰۶۰	−۰/۰۴۳
۲۹۲۰	تولید بدنه (اتاق) وسایل نقلیه موتوری و ساخت تریلر و نیم	−۰/۰۰۶	۰/۰۰۱	−۰/۰۳۷	−۰/۰۴۲
۲۹۳۰	تولید قطعات و لوازم الحاقی وسایل نقلیه موتوری	۰/۰۱۰	۰/۰۰۷	−۰/۰۴۸	−۰/۰۳۱
میانگین	صنعت خودروسازی	۰/۰۰۶	۰/۰۰۳	−۰/۰۴۸	−۰/۰۳۹

مأخذ: محاسبات پژوهش

نتایج جدول (۷)، گویای این واقعیت است که در دوره قبل از تنظیم بازار، متوسط ۶/۵ درصدی نرخ رشد بهره‌وری این صنعت ماحصل افزایش پیشرفت فنی با سهم ۶/۱ درصد، تغییرات کارایی فنی با سهم ۱/۴درصد و کاهش یک درصدی کارایی مقیاس بوده است. از طرفی متوسط پیشرفت فنی و تغییرات کارایی فنی انحراف از عملکرد بهینه بالایی دارند و

لازم است به میزان ۹۳/۹ و ۹۷/۶ درصد افزایش یابند تا بـه سـطح مطلـوب برسـند؛ یعنـی مدیران در این صنعت به‌دلیل ضعف مدیریتی علاوه براینکه نتوانسته‌اند تغییرات چشمگیری در کارایی فنی ایجاد کنند در استفاده از فناوری‌های موجود نیز بسیار ضعیف عمل نموده‌اند. همچنین مجموع کشش نهاده‌های تولیدی یا بازدهی نسبت به مقیاس با مقدار متوسط ۳/۶۷ دلالت بر بازدهی فزاینده به مقیاس در صنعت خودروسازی ایران دارد. از آنجایی‌که در این صنعت از صرفه‌های مقیاس بهره‌برداری نشده متوسط کارایی مقیـاس نیـز بـه مقـدار قابـل توجهی کاهش یافته است.

نتایج حاصل از بررسی رشد بهره‌وری عوامل تولیـد در دوره پـس از اجـرای سیاسـت تنظیم بازار حاکی از آن است که متوسط نرخ رشد بهره‌وری عوامل تولیـد بـه سـطح ۳/۹- درصد رسیده است. این کاهش هم‌زمان با افت قابل توجه در مؤلفه کارایی مقیاس (با سهم ۴/۸- درصد)، تغییرات کارایی فنی (۰/۳ درصد)، و نرخ نسـبتاً پـایین پیشـرفت فنـی (۰/۶ درصد) مشاهده شده است.

در حقیقت، با ورود شورای رقابت در قیمت‌گذاری خودرو کماکان نرخ رشد بهره‌وری صنعت خودروسازی منفی بوده است و انتظاری جـز ایـن نیسـت چـرا کـه دخالـت‌هـای دستوری نمی‌توانند الزاماً منجر به بهبود بهـره‌وری شـوند و اساسـاً بـا وجـود مولفـه‌هـای انگیزشی در فرمول سقف قیمت انتظار این است که تاثیر این مولفـه‌هـا در بـازه بلندمـدت محقق شود.

در واقع، نتایج بیانگر آن است که تحولات بهره‌وری در صنعت خـودرو در سـال‌هـای اخیر با دوره مداخلات سیاستی هم‌زمان بوده است. با این حال، باید تأکید کرد کـه تحلیـل حاضر صرفاً یک مقایسه توصیفی قبل و بعـد از تنظـیم‌گـری را در برمـی‌گیـرد و بـه‌دلیـل محدودیت‌های شناسایی، امکان نسـبت‌دادن قطعـی تغییـرات بهـره‌وری بـه سیاسـت‌هـای تنظیم‌گرانه وجود ندارد. به بیان دیگر، کاهش رشد بهره‌وری نمی‌توانـد صـرفاً محـدود بـه سیاست تنظیم سقف قیمتی شورای رقابت باشد؛ زیرا عوامـل متعـدد دیگـری نظیـر سـوء مدیریت، عدم‌مزیت رقابتی صنعت خودرو ایران در مقابل رقبای خـارجی، نوسـانات نـرخ ارز، موانع وارداتی قطعات خودرو، مواد و نهاده‌های اولیه و واسطه‌ای، افزایش هزینـه ورود قطعات در اثر تحریم‌ها، پیامدهای ناشی از رکود و بحران کرونا نیز بـه طـور هـم‌زمـان بـر عملکرد صنایع اثرگـذار بـوده‌انـد کـه نمـی‌تـوان نقـش آن‌هـا را بـه طـور کامـل از نتـایج تفکیک نمود.

ازطرفی، بررسی‌های دقیق‌تر مولفه‌های کارایی و بهره‌وری در زیربخش‌های صنعت خودرو نشان می‌دهد که در دوره قبل از تنظیم بازار، زیر بخش‌های «تولید وسایل نقلیه موتوری» و «تولید قطعات و لوازم الحاقی وسایل نقلیه موتوری» به‌دلیل نرخ بالاتر پیشرفت فنی و کارایی مقیاس، سطح رشد بهره‌وری بالاتری نسبت به میانگین صنعت خودروسازی داشته‌اند. درحالی‌که، زیر بخش «تولید بدنه وسایل نقلیه موتوری و ساخت تریلر و نیم‌تریلر» با وجود افزایش نسبی در کارایی فنی، به‌دلیل ضعف در دو مؤلفه کارایی مقیاس و پیشرفت فنی، رشد بهره‌وری پایین‌تری را در مقایسه با متوسط بهره‌وری عوامل تولید در صنعت خودروسازی تجربه می‌کند.

در دوره بعد از تنظیم بازار نیز مؤلفه کارایی مقیاس نسبت به سایر مؤلفه‌ها بیشترین سهم را در کاهش بهره‌وری داشته است؛ در حالی‌که تأثیر پیشرفت فنی و تغییرات کارایی فنی نسبتاً محدود بوده است. این نتایج نشان می‌دهند که اگرچه هدف سیاست تنظیم بازار، ایجاد فضای رقابتی و تکاپوی خودروسازان برای ارتقای بهره‌وری بوده، اما به‌نظر می‌رسد که تحقق این هدف با چالش‌های جدی مواجه شده است. از جمله این چالش‌ها می‌توان به محدودیت‌های خارجی یا ساختاری، نبود مزیت رقابتی پایدار به‌دلیل ضعف در زیرساختارهای صنعت خودرو، کمبود سرمایه‌گذاری در نوآوری و فناوری در مقایسه با رقبای جهانی، نحوه فروش، نوع مالکیت، راهبردهای حمایت دولتی و نیز وجود رانت اقتصادی برای گروه‌های خاص ناشی از تفاوت قیمت بازار و کارخانه اشاره کرد. در مجموع، رشد منفی بهره‌وری در دوره پس از تنظیم بازار علاوه برسیاست قیمت‌گذاری شورای رقابت با مجموعه‌ای از عوامل ساختاری، نهادی، اقتصادی، اثرات متقابل سیاست‌ها و شرایط محیطی همراه بوده و نمی‌توان نقش هیچ‌کدام را به‌تنهایی تعیین کرد.

۵. نتیجه‌گیری

هدف محوری این پژوهش ارزیابی رشد بهره‌وری کل عوامل تولید و مولفه‌های کارایی موثر بر آن در بازار خودرو ایران بوده است؛ بنابراین با کمک رویکرد کامبوکار و لاول (۲۰۰۳) که رشد بهره‌وری عوامل تولید را متأثر از نرخ رشد پیشرفت فنی و مولفه‌های کارایی می‌دانند طی سال‌های ۱۳۸۱–۱۳۹۹ به این مهم پرداخته شد. یافته‌های پژوهش بیانگر آن است که در میان عوامل مؤثر بر رشد بهره‌وری تنها پیشرفت فنی و کارایی مقیاس بیشترین سهم بر تغییرات این نرخ داشته و به‌علت اندک تأثیر جزء ناکارایی می‌توان بیان

کرد که تغییرات کارایی فنی نقش قابل ملاحظه‌ای بر رشد بهره‌وری عوامل تولید نداشته است که دلیل آن‌را می‌توان به ناکارایی مدیریتی به‌علت برخورداری این صنایع از مدیریت یا مالکیت دولتی یا شبه دولتی، تأمین خوراک ارزان قیمت و نیازهای ارزی با نرخ مبادلاتی برای صاحبان این صنایع، تسلط تعداد اندک بازیگران بر بازار، وجود نیروی‌کار مازاد غیرماهر و کمبود آموزش‌های فنی در جهت بهبود سطح آموزش کارگران نسبت داد. نتایج این بخش پژوهش با یافته‌های پمپئی(۲۰۱۳) که دلالت بر سهم بالاتر کارایی فنی نسبت به کارایی مقیاس در رشد بهره‌وری دارد همسو است. نرخ پیشرفت فنی دیگر عامل مؤثر بر رشد بهره‌وری عوامل تولید است که در صنعت خودروسازی ایران به‌دلیل کمبود ورود سرمایه‌گذاری‌های خارجی، نبود زیرساخت‌های نوآورانه یا تکنولوژهای تبلوریافته در نهاده‌های تولیدی به شکل سرمایه‌گذاری در تجهیزات با فناوری برتر و افزایش تخصص، مهارت و دانش نهادینه شده در نیروی‌کار و باز بودن تجاری باعث تحقق رشد بهره‌وری عوامل تولید نشده است. واقعیت‌های مشهود در این صنعت نیز نشان داده است که متوسط نرخ رشد پیشرفت فنی و به‌تبع آن رشد بهره‌وری عوامل تولید پایین بوده و این امر هم‌زمان با تعرفه بالای واردات خودرو و قطعات آن، کمبود یا فقدان سرمایه‌گذاری در مخارج تحقیق و توسعه، وابستگی شدید این صنعت به واردات مواد اولیه و کالاهای واسطه سرمایه‌ای و تشدید تحریم‌ها مشاهده شده است.

عامل سوم مؤثر در رشد بهره‌وری کارایی مقیاس است؛ نتایج این بخش مطالعه گویای آن است که در صنعت خودروسازی ایران بازدهی فزاینده به مقیاس تولید حاکم است و انتظار می‌رود با افزایش مقیاس و ظرفیت تولیدی هزینه هر واحد تولید افزایش یابد که ماحصل این امر کارایی منفی مقیاس بوده است. این نتیجه‌گیری با شواهد موجود در صنعت خودروسازی کشور سازگار است؛ زیرا خودروسازان به‌دلیل عدم مزیت رقابتی، سوء مدیریت، موانع وارداتی برای ورود قطعات خودرو، مواد و نهاده‌های اولیه و واسطه‌ای، تحریم‌ها سطح تولید پائینی دارند و به شدت بابت مقیاس اندک هزینه‌های بالایی را متحمل می‌شوند؛ این نتیجه با مطالعه پل و شانکار(۲۰۲۲) که اصلاحات نهادی و مقررات‌گذاری را عامل افزایش کارایی فنی و کاهش کارایی مقیاس می‌داند همخوانی دارد. علاوه براین مقایسه نتایج برآورد تابع تولید مرز تصادفی در دو دوره قبل و بعد از تنظیم بازار مؤید آن است که ضمن آنکه مقدار عدم کارایی و متغیر γ در دوره بعد از تنظیم بازار افزایش یافته است متوسط نرخ رشد بهره‌وری عوامل تولید نیز از مقدار ۶/۵ درصد به مقدار ۳/۹- درصد

در دوره بعد از تنظیم بازار رسیده است. از این‌رو می‌توان با احتیاط اظهار داشت این افزایش عدم‌کارایی می‌تواند ناشی از ورود عامل بهره‌وری با علامت منفی در مدل سقف قیمت باشد که البته این سیاست در صنعت خودروی ایران نتوانسته انگیزش لازم در خودروسازان را در جهت افزایش بهره‌وری ایجاد و تا حدی اثر ناکارایی را خنثی کند. این نتایج می‌توانند تاییدی بر افزایش عدم‌کارایی در رویکرد سقف قیمت باشد؛ نتایج این بخش پژوهش با مطالعات روی و داس (۲۰۱۸) که علیرغم انجام برخی اصلاحات، رشد بهره‌وری همچنان پایین است، سازگار می‌باشد. در یک جمع‌بندی کلی می‌توان بیان نمود که سیاست شورای رقابت برای تنظیم قیمت خودروهای داخلی هر چند بهره‌وری عوامل تولید مؤثر بوده است؛ اما به‌علت تفاوت کیفیت خودرو در کلاس‌های مختلف، کمبود سرمایه‌گذاری در بخش تحقیق و توسعه، نوع مالکیت و مدیریت دولتی یا شبه دولتی، عدم‌برخورداری از کارایی و صرفه‌جویی مقیاس نتوانسته تکاپوی لازم در خودروسازان را در جهت افزایش نرخ رشد بهره‌وری عوامل ایجاد کند؛ بنابراین سطح بهره‌وری به مقدار قابل ملاحظه‌ای پایین‌تر از سطح بهینه است. از این‌رو با توجه به نتایج بدست آمده پژوهش حاضر و واقعیت‌های مشهود پیشنهادات زیر ارائه می‌شود:

با توجه به نتایج پژوهش که نشان می‌دهد بهبود بهره‌وری در صنعت خودرو ایران بیشتر از مسیر تغییرات تکنولوژیک حاصل شده است به دولت و نهاد پایش‌گر توصیه می‌شود که برنامه‌های آموزش و ارتقاء مهارت‌های مدیریتی را برای مدیران صنعتی، به‌ویژه در حوزه‌های بهره‌برداری بهینه از منابع، کنترل هزینه و برنامه‌ریزی تولید هدفمند طراحی و اجرا کنند.

از طرفی، نتایج پژوهش مؤید سهم ناچیز تغییرات کارایی فنی در رشد بهره‌وری است که احتمالاً به‌دلیل ناکارایی مدیریتی ناشی از مالکیت دولتی یا شبه‌دولتی بوده است؛ بنابراین، پیشنهاد می‌شود سیاست‌گذاران با بازنگری در نظام حاکمیت شرکتی، تقویت نقش هیأت‌مدیره‌های تخصص‌محور و کاهش وابستگی به بودجه عمومی زمینه افزایش بهره‌وری را فراهم آورند.

با توجه به سهم بالای عدم کارایی مقیاس، پیشنهاد می‌شود برنامه‌ریزان صنعتی گزینه‌هایی مانند تجمیع خطوط تولید یا ادغام واحدهای کم‌تیراژ و انتقال فناوری از طریق قراردادهای مشترک را بررسی کنند تا امکان دستیابی به مقیاس بهینه وبهره‌برداری از صرفه‌های مقیاس فراهم شود.

از آنجاییکه این صنعت با نرخ رشد پایین و مثبت پیشرفت فنی (۰/۶ درصدی) مواجه است توصیه می‌شود که فعالان و سرمایه‌گذاران با حمایت هدفمند از فعالیت‌های تحقیق و توسعه (R&D) با ارائه مشوق‌های مالیاتی، اعتبار پژوهشی هدفمند، الزام به رعایت استانداردهای جهانی مانند ISO/TS 16949 (ویژه صنعت خودرو) زمینه برای ارتقاء کیفی خودرو و ایمنی مسافر را فراهم کنند.

باستناد این نتیجه که در دوره پس از اعمال سیاست‌های قیمت‌گذاری شورای رقابت، کاهش انگیزه بنگاه‌ها و تکاپوی خودروسازان برای بهبود کارایی مشاهده شده است؛ به سیاستگذاران صنعتی پیشنهاد می‌شود که با اصلاح نظام قیمت‌گذاری و ایجاد سازوکاری شفاف و رقابتی انگیزه‌های ارتقاء بهره‌وری در بنگاه‌ها را تقویت کنند.

کتاب‌نامه

حسین زاده بحرینی، محمد حسین (۱۳۹۱). تأثیر مقررات کسب‌وکار بر رشد اقتصادی (در منتخبی از کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه *اقتصاد و توسعه منطقه ای، (۴)۱۹*.

راعی، سیده سمانه؛ مرادی، ابراهیم؛ اکبری، احمد (۱۳۹۹)، تجزیه رشد بهره‌وری کل عوامل تولید گندم در استان فارس با استفاده از مدل مرزی – تصادفی فضایی، اقتصاد کشاورزی، ۱۴(۴)، ۸۶-۵۷.

زراءنژاد، منصور، یوسفی حاجی آباد، رضا (۱۳۸۹). ارزیابی کارایی اقتصادی شرکت‌های توزیع برق ایران، پژوهش‌نامه اقتصاد کلان، ۶(۱۱)، ۱۰۶-۸۱.

سلیمیان، عباس؛ خادم، فاضله (۱۳۸۶). بررسی تأثیر واردات خودرو بر بهره وری (مطالعه موردی: شرکت ایران خودرو). پژوهشنامه اقتصادی, ۷(۲۷), ۳۳۳-۳۶۳.

شهیکی تاش، محمدنبی؛ شیوایی، الهام (۱۳۹۱) سنجش رشد بهره وری عوامل تولید و اثر مقیاس بر مبنای تابع تجزیه پذیر (مطالعه موردی صنایع ایران). دوفصلنامه سیاستگذاری اقتصادی،۴(۷)، ۱۴۶-۱۲۶.

عطرکار روشن، صدیقه؛ موسوی، میرحسین؛ رسولی، فاطمه (۱۳۹۴). تجزیه تحلیل رشد بهره‌وری، و ارزیابی عملکرد صنعت و زیر بخشهای آن (استان کردستان *سیاست‌های راهبردی و کلان، (۳)۹*، ۱۲۱-۹۷.

منتظری، جلال؛ زاهد غروی، مهدی (۱۳۹۸). تنظیم‌گری و تمرکز در صنعت خودروسازی ایران. *فصلنامه علمی پژوهش های اقتصاد صنعتی*، ۳(۱۰)،۸۷-۱۰۳.

مهرگان، محمدرضا؛ حسین زاده، مهناز؛ ربیعی سروندی، نیما (۱۳۹۸). طراحی مدل آشفتگی ـ پویایی توسعه بهره‌وری منابع انسانی منابع انسانی صنعت نفت ایران، فصلنامه مدیریت دولتی. دوره ۱۱، شماره۲.صص ۳۰۹-۳

ولی زاده، عبدالله (۱۳۹۵). بررسی اثرات تقاطعی سرمایه فکری و تورم بر عملکرد بخش صنعت در ایران. پایان نامه کارشناسی ارشدگروه اقتصاد، تبریز: دانشگاه آزاد اسلامی.

Abbott III, T. A., & Vernon, J. (2005). The cost of US pharmaceutical price reductions: a financial simulation model of R&D decisions**.** working paper.

Adeusi, S. O., & Aluko, O. A. (2015). «Relevance of Financial Sector Development on Real Sector Productivity: 21st Century Evidence from Nigerian Industrial Sector». International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences, 5 (6): 118-132.

Aigner, D. J., & Chu, S.-F. (1968). On Estimating the Industry Production Function. *The American Economic Review*, 58(4), 826-839.

Aigner, D. J., Amemiya, T., & Poirier, D. J. (1976). On the Estimation of Production Frontiers: Maximum Likelihood Estimation of the Parameters of a Discontinuous Density Function. *International Economic Review, 17*(2), 377-396.

Aigner, D., Lovell, C. K., & Schmidt, P. (1977). Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models. *Journal of Econometrics, 6*(1), 21-37.

Ajayi, V., Anaya, K., & Pollitt, M. (2022). Incentive regulation, productivity growth and environmental effects: the case of electricity networks in Great Britain. *Energy Economics*, *115*, 106354.

Arnold, J. M., Nicoletti, G., & Scarpetta, S. (2011). Does anti-competitive regulation matter for productivity? Evidence from European firms.

Badunenko, O., Fritsch, M., & Stephan, A. (2006). What Determines the Technical Efficiency of a Firm? The Importance of Industry, Location, and Size Arbeits- und Diskussionspapiere der Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät der Friedrich-Schiller-Universität Jena: ISSN 1611-1311

Battese, G. E., & Coelli, T. J. (1988). Prediction of Firm Level Technical Inefficiencies with a Generalized Frontier Production Function. *Journal of Econometrics, 38*(1), 387-399.

Battese, G. E., & Coelli, T. J. (1992). Frontier Production Functions, Technical Efficiency and Panel Data: With Application to Paddy Farmers in India. *Journal of Productivity Analysis, 3*(1-2), 153-169.

Battese, G. E., & Coelli, T. J. (1995). A Model for Technical Inefficiency Effects in a Stochastic Frontier Production Function for Panel Data. *Empirical Economics, 20*(2), 325-332.

Broughel, James and Hahn, Robert W., The Impact of Economic Regulation on Growth: Survey and Synthesis (August 2020). Mercatus Working Paper, Available at SSRN: https://ssrn.com/abstract=3684759.

Coelli, T. J., Rao, D. S. P., O'Donnell, C. J., & Battese, G. E. (2005). *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*. Boston, MA: Springer US, Business Media, LLC

Dufour, C., Lanoie, P., & Patry, M. (1998). Regulation and productivity. *Journal of Productivity Analysis*, *9*(3), 233-247.

Davies, A. (2014). Regulation and productivity. *Mercatus Center at George Mason University*.

Economics, C. (2013). Regulation and productivity in the private service sectors. *Background report prepared for the Danish Productivity Commission*.

Egert, B. (2016). Regulation, institutions, and productivity: new macroeconomic evidence from OECD countries. *American Economic Review*, *106*(5), 109-113.

EFTM. (2024). World's top 40 car brands in 2023. Retrieved from https://eftm.com/2024/04/worlds-top-40-car-brands-in-2023-244605

Focus2Move. (2024). World car group ranking 2023. Retrieved from https://www.focus2move.com/world-car-group-ranking-2023

Gray, W. B. (1987). "The Cost of Regulation: OSHA, EPA and the Productivity Slowdown." *American Economic Review* December, 998–1006.

Godfrey N. (2008). Why is Competition Important for Growth and Poverty Reduction? Organization for Economic Cooperation and Development (OECD) Investment Division. Department of International Development: London, 4.

Joskow, P. L., & Noll, R. G. (1981). Regulation in theory and practice: An overview. Studies in public regulation, 1-78.

Jones, Laura (2021), The Drag on Productivity from Excessive Regulation, chapter 4.

Kim, S., & Han, G. (2001). A Decomposition of Total Factor Productivity Growth in Korean Manufacturing Industries: A Stochastic Frontier Approach. *Journal of Productivity Analysis, 16*(3), 269-281.

Kumbhakar, S. C., & Lovell, C. K. (2003). *Stochastic Frontier Analysis*: Cambridge University Press.

Kumbhakar, S. C., Amundsveen, R., Kvile, H. M., & Lien, G. (2015). Scale Economies, Technical Change and Efficiency in Norwegian Electricity Distribution, 1998–2010. *Journal of Productivity Analysis, 43*(3), 295-305.

Larrain, M. & Stumpner, S. (2017). «Capital Account Liberalization and Aggregate Productivity: The Role of Firm Capital Allocation». The Journal of Finance, 72 (4): 1-34.

Neupane, E. (2013). Efficiency and Productivity of Commercial Banks in Nepal: A Malmquist Index Approach. *Asian Journal of Finance & Accounting*, 5(2), 220-24.

Njuki, E., Bravo-Ureta, B. E., & O'Donnell, C. J. (2019). Decomposing Agricultural Productivity Growth Using a Random-Parameters Stochastic Production Frontier. *Empirical Economics*, 57(3), 839-860.

Oduor, J. (2010). Are prior restrictions on factor shares appropriate in growth accounting estimations? Economic modeling, 27(2), 595-604.

Park, J. (2004). International and intersectoral R&D spillovers in the OECDand East Asian economies. Economic inquiry, 42(4),739-757.

Paul, S., & Shankar, S. (2022). Regulatory reforms and the efficiency and productivity growth in electricity generation in OECD countries. *Energy Economics*, *108*, 105888.

Pompei, F., 2013. Heterogeneous effects of regulation on the efficiency of the electricity industry across European Union countries. Energy Econ. 40, 569–585.

Roy, P. K., & Das, P. S. (2018). Productivity Growth Decomposition in the Manufacturing Industries of Food, Beverages, and Tobacco Products in India: A Stochastic Frontier Approach. *Arthshastra Indian Journal of Economics & Research*, 7(1), 37-57.

Solow, R. (1956). A contribution to the theory of economic growth. Quarterly Journal of Economics, 70(1): 65-94.

Schmidt, P. (1985). Frontier Production Functions. *Econometric Reviews, 4*(2), 289-328.

Sharma, S. C., Sylwester, K., & Margono, H. (2007). Decomposition of Total Factor Productivity Growth in US States. *The Quarterly Review of Economics and Finance, 47*(2), 215-241.

Sjoholm, Fredrik. "Exports, Imports and Productivity: Results from Indonesian Establishment Data"., *World Development*, Vol. 27, No. 4, (1999).

Stevenson, R. E. (1980). Likelihood Functions for Generalized Stochastic Frontier Estimation. *Journal of Econometrics, 13*(1), 57-66.

United Nations Industrial Development Organization. (2019). Annual report 2019. UNIDO

Yu, C. (2016). Airline Productivity and Efficiency: Concept, Measurement, and Applications. *In Airline Efficiency* (11-53): Emerald Group Publishing Limited.