

ORIGINAL ARTICLE

The Growth of Green-Productivity in Industry and Transportation Sectors of Iran: An Application of Growth Accounting Using SUR Method

Nafise Mosayebi Otaghsara¹, *Zahra Mila Elmi², Saeed Rasekhi³,

1. Ph.D. Student in Economics, Faculty of Economics and Administrative Sciences, University of Mazandaran, Babolsar, Iran

2. Prof., Faculty of Economics and Administrative Sciences, University of Mazandaran, Babolsar, Iran

3. Prof., Faculty of Economics and Administrative Sciences, University of Mazandaran, Babolsar, Iran

Correspondence

Zahra Mila Elmi
Email: z.elmi@umz.ac.ir

Received: 12/Jul/2023

Accepted: 18/Oct/2023

How to cite

Mosayebi Otaghsara, N., Mila Elmi, Z. & Rasekhi, S.(2024). The Growth of Green-Productivity in Industry and Transportation Sectors of Iran: An Application of Growth Accounting Using SUR Method. *Economic Growth and Development Research*, 14(54), 13-34. (DOI:0.30473/egdr.2023.68523.6750)

ABSTRACT

The main objective of this research is to examine the growth of green productivity in the industry and transportation sectors of Iran (as influential sectors of the country) during the period of 2001-2019 and compare it with the conventional productivity index, which has been the criterion that considered in policy-making decisions in the country for several decades. Although in the framework of conventional productivity theories, green productivity indices generally have higher growth rates compared to conventional ones, many other studies have also shown that green productivity can also grow at a lower rate than conventional productivity. The results of extended growth accounting along with using seemingly unrelated regressions method for calculating the green productivity of two industry and transportation sectors of Iran show that the growth of this index is 2.11% for the industrial sector and -5.8% for the transportation sector, and compared to the conventional method, it was found that the growth of conventional productivity measure for the industry sector is underestimated for 0.7% and for the transportation sector, it is overestimated for 6.76%. Based on the results obtained, the policy recommendation of this research is to transform the adoption of an economic growth strategy focused on green productivity from a choice to a necessity, in order to prevent the creation of misleading ideas about growth prospects and, consequently, prevent the selection of inappropriate policy options by officials, especially in the transportation sector.

KEY WORDS

Emissions, Green Productivity, Growth Accounting, Natural Capital, Seeming Unrelated Regression.

JEL: D24, Q53, Q56.



«مقاله پژوهشی»

رشد بهره‌وری سبز در بخش‌های صنعت و حمل‌ونقل ایران: کاربردی از حسابداری رشد با بهره‌گیری از روش رگرسیون‌های به‌ظاهر نامرتب

نویسنده مسیبه اطاقسرا^۱، زهرا میلاعلمی^۲، سعید راسخی^۳

چکیده

هدف اصلی پژوهش حاضر، بررسی رشد بهره‌وری سبز بخش‌های صنعت و حمل‌ونقل ایران (به‌عنوان بخش‌های اثرگذار کشور) در دوره زمانی ۱۳۹۸-۱۳۸۰ و مقایسه آن با شاخص بهره‌وری متعارف که معیار مدنظر در تصمیم‌گیری‌های سیاستی چند دهه گذشته در کشور بوده است، می‌باشد. اگرچه در چارچوب نظریه‌های مرسوم بهره‌وری، معیارهای بهره‌وری تعدیل شده بر اساس ملاحظات محیط زیستی (سبز) عموماً دارای نرخ‌های رشد بالاتری نسبت به معیارهای متعارف و مرسوم بهره‌وری هستند؛ اما مطالعات دیگری نشان داده‌اند که بهره‌وری سبز همچنین می‌تواند با نرخ پایین‌تری نسبت به بهره‌وری متعارف رشد کند. نتایج حاصل از حسابداری رشد توسعه‌یافته با بهره‌گیری از روش رگرسیون‌های به‌ظاهر نامرتب برای محاسبه بهره‌وری سبز دو بخش صنعت و حمل‌ونقل ایران نشان می‌دهد که رشد این متغیر برای بخش صنعت ۲/۱۱ درصد و برای بخش حمل‌ونقل ۵/۸- درصد می‌باشد و در مقایسه روش مرسوم مشخص شد بهره‌وری متعارف برای بخش صنعت ۰/۷ درصد کمتر از حد و برای بخش حمل‌ونقل ۶/۷۶ درصد بیشتر از حد محاسبه می‌شوند. بر اساس نتایج بدست‌آمده، توصیه سیاستی این پژوهش تبدیل اتخاذ راهبرد رشد اقتصادی با محوریت بهره‌وری سبز از یک انتخاب به یک ضرورت در راستای جلوگیری از خلق ایده‌های گمراه‌کننده از چشم‌اندازهای رشد و در نتیجه جلوگیری از انتخاب گزینه‌های نامناسب سیاستی توسط مسئولان به‌خصوص در بخش حمل‌ونقل می‌باشد.

واژه‌های کلیدی

انتشار آلاینده‌ها، بهره‌وری سبز، حسابداری رشد، سرمایه طبیعی، رگرسیون به‌ظاهر نامرتب.

طبقه‌بندی JEL: Q56, Q53, D24

۱. دانشجوی دکتری علوم اقتصادی، دانشکده علوم اقتصادی و اداری، دانشگاه مازندران، بابل، ایران
 ۲. استاد گروه علوم اقتصادی، دانشکده علوم اقتصادی و اداری، دانشگاه مازندران، بابل، ایران
 ۳. استاد گروه اقتصاد انرژی، دانشکده علوم اقتصادی و اداری، دانشگاه مازندران، بابل، ایران
- مستخرج از رساله دکتری نویسنده اول

نویسنده مسئول:

زهرا میلاعلمی

رایانامه: z.elmi@umz.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۴/۲۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۲۶

استاد به این مقاله:

مسیبه اطاقسرا، نویسنده: میلاعلمی، زهرا و راسخی، سعید (۱۴۰۳). رشد بهره‌وری سبز در بخش‌های صنعت و حمل‌ونقل ایران: کاربردی از حسابداری رشد با بهره‌گیری از روش رگرسیون‌های به‌ظاهر نامرتب. فصلنامه علمی پژوهش‌های رشد و توسعه اقتصادی، ۱۴(۵۴)، ۱۳-۳۴.
(DOI:10.30473/egdr.2023.68523.6750)



۱- مقدمه

مرهون توجه و نگرش صحیح به این مسئله می‌دانند. لذا با توجه به نقش تعیین‌کننده بهره‌وری در رشد و توسعه اقتصادی کشور، تهیه شاخص‌های بهره‌وری مورد توجه قرار می‌گیرد (بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران،^۳ ۱۳۹۷).

در حال حاضر در کشور، هزینه‌های زیست‌محیطی در اغلب معیارهای اقتصادی استاندارد (از جمله بهره‌وری که موضوع پژوهش حاضر می‌باشد) در نظر گرفته نمی‌شوند. در محاسبه سنتی بهره‌وری چندعاملی (MFP)^۴ که معمولاً به‌عنوان شاخصی از نحوه عملکرد اقتصادی کشورها مورد استفاده قرار می‌گیرد و در واقع نقش مهمی را در محاسبه ظرفیت تولید بالقوه یک اقتصاد ایفا می‌کند و همچنین متغیری کلیدی در برآورد چشم‌اندازهای رشد بلندمدت می‌باشد، این مهم مورد غفلت واقع می‌شود. لذا این اندازه‌گیری‌ها به دو دلیل نامتوازن هستند؛ نخست با وجود این که ارزش حاصل از تخلیه سرمایه طبیعی چون مواد معدنی، سوخت‌های فسیلی و جنگل‌ها در ارزش تولید ناخالص داخلی و به نوعی منافع ایجاد شده نهفته است، نقش این نوع از سرمایه به‌عنوان نهاده تولید معمولاً در روش‌های اندازه‌گیری رشد بهره‌وری چندعاملی سنتی نادیده گرفته می‌شود. به‌طوری که علی‌رغم سهم تأثیرگذار سرمایه طبیعی در تولید ناخالص داخلی برخی از کشورها، توابع تولید مورد استفاده در تحلیل‌های مربوط به بهره‌وری، تنها نیروی کار و سرمایه مولد را به‌عنوان نهاده‌های تولید در نظر می‌گیرند و برای سرمایه طبیعی نقشی قائل نمی‌شوند و در هیچ حسابی، توجهی به منابع طبیعی به‌عنوان نهاده (از منظر رانت یا اجاره منابع) نمی‌شود. بنابراین افزایش استفاده از منبع طبیعی به اشتباه، افزایش در بهره‌وری تفسیر می‌شود (برانت^۵ و همکاران، ۲۰۱۳: ۱). دوم؛ علی‌رغم آن که هزینه‌های سرمایه‌گذاری در کاهش آلودگی به‌طور کامل دریافت می‌شود، در هیچ حسابی منافع چنین سرمایه‌گذاری‌هایی در نظر گرفته نمی‌شود. چرا که آلودگی به‌عنوان یک ستانده در فرایند تولید به حساب آورده نمی‌شود. به بیانی واضح هیچ یک از متغیرهای تولید ناخالص داخلی و بهره‌وری چندعاملی خسارات ایجاد شده ناشی از محصولات جانبی حاصله در فرایند تولید چون، انتشار گازهای گلخانه‌ای یا آلودگی که سلامت انسان و محیط‌زیست را تهدید می‌کنند، در نظر نمی‌گیرند. لذا افزایش تلاش‌ها در جهت

گسترش مداوم فعالیت‌های اقتصادی به دنبال صنعتی شدن همراه با پدیده جهانی شدن، موجب افزایش سریع سطح انتشار آلاینده به‌خصوص گازهای گلخانه‌ای در چند دهه گذشته و تهدید پایداری حیات بر روی زمین شده است (کایریکالی^۱ و همکاران ۲۰۲۰: ۱). از سوی دیگر، جهان امروز علاوه بر مواجهه با چنین چالشی، به حد مجاز طبیعی خود در برداشت از سرمایه طبیعی نیز رسیده است و سازمان‌های بین‌المللی و بسیاری از دولت‌ها را طی سال‌های اخیر و در موقعیت‌های مختلف، وادار به بیان نگرانی در زمینه استفاده از سرمایه طبیعی و به‌طور خاص ضرورت استفاده بهتر از آن در راستای جلوگیری از تخریب محیط‌زیست کرده است (فلاحی و همکاران، ۱۴۰۱: ۳۹).

با این حال، علی‌رغم مستندسازی مسائل و چالش‌های زیست‌محیطی توسط جامعه علمی و همچنین به رسمیت شناخته شدن پیامدهای آن، معمولاً این چالش‌ها به نحو شایسته‌ای در معیارهای اقتصادی در نظر گرفته نمی‌شوند که خود در بیشتر موارد، حاکی از عدم آگاهی درست تصمیم‌گیران از پیامدهای احتمالی، به دلیل استفاده آنان از معیارهای اقتصادی ناقص در هنگام وضع قوانین و سیاست‌ها می‌باشد. یکی از شاخص‌های نشان‌دهنده میزان بهبود در استانداردهای زندگی، شاخص رشد تولید ناخالص داخلی است که افزایش آن مستلزم استفاده بیشتر از نهاده‌های تولید است. با توجه به محدودیت منابع (نهاده‌های تولید) و عوارض زیست‌محیطی ناشی از استفاده بیشتر از منابع تولید، می‌توان افزایش رشد اقتصادی را با بهبود بهره‌وری عوامل تولید تأمین نمود (سازمان همکاری‌ها و توسعه اقتصادی،^۲ ۲۰۰۱). بهره‌وری بیانگر رابطه ستانده‌ها و نهاده‌ها در فرایند تولید است و ارتقای آن، بر پدیده‌های اصلی اقتصادی، اجتماعی و سیاسی جامعه (چون سطح تورم، ارزش افزوده تولیدات و سطح اشتغال) و نیز توان رقابت سیاسی و اقتصادی تأثیر بسزایی دارد (حکم‌اللهی، ۱۴۰۱: ۱). در واقع بهبود بهره‌وری منجر به بهبود استانداردهای زندگی می‌شود. در حال حاضر تقریباً تمامی کشورهای توسعه‌یافته و بسیاری از کشورهای در حال توسعه موفق، سرمایه‌گذاری‌های بسیاری برای ارتقای بهره‌وری در سطوح ملی و منطقه‌ای انجام داده‌اند و رشد و توسعه روزافزون خود را

۳. اداره حساب‌های اقتصادی (۱۳۹۷). بهره‌وری در اقتصاد ایران طی سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۹۵. بانک مرکزی جمهوری

اسلامی ایران.

۴. Multi Factor Productivity (MFP)

۵. Brandt et al. (2013)

1. Kirikkaleli et al. (2020)

2. OECD Manual. (2001). Measurement of Aggregate and Industry-level Productivity Growth, OECD Publications.

مربوط به این دو بخش می‌باشد) و مقایسه رشد آنها با رشد بهره‌وری سنتی محاسبه شده، به معیارهای شفاف‌تری جهت سیاست‌گذاری در راستای دو هدف اصلی نامبرده (رشد اقتصادی و حفاظت از محیط‌زیست) دست یابد. ضمناً سهم بالای استفاده این دو بخش از سرمایه طبیعی کشور (سهم حدود ۷۰ درصدی از نفت و ۳۵ درصدی از گاز طبیعی) و لزوم توجه به توسعه پایدار و عدالت بین نسلی، اهمیت سیاست‌گذاری درست در این دو حوزه و به تبع، بررسی وضعیت این دو بخش را آشکارتر می‌نماید. در این پژوهش با استفاده از داده‌های سری زمانی برای دوره زمانی ۱۳۹۸-۱۳۸۰ به محاسبه رشد بهره‌وری سبز (با در نظر گرفتن هر دو ستانده‌های نامطلوب و نهاده‌های سرمایه طبیعی) و بهره‌وری سنتی دو بخش صنعت و حمل‌ونقل پرداخته شد. برای این منظور، روش حسابداری رشد^۲ توسعه‌یافته همراه با بهره‌گیری از روش رگرسیون‌های به‌ظاهر نامرتب^۳ برای تعیین سهم هریک از نهاده‌ها و همچنین بهره‌وری در تولید هر بخش، برای اولین بار در مطالعات داخلی به کار گرفته شده است و ضمن کمک به درک بهتر نقش منابع طبیعی و محیط زیست در رشد اقتصادی می‌تواند نتایج قابل اتکاتری نسبت به محاسبات گذشته در راستای اتخاذ تصمیمات اقتصادی پایدارتر در کشور ارائه نماید.

مطالعه حاضر در پنج بخش تنظیم شده است. بخش دوم و سوم به ترتیب به مبانی نظری و پیشینه تحقیق اختصاص دارد. در بخش چهارم، تصریح، برآورد مدل و تحلیل نتایج تحقیق بیان شده است و پایان بخش این نوشتار، جمع‌بندی و توصیه‌های سیاستی است.

۲- ادبیات موضوع

۲-۱- مبانی نظری

اهمیت نقش محیط‌زیست در فعالیت‌های اقتصادی و نیز رفاه جوامع بشری طی دهه‌های اخیر سبب گردید که موضوع تلفیق هم‌زمان موضوعات زیست‌محیطی و مسائل اقتصادی در یک سیستم ادغام‌شده حسابداری مورد توجه بسیاری از اقتصاددانان قرار گیرد. این مسئله ادبیات موضوع قابل توجهی در خصوص حسابداری سازگار با محیط‌زیست و سایر معیارهای اقتصادی مانند تولید ناخالص داخلی سبز و حساب‌های ملی سبز را شامل می‌شود.

اساساً دو رویکرد برای ارزیابی رشد اقتصادی مورد استفاده

کاهش آلودگی به غلط سطح پایین بهره‌وری را نتیجه خواهد داد (برانت و همکاران، ۲۰۱۴: ۱). بنابراین تصحیح این اشتباهات از آن جهت با اهمیت است که شاخص‌های سنتی بهره‌وری همان‌طور که اشاره شد به‌صورت بالقوه می‌توانند منجر به خلق ایده‌های گمراه‌کننده از چشم‌اندازهای رشد و در نتیجه انتخاب گزینه‌های نامناسب سیاستی توسط مسئولان گردد. به حساب آوردن هر دوی نهاده‌های مرتبط با محیط‌زیست (چون استفاده از منابع طبیعی) و ستانده‌های مرتبط با محیط‌زیست (همچون آلودگی هوا)، این نقایص را تصحیح کرده و می‌تواند فهم عمیق‌تری از نقش خدمات زیست‌محیطی در بهره‌وری و رشد اقتصادی را سبب شود. شاخص تعدیل شده بهره‌وری چندعاملی مورد بحث (بهره‌وری سبز)، توانایی ترغیب مشارکت ملاحظات زیست‌محیطی در تصمیمات مربوط به سیاست‌های اقتصادی را دارا می‌باشد (کاردناس رودریگز^۱ و همکاران، ۲۰۱۸: ۱).

در ایران نیز به عنوان کشوری در حال توسعه که به منابع طبیعی غنی خود وابسته و در عین حال با چالش‌های محیط‌زیستی جدی از جمله آلودگی هوا مواجه است، این مسئله اهمیت بیشتری خواهد یافت و لازمه دستیابی به رشد مستمر توأم با حفظ محیط‌زیست، توجه بیشتر به مبحث حفاظت از منابع طبیعی و نیز انتشار آلاینده و گازهای گلخانه‌ای است. چرا که در نظر نگرفتن این مهم موجب می‌شود تا سرمایه‌گذاری‌ها در سطح برنامه‌ریزی‌های کلان اقتصادی بدون توجه به جنبه‌های محیط زیستی صرفاً به بخش‌هایی سوق پیدا کند که سهم عمده‌ای را در تولید ناخالص داخلی دارند و کشور را در بلندمدت با چالش‌های اساسی‌تر در حوزه‌های رشد اقتصادی پایدار و عدالت بین نسلی مواجه نماید.

لذا با توجه به پایه‌ای بودن موضوع و اهمیت تعیین شاخص‌ها و پارامترهای مناسب در بخش‌های مولد اقتصادی و تأثیر بررسی ساختار بخش‌های مختلف تولیدی در اقتصاد یک کشور بر ایجاد بینش در سیاست‌گذاران اقتصادی در خصوص وضعیت موجود و تأثیرگذاری درست سیاست‌های مختلف در کشور، این پژوهش به دنبال آن است تا با بررسی رشد بهره‌وری سبز بخش‌های صنعت و حمل‌ونقل به‌عنوان دو بخش مولد کشور با سهمی حدود یک چهارم تولید ناخالص داخلی طی سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۸ و البته دو بخش بزرگ آلاینده (بیش از نیمی از انواع آلاینده‌های منتشره در کشور

2. Growth Accounting

3. Seemingly Unrelated Regressions (SUR) Model

1. Cárdenas Rodríguez, et al. (2018)

طبیعی و آلودگی در چارچوب حسابداری رشد به توسعه چارچوب حسابداری رشد پرداختند؛ که در آن نیروی کار، سرمایه تولیدی و سرمایه طبیعی را به‌عنوان نهاده‌ها، و آلودگی هوا را به‌عنوان ستانده نامطلوب در نظر می‌گیرد. برای این منظور ابتدا تابع تبدیل^۶ به‌صورت رابطه (۱) در نظر گرفته می‌شود:

$$H_i(Y_i, P_i, L_i, K_i, N_i, t) = 1 \forall i \in [1, 2] \quad (1)$$

در این تابع L ، K و N به ترتیب دلالت بر برداری از نیروی کار، سرمایه مولد و سرمایه طبیعی دارند، Y نشان‌دهنده ستانده مطلوب (ارزش افزوده) و P نمایانگر ستانده نامطلوب (آلودگی هوا) در هر بخش^۷ است. H نسبت به نهاده‌های K و L و ستانده نامطلوب P فزاینده و نسبت به ستانده مطلوب Y کاهنده است.^۸

این تابع نسبت به نهاده‌ها همگن از درجه ۱ و نسبت به ستانده‌های مطلوب و نامطلوب همگن از درجه θ می‌باشد:

$$H(\lambda Y, \lambda P, L, K, N, t) = \lambda^\theta H(Y, P, L, K, N, t) \quad (2)$$

هیچ فرض اولیه‌ای در مورد θ و در نتیجه بر ویژگی‌های بازده به مقیاس تابع در نظر گرفته نشده است. این پارامتر مخصوص هر بخش می‌باشد به عبارت دیگر هر بخش ویژگی‌های بازده به مقیاس خاص خود را دارد.

تغییرات در تابع H طی دوره زمانی t امکان اندازه‌گیری رشد بهره‌وری چندعاملی سبز را فراهم می‌آورد. با دیفرانسیل‌گیری از رابطه (۱) نسبت به زمان و ساده‌سازی، رابطه (۳) به دست می‌آید:

$$\frac{\partial \ln H}{\partial t} = -\varepsilon_{HY} \frac{\partial \ln Y}{\partial t} - \varepsilon_{HP} \frac{\partial \ln P}{\partial t} - \varepsilon_{HL} \frac{\partial \ln L}{\partial t} - \varepsilon_{HK} \frac{\partial \ln K}{\partial t} - \varepsilon_{HN} \frac{\partial \ln N}{\partial t} \quad (3)$$

عبارت ε_{HY} کشش تابع نسبت به ستانده مطلوب Y می‌باشد. این کشش منفی است چرا که H نسبت به ستانده کاهنده است و هر دوی Y و H مثبت هستند. در مقابل کشش‌های مربوط به ستانده نامطلوب و نهاده‌ها، از آنجایی که H نسبت به نهاده‌ها و آلودگی فزاینده است، مثبت هستند.

قرار می‌گیرد. رویکرد نخست استفاده از تئوری‌های رشد اقتصادی است که تأثیرگذاری عوامل مختلف را بر رشد اقتصادی مورد ارزیابی قرار می‌دهد. رویکرد دوم حسابداری رشد است که در آن سهم هریک از عوامل مؤثر بر رشد اقتصادی تعیین می‌شود. مدل‌های رشد اقتصادی چون مدل رشد سولو و مدل‌های رشد درون‌زا دلالت بر آن دارند که رشد اقتصادی پایدار تنها به بهبود تکنولوژی وابسته است که اغلب با رشد بهره‌وری کل عوامل اندازه‌گیری می‌شود (ژنگ و همکاران^۹، ۲۰۰۹: ۸۸۵). تحقیقات جدیدتر اما نشان داده‌اند که تغییرات در جزء پسماند تنها به پیشرفت تکنولوژیکی محدود نمی‌شود.

بهره‌وری سبز به‌عنوان یک اصطلاح، اولین بار در اجلاس ۱۹۹۲ زمین در ریو نمود یافت، و به‌عنوان یک استراتژی توسط سازمان بهره‌وری آسیایی^{۱۰} ارائه شد (توتل و هیپ^{۱۱}، ۲۰۰۸: ۹۵) و کشورهای OECD^{۱۲} نیز در ادامه شروع به استفاده از اصطلاح "بهره‌وری سبز" در تحقیقات خود در خصوص بهره‌وری و محیط‌زیست نمودند (برانت، ۲۰۱۲: ۲۳). بهره‌وری سبز پیشرفتی نوین در این زمینه تحقیقاتی است که هدف آن درک بهتر و توضیح نقش محیط‌زیست در فرایندهای تولید است. این در حالی است که در مقیاس‌ها و روش‌های سنتی اندازه‌گیری مربوط به رشد بهره‌وری، آلاینده‌های مخرب زیست‌محیطی و محصولات جانبی چون انتشار دی‌اکسیدکربن به حساب آورده نمی‌شود، مسئله‌ای که با رشد بهره‌وری سبز در تضاد است (یو-یینگ لین و همکاران^{۱۳}، ۲۰۱۳: ۳۵۲-۳۵۱).

در سال‌های اخیر اما، مطالعات بسیاری علاوه بر موضوع لحاظ نمودن ستانده‌های نامطلوب در محاسبه معیارهای بهره‌وری بر روش‌هایی که به حساب آوردن سرمایه طبیعی را در اندازه‌گیری‌های خود بکار می‌گیرند، تمرکز کرده‌اند. چرا که درک روزافزونی در این مورد به وجود آمده است که با نادیده گرفتن سرمایه طبیعی، حتی در صورت در نظر گرفتن ستانده‌های نامطلوب، معیارهای سنتی و متعارف همچنان ناقص خواهند بود. رویکردی که در این پژوهش نیز دنبال خواهد شد.

این رویکرد بر پایه مدل توسعه‌یافته توسط برانت و همکاران (۲۰۱۴) است که در اولین مرحله به ادغام سرمایه

6. Transformation Function

۷. در ادامه جهت سادگی از نگارش اندیس i در معادلات صرف نظر می‌گردد.

۸. این مسئله بیانگر این موضوع است که تولید بیشتر تنها با پذیرش انتشار آلودگی بیشتر امکان‌پذیر است یا در مقابل انتشار آلودگی تنها با پذیرش تولید کمتر، کاهش خواهد یافت.

1. Zheng et al, (2009)

2. Asian Productivity Organization (APO)

3. Tuttle & Heap (2008)

4. Organization for Economic Cooperation and Development (OECD)

5. Yu-Ying Lin et al, (2013)

۲-۲- پیشینه تحقیق

ادبیات رو به رشدی پیرامون موضوع گنجاندن ستانده‌های نامطلوب در معیارهای بهره‌وری مرسوم وجود دارد که قدمت آن حداقل به اوایل دهه ۱۹۸۰ باز می‌گردد. تعدیل بهره‌وری با در نظر گرفتن ستانده‌های نامطلوب می‌تواند با استفاده از هر دوی بهره‌وری تک عاملی مرسوم و معیارهای بهره‌وری چندعاملی انجام شود. در ارتباط با مورد دوم تحقیقات بیشتری انجام شده است، چرا که به‌طور کلی معیار جامع‌تری به نظر می‌رسد. ادبیات موضوع بهره‌وری سبز به هیچ وجه کامل نیست و محققان نیز بر روی همه موارد مربوط به آن اتفاق نظر ندارند، اما همچنان برخی از یافته‌ها در سطح گسترده‌ای مورد پذیرش قرار گرفته‌اند.

وجه اشتراک کلیه مطالعات صورت گرفته تا قبل از مطالعه برانت و همکاران (۲۰۱۳)، لحاظ نمودن تنها انتشار آلودگی (به‌خصوص انتشار دی‌اکسید کربن) تحت عنوان ستانده نامطلوب در مدل بوده است و به جز چهار مطالعه مربوط به OECD و مطالعه هووا و وانگ (۲۰۲۳)، در هیچ یک از این مطالعات به سرمایه طبیعی به‌عنوان نهاد توجهی نشده است. تحلیل‌های دقیق‌تر نشان می‌دهد که اغلب، زمانی که ستانده‌های نامطلوب در چارچوب بهره‌وری نادیده گرفته می‌شوند (به‌ویژه زمانی که اقدامات حفاظت از محیط‌زیست هم وجود داشته باشد)^۴، رشد بهره‌وری کمتر از حد برآورد می‌شود.^۵ اکثر مطالعاتی که در تلاش جهت لحاظ نمودن ستانده‌های نامطلوب برای محاسبه معیار بهره‌وری تعدیل شده هستند، نشان داده‌اند که نرخ‌های رشد بهره‌وری محاسبه شده تعدیلی، به‌طور متوسط در مقایسه با معیارهای مرسوم بهره‌وری در همان سال‌ها، بالاتر هستند.

آیکن و پاسورکا^۶ با گنجاندن دی‌اکسید گوگرد و ذرات معلق در معیار بهره‌وری متعارف به‌عنوان ستانده نامطلوب، دریافتند که میانگین‌های رشد سالیانه معیارهای تعدیل شده در هر دو بازه زمانی اندازه‌گیری شده (۱۹۷۷-۱۹۷۰ و ۱۹۹۶-۱۹۷۷)، بالاتر از نرخ‌های مرسوم بوده است (آیکن و پاسورکا، ۲۰۰۹: ۳۴۸).

یافته‌های مشابهی در تحلیل رپتو^۷ از هر دو بخش برق و پالپ و کاغذ در ایالات متحده که انتشار اکسیدهای نیتروژن،

جهت به دست آوردن مقیاسی از بهره‌وری که به‌طور مستقیم قابلیت مقایسه با رشد ستانده (GDP) را داشته‌باشد، معادله (۳) بر کسش تابع نسبت به ستانده مطلوب یعنی ε_{HY} تقسیم می‌شود.^۱ بنابراین رشد $GMFP^2$ به‌صورت رابطه (۴) تعریف خواهد شد:

$$\frac{\partial \ln GMFP}{\partial t} \equiv \frac{\partial \ln Y}{\partial t} - \varepsilon_{YP} \frac{\partial \ln P}{\partial t} - \varepsilon_{YL} \frac{\partial \ln L}{\partial t} - \varepsilon_{YK} \frac{\partial \ln K}{\partial t} - \varepsilon_{YN} \frac{\partial \ln N}{\partial t} \quad (4)$$

نهایتاً، معادله حسابداری رشد، رشد Y که آلودگی در آن به حساب آورده شده است را به رشد عوامل یا نهاده‌ها و رشد $GMFP$ تجزیه می‌کند که به‌صورت رابطه (۵) نشان داده می‌شود:

$$\frac{\partial \ln Y}{\partial t} - \varepsilon_{YP} \frac{\partial \ln P}{\partial t} = \frac{\partial \ln GMFP}{\partial t} + \varepsilon_{YL} \frac{\partial \ln L}{\partial t} + \varepsilon_{YK} \frac{\partial \ln K}{\partial t} + \varepsilon_{YN} \frac{\partial \ln N}{\partial t} \quad (5)$$

رشد	میزان تعدیل در	رشد
ارزش افزوده	راستای کاهش آلودگی	ارزش افزوده
$\frac{\partial \ln Y}{\partial t}$	$-\varepsilon_{YP} \frac{\partial \ln P}{\partial t}$	$=$
$\varepsilon_{YL} \frac{\partial \ln L}{\partial t}$	$+$	$\varepsilon_{YK} \frac{\partial \ln K}{\partial t}$
رشد		رشد
ارزش افزوده		ارزش افزوده
$+$		$\varepsilon_{YN} \frac{\partial \ln N}{\partial t}$
		$+$
		$\frac{\partial \ln GMFP}{\partial t}$
		رشد
		ارزش افزوده

معادله (۵) توضیح می‌دهد که نهاده‌ها در هر بخش چگونه در راستای تولید ستانده‌ها استفاده می‌شوند. رشد $GMFP$ به‌عنوان پسماند می‌باشد، به عبارت دیگر آن سهم از رشد ارزش افزوده (با در نظر گرفتن آلودگی) که نمی‌تواند با رشد عوامل نهاده‌ای مورد استفاده توضیح داده شود همان رشد $GMFP$ است. این قضیه بر تغییرات در تولید هر دو نوع ستانده‌های مطلوب و نامطلوب صحنه می‌گذارد.^۲ این معادله اساس محاسبات در قسمت‌های بعد خواهد بود.

۱. ε_{YZ} کسش ستانده نسبت به Z است، که Z می‌تواند یکی از انواع نهاده‌ها یا آلودگی‌ها باشد. کسش ستانده‌های مورد

استفاده در روش حسابداری رشد از کسش‌های تابع تبدیل به صورت $\varepsilon_{HZ} = -\frac{\varepsilon_{HZ}}{\varepsilon_{HV}}$ بدست می‌آید. روش بدست آوردن ε_{HY} و ε_{HZ} در ادامه و در بخش محاسبه کسش‌ها توضیح داده شده است.

2. Green Multi Factor Productivity (GMFP)

۲. در واقع با فرض ثابت بودن رشد استفاده از نهاده‌ها، وقتی Y افزایش یا آلودگی کاهش می‌یابد، بهره‌وری چندعاملی افزایش می‌یابد. جزء میزان تعدیل برای کاهش آلودگی، تغییرات در میزان انتشار را اندازه‌گیری می‌کند، که در رشد Y متوازن ارائه شده است. در یک سال مشخص زمانی که آلودگی کاهش می‌یابد این جزء مثبت و زمانی که آلودگی افزایش یابد، منفی خواهد شد. رشد Y تعدیل شده نهایتاً باید به عنوان شاخصی که نشان‌دهنده چگونگی تغییرات Y در قالب هر دو جزء کمیت و شدت آلودگی است، در نظر گرفته شود.

4. Eldon Ball et al (2004)
5. Hailu & Veeman (2000)
6. Aiken & Pasurka (2009)
7. Repetto (2006)

در همه موارد (سطح پایین، متوسط و بالای فرسایش خاک)، میانگین درصد تغییرات سالیانه معیارهای مرسوم بهره‌وری در جایی که مقادیر خسارت ثابت نگه داشته می‌شوند کمتر از برآوردهای تعدیل شده است، اما در جاییکه مقادیر خسارت نسبتی از GDP در نظر گرفته می‌شد بالاتر از برآوردهای اصلاح شده بود (نانره و همکاران، ۲۰۰۷: ۳۶۰-۳۵۶).

در مطالعه‌ی جدیدتر لی و همکاران^۴ با گسترش بیشتر چارچوب حسابداری سبز پیشنهاد شده توسط رودریگز و همکاران (۲۰۱۸) و با به حساب آوردن ۲۸ نوع سرمایه طبیعی به عنوان نهاده و ۷ نوع آلاینده به عنوان ستانده نامطلوب در تابع تولید به محاسبه بهره‌وری سبز کشور چین طی بازه زمانی ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۹ پرداختند. طیف وسیعی از منابع طبیعی مانند زمین‌های کشاورزی، جنگل‌ها و منابع معدنی و سوخت‌های فسیلی در این مطالعه گنجانده شده است. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که استفاده از معیار بهره‌وری متعارف منجر به برآورد بیش‌تر از حد رشد اقتصادی کشور چین به میزان ۱/۱۴ درصد در طی چهار دهه گذشته شده است و رشد بهره‌وری متعارف به‌طور متوسط در بازه زمانی مورد بررسی (با ۱/۹۶ درصد) کمتر از رشد بهره‌وری سبز (با ۳/۰۷ درصد) بوده است (لی و همکاران، ۲۰۲۱: ۳۷).

دلیل این یافته رایج که به نظر می‌رسد؛ معیارهای بهره‌وری سبز عموماً دارای نرخ‌های رشد بالاتری نسبت به معیارهای متعارف و مرسوم بهره‌وری هستند، این است که معیارهای تعدیل شده و سازگار با محیط‌زیست به دستاوردهای محیط زیستی اعتبار می‌دهند. به این معنا که هنگام محاسبه بهره‌وری (به‌ویژه در مواجهه با برخی مقررات زیست‌محیطی)، معیارهای متعارف بهره‌وری، هزینه‌های اضافی (بابت نهاده‌ها) ناشی از انطباق را بدون در نظر گرفتن منافع حاصل از کاهش ستانده‌های نامطلوب، در نظر می‌گیرند. از طرف دیگر، معیار بهره‌وری سبز، نه تنها افزایش در نهاده‌ها پس از انجام اقدامات زیست‌محیطی را در نظر می‌گیرد، بلکه به کاهش صورت پذیرفته در ستانده‌های نامطلوب نیز اعتبار می‌دهند. این نکته بسیار مهم است، چرا که نشان می‌دهد چگونه بهره‌وری تعدیل شده علاوه بر هزینه‌های مربوط به مقررات محیط زیستی، مزایای حاصل از آنها را نیز در برمی‌گیرد.

برخلاف تحقیقات ارائه‌شده فوق‌الذکر که عموماً نشان از نرخ‌های رشد بالاتر بهره‌وری تعدیل شده (سبز) دارند، دسته

ذرات دی‌اکسید گوگرد، ترکیبات آلی فرار، مونوکسید کربن و سرب را (به‌عنوان ستانده نامطلوب) در نظر گرفته بودند، بدست آمد. ریتو محاسبات را برای برآوردهای MFP مرسوم و اصلاح شده در هر دو بخش تکمیل نمود. طی بازه زمانی ۱۹۹۷ تا ۱۹۹۱، در بخش برق، میانگین درصد تغییرات سالیانه MFP متعارف ۰/۳۵ درصد کاهش یافت، در حالی که معیار تعدیل شده (که شامل ستانده‌های نامطلوب نیز می‌شود)، طی همان دوره زمانی، تا ۰/۶۸ درصد افزایش یافت. نتایج در بخش پالپ و کاغذ همان روند مشابه را تنها با واریانس کمتر نشان می‌دهد (ریتو، ۲۰۰۶: ۵۳).

کومار^۱ ۴۱ کشور (ترکیبی از کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه) را مورد مطالعه قرار داد و تأثیری را که گنجاندن انتشار CO₂ به‌عنوان ستانده نامطلوب بر معیارهای بهره‌وری مرسوم خواهد داشت را در نظر گرفت. نتایج با مطالعاتی که در بالا بدان‌ها اشاره شد مطابقت داشت؛ به این صورت که در طی سال‌های ۱۹۷۱ و ۱۹۹۲، بهره‌وری متعارف سالانه به میزان ۰/۰۲ درصد کاهش یافت، در حالی که معیار تعدیل شده و سازگار با محیط‌زیست میانگین تغییر سالانه ۰/۰۲ درصد را نشان داد (کومار، ۲۰۰۶: ۲۸۷).

فره و همکاران^۲ در مطالعه‌ای آلاینده‌های جوی منتشرشده توسط صنایع تولیدی را در سراسر ایالات متحده در نظر گرفتند. یافته‌های آنها نیز نشان داد میانگین تغییرات سالیانه بهره‌وری (طی سال‌های ۱۹۷۴-۱۹۸۶) زمانی که موارد نامطلوب در نظر گرفته شد (۱/۰۳۶۳-) در مقایسه با زمان در نظر نگرفتن آنها (۱/۰۱۶۹-) رقم بالاتری بود (فره و همکاران، ۲۰۰۱: ۳۹۹).

نانره و همکاران^۳ در مطالعه خود در ارتباط با بخش کشاورزی استرالیا، فرسایش خاک را به‌عنوان ستانده نامطلوب در نظر گرفتند. در این مطالعه، نویسندگان از روش مشابه ریتو پیروی نمود و نتایجی از معیارهای مرسوم و تعدیل شده گزارش نمود که در آن مقادیر خسارت را برای معیار مرسوم ثابت نگه داشتند و برای موارد تعدیل شده آن را به‌صورت نسبتی از تولید ناخالص داخلی در نظر گرفتند. برخلاف یافته‌های ریتو که در آن هر دو برآورد اصلاح‌شده از میانگین درصد تغییرات سالیانه معیارهای بهره‌وری (بدون توجه به ثابت بودن مقادیر خسارت یا متناسب (نسبی) بودن آن با GDP)، بالاتر از موارد متعارف آنها بودند، نانره و همکاران دریافتند که

1. Kumar (2006)

2. Färe et al. (2001)

3. Nanere et al. (2007)

4. Li et al. (2021)

مجموعه‌ای از کشورها پرداخته‌است، سه مطالعه مربوط به سازمان همکاری و توسعه اقتصادی و مطالعه هووا و وانگ است که نتایج آنها نشان‌دهنده ترکیبی از نتایج حاصل در دو دسته مطالعات برشمرده است. برانت و همکاران در مطالعه‌ای با حمایت OECD به محاسبه رشد شاخص بهره‌وری با لحاظ سرمایه طبیعی به‌عنوان نهاد در تابع تولید، برای ۲۳ کشور عضو OECD و ۲ کشور روسیه و افریقای جنوبی طی سال‌های ۲۰۰۸-۱۹۸۶ پرداختند. سرمایه طبیعی در این مطالعه شامل ۱۳ نوع دارایی زیرزمینی^۵ از جمله نفت، گاز طبیعی، زغال سنگ می‌باشد. نتایج نشان از تفاوت اندک در روند رشد دو شاخص تعدیلی و متعارف دارد (برانت و همکاران، ۲۰۱۳: ۱۰).

آنها در مطالعه دیگر خود (که مطالعه حاضر براساس آن می‌باشد) در سال بعد به بسط و گسترش چارچوب تحلیلی بکار گرفته شده برای محاسبه شاخص بهره‌وری چندعاملی (حسابداری رشد) در جهت به حساب آوردن خدمات زیست‌محیطی در تحلیل‌های مربوط به بهره‌وری نمودند و به مقایسه دو شاخص تعدیلی با لحاظ تنها سرمایه طبیعی (۱۳ نوع سرمایه طبیعی) در تابع تولید و با لحاظ هر دوی سرمایه طبیعی و ستانده نامطلوب به طور هم‌زمان (۱۳ نوع سرمایه طبیعی به‌عنوان نهاد و ۳ آلاینده دی‌اکسید، سولفور اکسید و نیتروژن اکسید به‌عنوان ستانده نامطلوب)، برای ۲۵ کشور در بازه زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۸ پرداختند. نتایج برای کشورهای مورد مطالعه بسته به ساختار اقتصادی هر کشور دارای روندی متفاوت بود (برانت و همکاران، ۲۰۱۴: ۱۶).

در مطالعه دیگر کاردناس رودریگز و همکاران به بسط و گسترش بیشتر چارچوب تحلیلی بکار گرفته شده توسط برانت و همکاران برای محاسبه شاخص بهره‌وری چندعاملی (حسابداری رشد) در جهت به حساب آوردن خدمات زیست‌محیطی (لحاظ ۱۴ نوع سرمایه طبیعی به‌عنوان نهاد و ۸ نوع آلاینده به‌عنوان ستانده نامطلوب) در تحلیل‌های مربوط به بهره‌وری پرداختند و دریافته‌اند شاخص‌های تعدیل شده امکان شناسایی بهتر منابع رشد اقتصادی و ارزیابی بهتر جنبه‌های رشد در بلندمدت را فراهم می‌کنند. آنها به محاسبه رشد بهره‌وری تعدیلی (بهره‌وری سبز) برای کشورهای عضو OECD و G20 طی بازه زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۳ پرداختند. یافته‌های آنان نشان از سهم بالای بهره‌وری در رشد اقتصادی کشورهای عضو OECD و برعکس سهم بالای استفاده از

دوم مطالعات نشان داده‌اند که بهره‌وری تعدیل شده بر اساس ستانده‌های نامطلوب با نرخ پایین‌تری نسبت به بهره‌وری متعارف رشد می‌کنند. این موضوع در مطالعات ماناگی و جنا^۱ در ارتباط با هند طی دهه ۱۹۹۰ و اوایل دهه ۲۰۰۰ مشاهده شد. در طی اولین بازه زمانی مورد مطالعه (از سال ۱۹۹۱ تا ۱۹۹۴) بهره‌وری متعارف ۰/۰۲۲ کاهش یافت و بهره‌وری تعدیلی (شامل هر دو نوع ستانده مطلوب و نامطلوب) به میزان کمتر یعنی فقط ۰/۰۰۸ کاهش یافت. در بازه‌های زمانی بعدی (از ۱۹۹۵ تا ۱۹۹۸ و از ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۱) مشاهده شد نرخ رشد بهره‌وری متعارف از بهره‌وری تعدیلی پیشی گرفت. میانگین کلی تغییر در بهره‌وری، کاهش معادل ۰/۰۰۱ برای نوع مرسوم و همچنین ۰/۰۱ برای نوع تعدیل شده را تجربه کرد (ماناگی و جنا، ۲۰۰۸: ۴۳۷-۴۳۶).

هارچویی و همکاران^۲ در مطالعه خود بر بخش‌های کانادا، دریافته‌اند که برخی معیارهای بهره‌وری تعدیل شده، نرخ رشد‌های بالاتری نسبت به نوع متعارف خود داشتند (بخش صنعت و سایر بخش‌های تجاری عمومی) در حالی که در برخی دیگر از بخش‌ها (بخش حمل‌ونقل و آب و برق) اثر مخالف مشاهده شد. این نتایج یافته‌های متناقضی را در بین بخش‌های مختلف طی سال‌های ۱۹۸۱ تا ۱۹۹۶ نشان می‌دهد. در حقیقت در برخی از آنها، نرخ‌های رشد بهره‌وری متعارف بالاتر است و در برخی دیگر نتایج بهره‌وری تعدیلی سازگار با محیط‌زیست رشد بالاتری را نشان می‌دهند (هارچویی و همکاران، ۲۰۰۲: ۱۲).

رزک و پرین^۳ همچنین به نتایج متناقضی در مطالعه خود بر بهره‌وری بخش کشاورزی ایالات دشت بزرگ قاره امریکای شمالی^۴ رسیدند. در این مطالعه، چهار حالت طی بازه زمانی ۱۹۶۰ تا ۱۹۹۶ در نظر گرفته شد و بهره‌وری متعارف با نوع تعدیلی و سازگار با محیط‌زیست خود که ستانده‌های نامطلوب (آلودگی نیتروژن و آفت‌کش‌ها را شامل می‌شد) را در نظر می‌گرفت، مقایسه شد. در همه ایالت‌ها به جز یک مورد، نرخ رشد بهره‌وری تعدیل شده کمتر از نوع متعارف خود بود (رزک و پرین، ۲۰۰۴: ۳۵۷).

دسته دیگری از مطالعات این حوزه و به نوعی تنها مطالعاتی که به سرمایه طبیعی به‌عنوان نهاد در محاسبه بهره‌وری توجه نموده‌است و به بررسی بهره‌وری سبز در

1. Managi and Jena (2008)

2. Harchaoui et al. (2002)

3. Rezek & Perrin (2004)

4. Great Plains States

5. Oil, Gas, Bauxite, Copper, Lead, Nickel, Phosphate, Tin, Zinc, Gold silver, Iron ore, Soft and Hard Coal.

سیاسی بر تغییرات مکرر و بسیار در برنامه‌ها بیش از آنچه شرایط ایجاب کند باشد.

در مطالعات داخلی نیز پژوهش‌هایی در زمینه اندازه‌گیری رشد بهره‌وری سبز یا به نوعی اندازه‌گیری بهره‌وری با در نظر گرفتن ستانده نامطلوب آلودگی در سطوح مختلف صورت گرفته است. اما در هیچ یک از موارد به مقایسه این دو معیار پرداخته نشده است. ضمن آنکه در اکثر پژوهش‌های صورت گرفته از روش تحلیل پوششی داده‌ها و بکارگیری توابع مسافت و شاخص مالم کوئیست-لئونبرگر^۶ به محاسبه بهره‌وری سبز پرداخته شده است و از روش حسابداری رشد استفاده نشده است. لذا پژوهش حاضر با هدف اندازه‌گیری رشد بهره‌وری چندعاملی با در نظر گرفتن هم‌زمان آلودگی هوا به‌عنوان ستانده نامطلوب و سرمایه طبیعی به‌عنوان نهاده در تابع تولید برای نخستین بار در کشور به محاسبه بهره‌وری چندعاملی سبز دو بخش مهم و اثرگذار، به روش حسابداری رشد توسعه یافته و با بهره‌گیری از مدل رگرسیون‌های به‌ظاهر نامرتب می‌پردازد.

۳- تصریح، برآورد مدل و تحلیل نتایج

برای بررسی و محاسبه رشد $GMFP$ دو بخش صنعت و حمل‌ونقل از روش حسابداری رشد از رابطه (۵) در مبانی نظری استفاده شده است. مطابق این رابطه برای محاسبه رشد بهره‌وری سبز، نیاز به دانش حداقلی در ارتباط با کشش‌های تابع تبدیل نسبت به نهاده‌ها یا ستانده‌ها است. لذا به‌عنوان اولین گام به محاسبه "کشش نهاده‌ها" پرداخته شده است. این کشش‌ها می‌توانند با استفاده از روش حداکثرسازی سود یا روش‌های اقتصادسنجی محاسبه شوند. در این مطالعه از رویکرد ترکیبی برای محاسبه کشش‌ها استفاده شد: کشش‌های نیروی کار، سرمایه تولیدی و سرمایه طبیعی (با توجه به آشکار بودن قیمت‌های آنها) از سهم هزینه‌ای هریک در اقتصاد قابل محاسبه خواهند بود. کشش‌های مربوط به ستانده‌ها اما از روش‌های اقتصادسنجی محاسبه می‌شوند چرا که آلودگی، قیمت واضح و صریحی ندارد.

حل مسئله حداکثرسازی سود، امکان محاسبه کشش تابع تبدیل را نسبت به نیروی کار، سرمایه تولیدی و سرمایه طبیعی فراهم می‌کند. مسئله حداکثرسازی سود یک تولیدکننده می‌تواند به‌صورت زیر نوشته شود:

(۶)

$$\text{Max} \pi = P_Y Y + P_P P - wL - u_K K - u_N N \text{ s. t. } H(Y, P, L, K, N, t) \geq k$$

6. Malmquist-Leonberger Index

نهاده‌های تولیدی از رشد اقتصادی کشورهای BRICS داشته است. ضمن آن که تفاوت در بهره‌وری سنتی و بهره‌وری سبز محاسبه شده به میزان قابل توجه می‌باشد و در برخی از کشورها بهره‌وری سنتی بالاتر و در برخی دیگر پایین‌تر از بهره‌وری سبز بوده است (کاردناس رودریگز و همکاران، ۲۰۱۸: ۲۸-۲۹).

در جدیدترین مطالعه این دسته، هووا و وانگ^۱ به بررسی و تجزیه رشد بهره‌وری سازگار با محیط زیست و تحلیل دقیق روند توسعه پایدار ۵۱ کشور عضو OECD و G20 در طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰ در چارچوب حسابداری رشد سبز پرداختند. نتایج تحقیق نشان از بالاتر بودن رشد بهره‌وری سنتی در مقایسه با بهره‌وری سبز برای ۴۰ کشور مورد بررسی دارد که نشان از آن دارد MFP کیفیت توسعه اقتصادی را بیش از حد برآورد نموده و تأثیر منفی بر تعدیل روند توسعه پایدار دارد. برای ۱۱ کشور دیگر رشد بهره‌وری سنتی در مقایسه با بهره‌وری سبز کمتر تخمین زده شده است. هووا و وانگ نیز در این مطالعه به ادغام سه دسته سرمایه طبیعی شامل سوخت‌های فسیلی، مواد معدنی و انواع دارایی‌های تجدیدپذیر (در مجموع ۲۱ نوع سرمایه طبیعی) به‌عنوان نهاده و انواع گازهای گلخانه‌ای و آلاینده‌های جوی (در مجموع ۹ نوع) به‌عنوان ستانده‌های نامطلوب در چارچوب حسابداری رشد پرداختند (هووا و وانگ، ۲۰۲۳: ۶).

مجموعه شواهد تحقیقاتی نشان از آن دارد که رشد بهره‌وری تعدیلی لزوماً و همواره بالاتر از نوع مرسوم خود نیست. این یافته‌های متضاد نشان می‌دهند که ممکن است رخدادی در این بین منجر به ایجاد نتایج متفاوت از آنچه مورد انتظار است، شود. محققان متعددی در ارتباط با این مسئله، فرضیه‌هایی را مطرح کرده‌اند، برخی^۲ دلیل تفاوت یافته‌ها را مربوط به تفاوت در محاسبات می‌دانند، در حالی که برخی دیگر^۳، کاهش تأثیر سیاست‌های زیست‌محیطی را که برای مدتی مؤثر بودند، دلیل این امر می‌دانند. نویسندگان دیگری^۴ تغییرات ساختاری، وضعیت جغرافیایی یا نوسانات کلان اقتصادی را مسئول این یافته‌های متناقض می‌دانند. مطالعه‌ای دیگر^۵ ادعا دارد که نتایج متفاوت علاوه بر تغییرات ساختاری ممکن است به دلیل اصرار بیش از حد بازی‌گردانان

1. Hua & Wang (2023)

2. Ball et al. (2004), Chapple & Harris (2003), Kumar & Khanna (2009)

3. Nanere et al. (2007)

4. Färe et al. (2001), Ferjani (2008)

5. Ferjani (2008)

$$\varepsilon_{HL} \equiv \frac{H_L \cdot L}{H} = \frac{w \cdot L}{\lambda \cdot H} = \frac{w \cdot L}{\gamma} \quad (7)$$

$$\varepsilon_{HK} \equiv \frac{H_K \cdot K}{H} = \frac{u_K \cdot K}{\lambda \cdot H} = \frac{u_K \cdot K}{\gamma} \quad (8)$$

$$\varepsilon_{HN} \equiv \frac{H_N \cdot N}{H} = \frac{u_N \cdot N}{\lambda \cdot H} = \frac{u_N \cdot N}{\gamma} \quad (9)$$

بنابراین، همان‌طور که برانت و همکاران (۲۰۱۳) پیشنهاد کردند، تحت مسئله حداکثرسازی سود، کشش‌ها برابر با سهم نیروی کار، سرمایه مولد و سرمایه طبیعی در ترکیب نهاده‌ها است.^۲ انتظار می‌رود ε_{HL} ، ε_{HK} و ε_{HN} مثبت باشند چرا که هزینه مربوط به نهاده‌ها (یعنی W ، U_K و U_N) و مقادیر آنها (N و KL) هر دو مثبت می‌باشند.

جهت محاسبه کشش ستانده‌ها و با توجه به عدم مبادله آلودگی در اقتصاد، از روش‌های اقتصادسنجی برای محاسبه و تخمین آنها استفاده می‌شود. برای این منظور و پس از محاسبه کشش نهاده‌ها، کلیه نهاده‌ها جمع و در قالب یک متغیر مطابق رابطه (۱۰) تعریف می‌شود:

$$\frac{\partial \ln X}{\partial t} \equiv \varepsilon_{HL} \frac{\partial \ln L}{\partial t} + \varepsilon_{HK} \frac{\partial \ln K}{\partial t} + \sum_{n \in [1,2]} \varepsilon_{HN_i} \frac{\partial \ln N_n}{\partial t} \quad \forall n$$

با استفاده از این رابطه و بازآرایی رابطه (۴)، معادله (۱۱) بدست می‌آید:

$$\frac{\partial \ln Y}{\partial t} = \frac{\partial \ln GMFP}{\partial t} - \frac{1}{\varepsilon_{HY}} \frac{\partial \ln X}{\partial t} - \frac{1}{\varepsilon_{HY}} \sum \varepsilon_{HP_j} \frac{\partial \ln P_j}{\partial t} \quad (11)$$

مجدداً در راستای اهداف مدنظر در تخمین‌های اقتصادسنجی، معادله اخیر به صورت رابطه (۱۲) تصریح می‌شود:

$$\dot{Y}_{it} = \alpha_i + \gamma_i \dot{X}_{it} + \sum_{j \in [1;7]} \beta_{ji} \dot{P}_{jit} + u_{it} \quad \forall j \in [1;7] \quad (12)$$

که در آن \dot{Y}_{it} نرخ رشد ستانده‌ی مطلوب هر بخش (\dot{X}_{it} ، Y) نرخ رشد وزنی کشش نهاده‌های هر یک از بخش‌ها و \dot{P}_{jit} نرخ رشد هریک از ستانده‌های نامطلوب منتشر شده توسط هر بخش است. عرض از مبدا α_i و u_{it}

k در واقع معیار مربوط به سطح کارایی است؛ که مساوی یا بزرگ‌تر از ۱ است و به‌صورت برونزا برای هر دو بخش در نظر گرفته می‌شود. که باید به‌عنوان سطح کارایی بنگاه‌ها در هر سال مدنظر قرار گیرد. P_Y ، W ، U_K و U_N به ترتیب دلالت بر قیمت ستانده مطلوب Y ، هزینه هر واحد نیروی کار، هزینه استفاده از سرمایه مولد و هزینه استفاده از سرمایه طبیعی دارند. هزینه استفاده از سرمایه طبیعی ممکن است صریح و آشکار باشد یا می‌تواند ضمنی باشد (برانت و همکاران، ۲۰۱۳: ۱). در این صورت، U_N می‌تواند قیمت سایه‌ای استفاده از سرمایه طبیعی در فرایند تولید یا میزان کاهش در ارزش ذخیره سرمایه طبیعی که در نتیجه استخراج یک واحد بیشتر از منبع حاصل می‌شود، باشد. همچنین هزینه استفاده از سرمایه طبیعی (به عبارتی اجاره هر واحد) می‌تواند قابل مشاهده نباشد اما تحت برخی شرایط، برابر با قیمت بازاری سرمایه طبیعی استخراج‌شده منهای هزینه‌های استخراج می‌شود. این قاعده از روش استخراج بهینه موجودی سرمایه تجدیدناپذیر استنباط شده است. شرط کارایی ایستای یک مسئله حداکثرسازی بر مبنای تابع همیلتونی، مستلزم آن است که هزینه استفاده از سرمایه که به‌عنوان تغییر در ارزش فعلی خالص اجاره منبع تعریف می‌شود؛ که برابر با قیمت بازاری منهای هزینه استخراج آن باشد. مفروضات کلیدی مرتبط با هزینه استخراج منابع طبیعی، آن است که این تابع باید از توزیع نرمال پیروی نماید و به ذخایر باقیمانده منابع طبیعی بستگی نداشته باشد. این روشی است که بانک جهانی در پایگاه داده $WAVES$ ^۱ دنبال می‌نماید. در این مطالعه هزینه استفاده از سرمایه طبیعی از پایگاه داده‌ای $WAVES$ بانک جهانی استخراج شده است که با رویکرد مذکور بدست آمده‌اند. P_p دلالت بر هزینه خصوصی ضمنی ستانده نامطلوب دارد؛ به عبارت دیگر هزینه نهایی برای تولیدکنندگانی که به قوانین محیط زیستی عمل می‌کنند. که برحسب کالاها و خدمات از دست رفته‌ای که می‌توانستند در صورت عدم عمل به قوانین مذکور تولید شوند، بیان می‌شود (برانت و همکاران، ۲۰۱۴: ۱) که البته در راستای هدف محاسبه $GMFP$ ، تنها کشش‌های آلودگی موردنیاز است. با حل مسئله حداکثرسازی سود مطابق رابطه (۶)، نتیجتاً کشش‌های تابع تبدیل نسبت به L ، K و S به‌صورت روابط (۷) تا (۹) خواهد شد:

1. Wealth Accounting and the Valuation of Ecosystem Services-World Bank

۲. ضمناً جهت بدست آوردن کشش‌های نهاده مورد استفاده در رابطه (۵)، ترکیب این کشش‌ها با ε_{HY} امری ضروری است که در ادامه و پس از محاسبه ε_{HY} لحاظ می‌گردد.

و همچنین پایگاه داده‌ای وزارت نیرو استخراج شده است. همان‌طور که مطرح شد جهت محاسبه و سنجش بهره‌وری سبز پس از جمع‌آوری داده‌های خام و انجام برخی عملیات ریاضی، محاسبه کشش نهاده‌ها انجام و بردار نهاده مطابق رابطه (۱۰) برآورد شد. سپس جهت برآورد کشش‌های ستانده‌ها به برآورد رابطه (۱۲) برای دو بخش صنعت و حمل‌ونقل در دوره زمانی ۱۳۹۸-۱۳۸۰ با روش رگرسیون‌های به‌ظاهر نامرتب (SUR) با استفاده از نرم‌افزار Eviews 13، پرداخته شد. دلیل انتخاب روش رگرسیون‌های به‌ظاهر نامرتب آن است که این روش این امکان را فراهم می‌کند که ضرایب معادلات و واریانس ضرایب تغییر نموده و همچنین جملات اخلاص در سیستم معادلات با یکدیگر همبستگی همزمان^۲ داشته باشند. قبل از تخمین معادلات رگرسیون به روش SUR لازم است وجود همبستگی همزمان بین جملات اخلاص دو معادله آزمون شود. برای این آزمون از آماره آزمون LM^۳ استفاده می‌شود که دارای توزیع χ^2 بوده و به‌صورت رابطه (۱۴) محاسبه می‌شود.

$$LM = T \sum_{i=2}^M \sum_{j=1}^{i-1} r_{ij}^2 \quad (14)$$

در رابطه (۱۴)، T نشانگر تعداد مشاهدات و r_{ij} ضریب همبستگی جملات اخلاص معادله آم و آام می‌باشد. پس از محاسبه مقدار آماره آزمون لازم است با مقدار بحرانی مقایسه شود. در صورت رد فرضیه صفر همبستگی همزمان بین جملات اخلاص قابل رد نبوده و بنابراین می‌توان از رویکرد SUR برای تخمین سیستم معادلات استفاده نمود (بووم^۴، ۲۰۰۶).

لذا قبل از تخمین رابطه (۱۲) از آماره LM برای بررسی همبستگی همزمان جملات اخلاص در دو معادله بخش صنعت و حمل‌ونقل استفاده شد که نتایج به شرح جدول ۱ می‌باشد.

جدول ۱. آزمون وجود همبستگی همزمان بین جملات اخلاص

(LM Test)			
توزیع آماره آزمون χ^2	مقدار آماره آزمون	درجه آزادی	مقدار بحرانی در سطح احتمال ۹۵٪
آماره آزمون بریوش-پاگان	۴/۰۶	۱	۳/۸۴

مأخذ: یافته‌های تحقیق

نتایج جدول ۱ نشان می‌دهد که با رد فرضیه صفر

نیز جزء خطا با فرض توزیع نرمال با میانگین صفر و واریانس σ_ε است.

روش اقتصادسنجی مورد استفاده در این مقاله برای محاسبه کشش‌های دو بخش، روش SUR (رگرسیون‌های به‌ظاهر نامرتب) می‌باشد. کشش‌های تابع تبدیل نسبت به ستانده‌های مطلوب و نامطلوب را می‌توان با استفاده از ضرایب تخمین زده شده، به‌صورت رابطه (۱۳) محاسبه کرد:

$$\varepsilon_{HYi} = -\frac{1}{\gamma_i} \text{ و } \varepsilon_{YPji} = \beta_{ji} \forall j \in [1; 7] \quad (13)$$

و سپس با استفاده از ε_{HYi} محاسبه شده به محاسبه کشش نهاده‌ها پرداخت. لازم به ذکر است که در این مطالعه پس از برآورد بهره‌وری سبز در دو بخش مدنظر به محاسبه بهره‌وری هر دو بخش به روش سنتی یعنی بدون حضور نهاده سرمایه طبیعی و همچنین ستانده نامطلوب (آلودگی‌های جوی) در تابع تولید پرداخته خواهد شد تا امکان مقایسه شاخص بهره‌وری در ۲ حالت برشمرده فراهم آید.

منبع داده‌ای اصلی برای داده‌های مربوط به نیروی کار، سرمایه مولد و هزینه‌های مربوط به عوامل نهاده‌ای (هزینه هر واحد نیروی کار (جبران خدمات یا دستمزد) و هزینه استفاده از سرمایه) و تولید ارزش افزوده بخش‌ها بانک مرکزی و مرکز آمار ایران می‌باشد^۱.

اطلاعات مربوط به موجودی سرمایه، از آمارهای حساب‌های ملی بانک مرکزی اخذ شده است. ضمناً جهت محاسبه هزینه استفاده مطابق با مقاله برانت و همکاران، سهم هزینه‌ای سرمایه مولد به‌صورت درون‌زا و به‌عنوان تفاوت بین ارزش افزوده اسمی و هزینه نیروی کار محاسبه گردید. اطلاعات مربوط به واحد اجاره سرمایه طبیعی از پایگاه داده WAVES بدست آمده است. بر اساس متدولوژی بکارگرفته شده توسط بانک جهانی، واحد اجاره به‌صورت تفاوت بین قیمت‌های بازاری و هزینه‌های استخراج محاسبه می‌شوند. در نهایت داده‌های مربوط به انتشار آلاینده‌ها که شامل ۷ نوع آلاینده از جمله: ۳ گاز گلخانه‌ای (کربن دی‌اکسید، متان، نیترو اکسید و ۴ آلاینده هوا (سولفور اکسید، نیتروژن اکسید، ذرات معلق، کربن مونواکسید) می‌باشد، از پایگاه داده مرکز آمار ایران

۱. تفاوت کلیدی که در مقایسه پایگاه داده‌های بانک مرکزی و مرکز آمار ایران وجود دارد، مربوط به نحوه تقسیم‌بندی بخش‌ها و فعالیت‌های اقتصادی است که متفاوت بودن بخش‌بندی مذکور منجر به محدود نمودن محاسبات بخشی به بخش‌های مشترک در دو پایگاه داده، یعنی انتخاب دو بخش صنعت و حمل‌ونقل شده است. البته دلایل دیگر به میزان تأثیرگذاری این دو بخش در اقتصاد ایران و همچنین میزان آلاینده‌های آن‌ها و سهم بالای استفاده آن‌ها از سرمایه طبیعی کشور مربوط می‌شود. ۴۱ درصد CO2، ۶۴ درصد NOx، ۸۴ درصد SPM، ۸۲ درصد CH4، ۹۸ درصد CO، ۵۵ درصد N2O و ۵۲ درصد SOx منتشره در کل کشور توسط این دو بخش ایجاد می‌گردد.

2. Contemporaneous Correlation
3. Lagrange Multiplier Test Statistics
4. Baum (2006)

همبستگی همزمان بین جملات اخلاص در معادلات دو بخش پذیرفته شده و از این رو می‌توان از روش SUR برای تخمین دستگاه معادلات الگو استفاده نمود که نتایج در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲. نتایج برآورد کسش‌های ستانده در دو بخش صنعت و حمل‌ونقل با روش SUR

بخش حمل‌ونقل				بخش صنعت			
احتمال	آماره t	ضرایب	متغیر	احتمال	آماره t	ضرایب	متغیر
*.۰/۸۰۳۹	۰/۲۵۱۵	۰۰۶۴/۰=α	عرض از مبدأ	*.۰/۵۲۹۰	-۰/۶۴۰۴	α = -۰/۰۰۸۹	عرض از مبدأ
۰/۰۰۲۱	۳/۳۵۰۷	۷۰۴۷/۲=γ	رشد نهاده‌ها	۰/۰۰۰۰	۶/۷۵۹۵	γ = ۱/۹۳۰۱	رشد نهاده‌ها
۰/۰۳۹۴	۲/۰۲۰۳	۰۹۷۰/۱=β	رشد CO ₂	۰/۰۰۰۰	۵/۵۶۹۶	۹۲۹۰/۳=β	رشد CO ₂
*.۰/۵۱۵۲	-۰/۶۶۲۴	۸۰۱۴/۰=-β	رشد NO _x	۰/۰۰۰۳	-۴/۴۰۷۴	۰۵۶۸/۴=-β	رشد NO _x
۰/۰۱۵۵	-۲/۶۴۶۹	۴۵۴۲/۰=-β	رشد SO _x	*.۰/۱۰۷۶	۱/۶۸۴۸	۰۹۴۰/۰=β	رشد SO _x
*.۰/۱۵۴۳	۱/۴۸۰۶	۵۷۸۲/۰=β	رشد SPM	۰/۰۰۸۴	-۲/۹۲۵۱	۱/۲۶۶۲=-β	رشد SPM
۰/۰۱۴۷	-۲/۶۶۹۷	۱۶۴۰/۱=-β	رشد CH ₄	۰/۰۰۰۰	۶/۳۰۸۸	۴۸۴۶/۰=β	رشد CH ₄
۰/۰۴۲۰	-۲/۱۷۲۳	۷۱۱۵/۰=-β	رشد CO	۰/۰۰۸۴	-۲/۹۲۵۱	۱۳۲۰/۰=β	رشد CO
*.۰/۳۳۰۵	۰/۹۹۷۴	۵۸۱۱/۰=β	رشد N ₂ O	۰/۰۰۲۸	۳/۴۱۳۸	۸۲۷۵/۰=β	رشد N ₂ O
۰/۷۱۲۱		R ²		۰/۷۶۳۳		R ²	
۲/۰۹۹۵		DW		۲/۶۷۳۱		DW	

*عدم معناداری متغیر در سطح ۵ درصد

مأخذ: یافته‌های تحقیق

بخش صنعت دلالت دارد. عدم معناداری آلاینده‌های نیتروژن اکسید (NO_x)، ذرات معلق در هوا (SPM) و دی نیتروژن اکسید (N₂O) در بخش حمل‌ونقل نیز ممکن است از این واقعیت ناشی شود که تغییر در رشد ارزش افزوده بخش حمل‌ونقل تنها توسط زیرمجموعه‌ای از آلاینده‌ها که نشان‌دهنده اثر کلی همه آلاینده‌ها بر رشد تولید این بخش هستند توضیح داده می‌شود.

ضرایب برآوردی ستانده‌های نامطلوب همان کسش ستانده‌های نامطلوب می‌باشند. این کسش‌ها به‌عنوان تغییر در ستانده مطلوب به قیمت افزایش نهایی آلودگی با فرض ثابت ماندن میزان استفاده از نهاده‌ها، تعریف می‌شوند و توصیف‌کننده روابط بین تولید و انتشار آلاینده‌ها هستند و توانایی یک بخش برای تنظیم تولید در راستای کنترل میزان

نتایج تخمین نشان از معناداری ضریب نهاده‌های کل و ضرایب ستانده‌های نامطلوب به غیر از آلاینده سولفور اکسید (SO_x) در سطح معناداری ۹۵ درصد برای بخش صنعت و همچنین معناداری ضریب نهاده‌های بکار گرفته شده و ضرایب ستانده‌های نامطلوب کربن دی اکسید (CO₂)، سولفور اکسید (SO_x)، متان (CH₄) و کربن منواکسید (CO) برای بخش حمل‌ونقل دارد. معناداری ضریب CO₂ در بخش صنعت و حمل‌ونقل بر نقش غالب انتشار این آلاینده بر رشد ستانده هر بخش تأکید دارد. ضمناً در اکثریت سال‌های مورد بررسی سهم این آلاینده از مجموع آلاینده‌های منتشره، برای بخش صنعت ۹۹ درصد و در بخش حمل‌ونقل ۹۲ درصد می‌باشد.

عدم معناداری آلاینده سولفور اکسید در بخش صنعت احتمالاً به سهم ناچیز انتشار این آلاینده در بخش صنعت (کمتر از ۰/۴ درصد) و عدم تأثیرگذاری آن بر ارزش تولید ناخالص

جدول ۳. کشتش ستانده مطلوب و نهاده‌ها

بخش حمل‌ونقل		بخش صنعت	
کشتش محاسباتی	متغیر	کشتش محاسباتی	متغیر
-۰/۳۶۹۷	رشد ارزش افزوده	-۰/۵۱۸۱	رشد ارزش افزوده
۰/۱۶۳۷	رشد نیروی کار	۰/۴۳۰۰	رشد نیروی کار
۰/۸۸۸۳	رشد سرمایه مولد	۱/۱۴۶۲	رشد سرمایه مولد
۱/۶۴۲۱	رشد سرمایه طبیعی-نفت	۰/۲۷۳۶	رشد سرمایه طبیعی-نفت
۰/۰۱۱۶	رشد سرمایه طبیعی-گاز	۰/۰۸۰۱	رشد سرمایه طبیعی-گاز

مأخذ: یافته‌های تحقیق

سپس با استفاده از روش حسابداری رشد (مطابق رابطه ۵) رشد بهره‌وری سبز به تفکیک هر دو بخش اندازه‌گیری شد. نتایج تجزیه برای بخش‌های صنعت و حمل‌ونقل ایران به ترتیب در جداول ۴ و ۵ قابل مشاهده می‌باشد:

انتشار آلاینده‌ها را توضیح می‌دهند.^۱ برای مثال نتایج جدول ۲ نشان می‌دهد با فرض ثبات سایر شرایط، انتظار می‌رود افزایش ۱ درصدی در رشد انتشار آلاینده‌های CO₂ در بخش‌های صنعت و حمل و نقل با افزایش به ترتیب ۳/۹۲ و ۱/۰۹ درصدی ارزش افزوده بخش‌های مذکور همراه شود.

عوامل کلیدی تعیین کننده کشتش ستانده‌های نامطلوب شامل مواردی چون نوآوری و ساختار تولیدی هر بخش است. در دسترس بودن و پذیرش فناوری‌های پاک‌تر نقش کلیدی در توضیح تفاوت‌ها در کشتش‌ها در بین بخش‌ها دارد. بخش‌هایی که فناوری مورد استفاده در آنها سبب می‌شود تا کاهش انتشار آلاینده‌ها در فرایند تولید با هزینه کمتری کاهش یابد، باید کشتش کمتری از خود نشان دهند. همان‌طور که در جدول ۲ نشان داده شده است، برای بخش صنعت کشتش‌های CO₂، CH₄، CO و N₂O مثبت و کشتش‌های NO_x و SPM منفی هستند. برای بخش حمل‌ونقل تنها کشتش CO₂ مثبت می‌باشد و کشتش‌های SO_x، CH₄ و CO منفی است. منفی بودن کشتش برخی آلاینده‌ها احتمالاً به غالب شدن سهم برخی صنایع منتشره کننده آن آلاینده در بخش مورد نظر در شرایطی که رشد ارزش افزوده در آن بخش به کندی صورت می‌پذیرد، مربوط می‌شود. ذکر این نکته دارای اهمیت است که رابطه بین تولید ناخالص داخلی و آلودگی ممکن است در دو جهت پیش رود؛ رشد تولید ناخالص داخلی بالاتر می‌تواند با افزایش انتشار آلاینده‌ها همراه باشد، و تلاش کم‌تر در راستای کاهش آلودگی (که با استفاده از ضریب محاسباتی ستانده‌های نامطلوب برآورد می‌شود) ممکن است بنگاه‌ها را قادر به تولید بیشتر نماید.

آماره R² نیز نشان از تبیین و توضیح نسبتاً بالای تغییرات در ارزش افزوده هر بخش توسط متغیرهای توضیحی آنها دارد. ضمناً آماره دوربین واتسون حاکی از عدم وجود خودهمبستگی بین جملات اخلاص می‌باشد.

در ادامه مطابق رابطه (۱۳) به محاسبه کشتش ستانده مطلوب پرداخته شد و همان‌طور که پیش‌تر مطرح شد، کشتش نهاده‌ها نسبت به ستانده مطلوب که بر اساس رابطه (۵)، کشتش مورد استفاده در معادله حسابداری رشد است برآورد شد. نتایج به شرح جدول ۳ می‌باشد.

۱- انتظار می‌رود کشتش ستانده نسبت به آلودگی مثبت یا صفر باشد چرا که هزینه کاهش آلودگی بسیار بالاست و لذا به‌طور معمول با افزایش تولید افزایش نمی‌یابد. با این حال در برخی موارد کشتش ستانده مطلوب نسبت به آلودگی منفی است. برای مثال در مطالعه رودریگز و همکاران (۲۰۱۸)، کشتش ستانده نامطلوب محاسباتی CH₄ برای کشور چین، کشتش CO₂ برای کشور نیوزیلند منفی بوده است، همچنین در مطالعه لی و همکاران (۲۰۲۱)، کشتش‌های محاسباتی CH₄، SO₂ و NH₃ در کشور چین طی بازه مورد بررسی رقمی منفی بوده‌است که با یافته‌های این مطالعه مطابقت دارد.

جدول ۴. نتایج حسابداری رشد: بخش صنعت

سال	رشد ارزش افزوده سبز (%)	رشد ستانده‌ها (%)			رشد نهاده‌ها (%)			رشد پسماند (%)
		رشد ارزش افزوده	رشد تلاش‌ها در راستای کاهش انتشار آلودگی	رشد سهم نیروی کار	رشد سهم سرمایه مولد	رشد سهم سرمایه طبیعی	رشد بهره‌وری سبز	
۱۳۸۰	۱۰/۵۹	۱۲/۸۳	-۲/۲۴	۱/۶۷	۱۰/۷۵	۱/۵۳	-۳/۳۷	
۱۳۸۱	۱۳/۵۸	۱۱/۸۲	۱/۷۷	۱/۲۶	۱۱/۱۳	۰/۶۷	۰/۵۲	
۱۳۸۲	۹/۷۳	۹/۹۹	-۰/۲۶	۱/۰۹	۱۰/۴۰	۱/۰۲	-۲/۷۹	
۱۳۸۳	-۲/۶۱	-۰/۱۵	-۲/۴۷	-۰/۲۷	۱۵/۲۶	-۰/۸۲	-۱۶/۷۷	
۱۳۸۴	۶/۲۴	۱۰/۴۸	-۴/۲۴	۳/۲۶	۸/۳۴	۵/۹۰	-۱۱/۲۶	
۱۳۸۵	۸/۶۳	۷/۹۶	۰/۶۷	-۰/۵۴	۷/۱۵	۰/۶۸	۰/۲۶	
۱۳۸۶	۱۹/۱۷	۱/۵۷	۱۷/۶۰	-۰/۲۹	۴/۸۲	۴/۶۶	۹/۹۸	
۱۳۸۷	۱/۹۶	۳/۶۲	-۱/۶۶	-۲/۶۹	۴/۲۸	۵/۷۲	-۵/۳۵	
۱۳۸۸	۱۰/۰۷	۷/۱۵	۲/۹۲	-۰/۳۹	۴/۰۵	-۲/۶۰	۸/۲۳	
۱۳۸۹	۱۴/۷۴	۱۰/۲۱	۴/۵۳	-۱/۰۱	۴/۴۳	-۲/۷۳	۱۴/۰۶	
۱۳۹۰	۱۵/۸۲	۶/۲۵	۹/۵۷	-۰/۸۶	۴/۴۱	-۱۱/۱۳	۲۳/۴۰	
۱۳۹۱	-۸/۲۳	-۴/۲۴	-۳/۹۹	-۰/۵۰	-۰/۵۳	۲/۰۵	-۹/۲۶	
۱۳۹۲	-۳/۱۲	-۶/۰۵	۲/۹۳	۲/۹۱	-۱/۹۴	-۲/۳۲	-۱/۷۷	
۱۳۹۳	۱۲/۳۷	۸/۰۶	۴/۳۱	-۰/۹۲	-۰/۷۵	۰/۹۶	۱۳/۰۸	
۱۳۹۴	-۱/۲۴	-۴/۸۷	۳/۶۳	-۰/۹۴	-۲/۲۴	-۴/۰۰	۴/۰۶	
۱۳۹۵	۱۰/۴۸	۶/۴۰	۴/۰۸	۱/۲۴	-۲/۱۴	-۰/۴۴	۱۱/۸۳	
۱۳۹۶	۷/۰۶	۵/۲۷	۱/۷۹	۱/۳۹	-۲/۰۹	۱/۲۱	۶/۵۴	
۱۳۹۷	-۱۰/۲۴	-۹/۴۲	-۰/۸۳	۱/۲۶	-۳/۷۱	۱/۷۲	-۹/۵۲	
۱۳۹۸	۴/۲۰	-۰/۸۳	۳/۳۸	۱/۸۲	-۴/۸۱	-۱/۰۲	۸/۲۲	

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول ۵. نتایج حسابداری رشد: بخش حمل‌ونقل

سال	رشد ارزش افزوده سبز (%)	رشد ارزش افزوده	رشد ستانده‌ها (%)			رشد پسماند (%)	
			رشد تلاش‌ها در راستای کاهش انتشار آلودگی	رشد نیروی کار	رشد سهم سرمایه مولد	رشد بهره‌وری سبز	رشد سرمایه طبیعی
۱۳۸۰	۴/۱۶	۶/۵۴	-۲/۳۹	۱/۲۵	۹/۲۹	۹/۲۹	-۱۵/۶۶
۱۳۸۱	۲/۳۰	۶/۹۴	-۴/۶۴	-۰/۸۹	۸/۱۹	۱۲/۶۸	-۱۹/۴۶
۱۳۸۲	۱۹/۴۲	۱۹/۱۴	-۰/۲۸	۱/۵۵	۹/۷۵	۹/۴۱	-۱/۲۹
۱۳۸۳	۲۹/۲۴	۳۰/۴۸	-۱/۲۴	-۰/۷۸	۱۲/۷۳	۹/۷۴	۵/۹۹
۱۳۸۴	۱/۴۵	۵/۲۱	-۳/۷۶	۱/۶۸	۵/۲۹	۹/۳۸	-۱۵/۰۰
۱۳۸۵	۶/۵۶	۷/۶۴	-۱/۰۸	-۰/۵۳	۴/۹۲	۱۱/۰۴	-۹/۹۲
۱۳۸۶	۸/۲۷	۷/۰۱	۱/۲۷	-۰/۴۳	۵/۰۴	-۲/۷۴	۵/۵۵
۱۳۸۷	۴/۷۴	۷/۸۴	-۳/۱۰	-۰/۵۱	۵/۲۸	۵/۱۲	-۶/۱۷
۱۳۸۸	۱/۴۶	۵/۴۸	-۴/۰۲	-۱/۳۶	۷/۵۴	۹/۲۸	-۱۴/۰۰
۱۳۸۹	۴/۶۷	۳/۹۱	-۰/۷۶	-۰/۵۸	۷/۸۶	-۱۶/۹۹	۱۳/۲۲
۱۳۹۰	-۰/۴۲	-۰/۳۰	-۰/۷۲	-۰/۳۴	۶/۷۸	۱/۷۶	-۸/۷۲
۱۳۹۱	۰/۳۹	۳/۰۲	-۲/۶۳	-۰/۳۱	۲/۰۸	۳/۶۷	-۵/۶۸
۱۳۹۲	-۱/۸۴	-۰/۸۶	-۲/۷۰	-۰/۲۰	۱/۵۲	۷/۶۲	-۱۱/۱۹
۱۳۹۳	-۰/۰۶	۲/۱۰	-۲/۱۶	-۰/۰۰	۲/۲۵	۱/۹۳	-۴/۲۳
۱۳۹۴	-۸/۴۳	-۷/۵۵	-۰/۸۸	۱/۱۹	۲/۵۲	-۵/۹۸	-۶/۱۶
۱۳۹۵	۷/۴۲	۸/۷۱	-۱/۳۰	-۰/۱۷	۱/۹۶	۵/۹۰	-۰/۲۷
۱۳۹۶	۴/۸۱	۶/۸۱	-۲/۰۰	-۰/۱۳	۱/۷۰	۷/۴۳	-۴/۴۵
۱۳۹۷	-۱/۳۴	۱/۴۲	-۲/۷۶	-۰/۱۵	-۰/۱۶	۱۳/۸۰	-۱۵/۴۵
۱۳۹۸	۴/۵۱	۵/۱۷	-۰/۶۷	-۰/۸۸	-۰/۳۷	۱/۳۷	۲/۶۲

مأخذ: یافته‌های تحقیق

آلودگی) است. ستون‌های ۴ تا ۶ نیز سهم هر یک از نهاده‌ها از رشد تعدیل شده را نشان می‌دهند و ستون هفتم به‌عنوان مهم‌ترین ستون نمایانگر رشد آن بخش از رشد ارزش افزوده تعدیل شده که با استفاده از رشد نهاده‌ها قابل توصیف نیست یا به عبارتی رشد بهره‌وری سبز هر بخش می‌باشد. بهره‌وری سبز هر بخش در حقیقت توانایی آن بخش در ایجاد و تولید ارزش افزوده‌ای بیش‌تر از گذشته از طریق مجموعه معینی از نهاده‌ها (از جمله منابع طبیعی داخلی) را، با در نظر گرفتن محصولات جانبی نامطلوب (آلودگی) اندازه‌گیری می‌کند.

نتایج جداول ۴ و ۵ نشان می‌دهد در طی دو دهه گذشته GMFP روندی متفاوت در دو بخش مورد مطالعه داشته‌است.

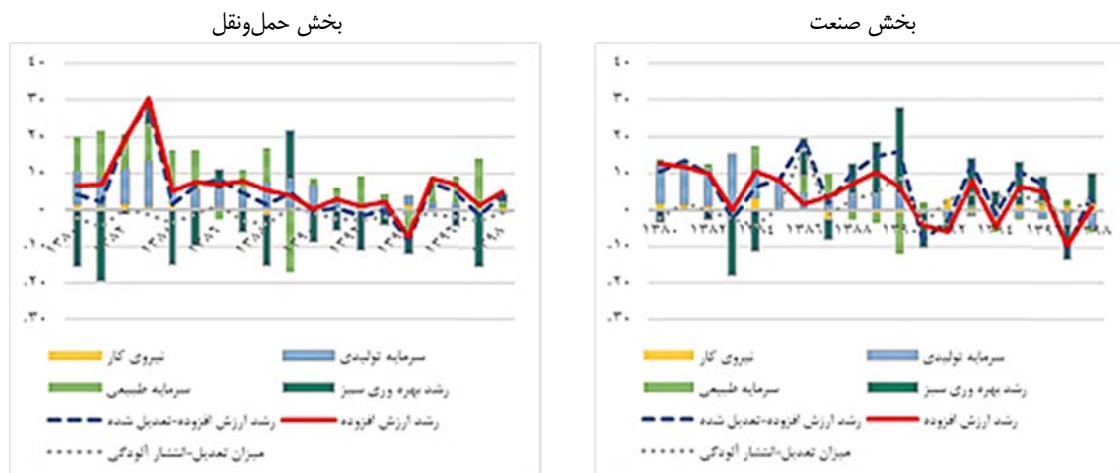
ستون اول رشد ارزش افزوده هر بخش را که متناسب با تلاش‌های بخش در جهت کاهش انتشار آلودگی تعدیل گردیده‌است (رشد سبز)، نشان می‌دهد. ستون دوم نیز نمایانگر رشد ارزش افزوده هر بخش طی سال‌های مورد بررسی می‌باشد. ستون سوم نشان‌دهنده رشد میزان تلاش‌های صورت پذیرفته توسط هر بخش در جهت کاهش انتشار آلاینده‌ها برحسب رشد ارزش افزوده است. اعداد مثبت در این ستون دلالت بر افزایش تلاش‌ها در جهت کاهش آلودگی بخش (برای مثال آلودگی در نتیجه سرمایه‌گذاری در به‌کارگیری تکنولوژی‌های پاک و کمتر آلاینده یافته‌است) و اعداد منفی به معنی کاهش تلاش‌های مذکور (و در نتیجه افزایش

استانداردهای محیط زیستی در فرایند تولید خودرو توسط خودروسازان داخلی می‌توان ارتباط داد.

در ارتباط با بخش صنعت، این بخش در سال ۱۳۸۳ کمترین میزان رشد بهره‌وری سبز در طی دوره مورد بررسی را تجربه نموده است که به اتکای بیش از اندازه تولید این بخش به سرمایه مولد و رشد بالای انتشار آلاینده‌ها به‌خصوص CO₂ و در عین حال عدم لحاظ ملاحظات زیست‌محیطی در این سال مربوط می‌شود.

در مجموع نتایج گویای آن است که هر دو بخش صنعت و حمل‌ونقل کشور در طی این سال‌ها، بخش عمده‌ای از رشد تولید خود را از طریق افزایش اتکا به نیروی کار، سرمایه مولد و سرمایه طبیعی (به‌خصوص در بخش حمل‌ونقل) ایجاد کرده‌اند و به تغییرات فنی کمتر که بهبود دهنده رشد بهره‌وری می‌باشد، توجه نموده‌اند که قطعاً ادامه این روند می‌تواند چشم‌انداز رشد بلندمدت آنان را به خطر بیاندازد. جزئیات و اجزای رشد ارزش افزوده هریک از دو بخش در نمودار ۱ ترسیم شده است.

نمودار ۱. اجزای رشد ارزش افزوده بخش صنعت و حمل‌ونقل تحت چارچوب حسابداری رشد سبز



مأخذ: یافته‌های پژوهش

هر دو بخش به استخراج منابع طبیعی نامبرده می‌باشد. نکته جالب توجه اتکای بیشتر بخش صنعت به گاز طبیعی و اتکای بسیار بالای بخش حمل‌ونقل به نفت خام به‌عنوان سرمایه طبیعی طی دو دهه گذشته می‌باشد. نمودار ۲ میزان مشارکت این دو نهاد از رشد ارزش افزوده هر دو بخش را ترسیم می‌نماید.

به‌طور میانگین رشد بهره‌وری سبز در بخش صنعت معادل ۲/۱۱ درصد بوده است، در حالی که بخش حمل‌ونقل رشدی رقمی معادل ۵/۰۸- درصد را تجربه نموده است، که قطعاً این موضوع سبب ایجاد مشکلاتی در رشد اقتصادی این بخش در بلندمدت به موجب عدم اتخاذ تصمیمات سیاستی بر مبنای معیارهای درست خواهد شد.

نتایج حاکی از آن است که رشد ارزش افزوده بخش حمل‌ونقل تا حد بسیار زیادی به مشارکت بالای سرمایه طبیعی و نه رشد بهره‌وری سبز مربوط است. در طی دو دهه مورد بررسی از ۴/۵۹ درصد رشد متوسط ارزش افزوده تعدیل شده (سبز) بخش حمل‌ونقل، سهم سرمایه طبیعی ۴/۹۳ درصد (سهم نفت ۴/۷۷ و گاز طبیعی معادل ۰/۱۶ درصد) بوده است در حالی که سهم نیروی کار و سرمایه مولد به ترتیب معادل ۰/۴۹ و ۴/۹۸ درصد از رشد سبز بود است. روند رشد منفی بهره‌وری سبز در بخش حمل‌ونقل را به میزان بسیار زیادی به فرسوده بودن ناوگان حمل‌ونقل کشور و عدم رعایت

سهم سرمایه طبیعی در رشد ارزش افزوده تعدیل شده هر بخش نشان‌دهنده میزان تکیه آن بخش به استخراج منابع طبیعی برای ایجاد رشد اقتصادی است. رشد مثبت سهم سرمایه طبیعی از ارزش افزوده نشان‌دهنده افزایش استفاده آن بخش، از منابع طبیعی و رشد منفی آن نشان‌دهنده کاهش استفاده از آن می‌باشد. رشد مثبت سهم سرمایه طبیعی از رشد تولید هر دو بخش به طور متوسط نشانگر اتکای نسبتاً بالای

۱- در این مطالعه به دلیل محدودیت‌های آماری تنها به بررسی سهم نفت خام و گاز

طبیعی به عنوان سرمایه طبیعی مورد استفاده در این دو بخش پرداخته شد.

نمودار ۲. تغییر در سهم سرمایه طبیعی



مأخذ: یافته‌های پژوهش

مربوط به تعدیل آلودگی‌های منتشره توسط بخش صنعت طی سال‌های مورد بررسی معادل $2/18$ درصد بوده است. در بخش حمل‌ونقل اما شاخص تعدیل آلودگی دارای روندی کاملاً متفاوت می‌باشد. متوسط رشد این شاخص در بخش مذکور معادل $-5/80$ می‌باشد که نشان از عدم اتخاذ هرگونه تصمیم مناسب در جهت کاهش آلودگی‌ها در بخش مذکور دارد.

در ادامه با توجه به هدف پژوهش حاضر که همانا مقایسه بهره‌وری سبز با بهره‌وری متعارف می‌باشد، پس از محاسبه بهره‌وری سبز هر بخش، بهره‌وری هر یک از دو بخش به شیوه متعارف حسابداری رشد محاسبه گردید. بهره‌وری متعارف را می‌توان نوعی خاص از بهره‌وری سبز در نظر گرفت که استفاده از سرمایه طبیعی (به‌عنوان نهاده) و انتشار آلودگی به‌عنوان ستانده نامطلوب در تابع تولید در نظر گرفته نمی‌شود. در این حالت رابطه (۴) به‌صورت زیر بازنویسی می‌شود:

$$\frac{\partial \ln MFP}{\partial t} \equiv \frac{\partial \ln Y}{\partial t} - \varepsilon_{YL} \frac{\partial \ln L}{\partial t} - \varepsilon_{YK} \frac{\partial \ln K}{\partial t} \quad (15)$$

کشش‌های تابع تبدیل نسبت به L و K نیز در روش سنتی مطابق پیشنهاد برانت و همکاران (۲۰۱۳) معادل سهم هر یک در ترکیب نهاده‌ها می‌باشند.

تعدیل رشد ارزش افزوده هر بخش بر مبنای کاهش انتشار آلودگی، به اندازه‌گیری این مورد که تا چه اندازه رشد ارزش افزوده هر بخش تحت تأثیر تلاش‌ها در راستای کاهش میزان انتشار آلاینده‌ها است می‌پردازد. در بخش‌هایی که میزان انتشار آلاینده‌ها در طول زمان افزایش یافته است (میزان تعدیل منفی است)، این شاخص بینش‌هایی را در این مورد که چه میزان ارزش افزوده به قیمت کاهش کیفیت محیط‌زیست ایجاد می‌شود، ارائه می‌دهد. از طرف دیگر در بخش‌هایی که میزان انتشار آلاینده در آنها کاهش یافته است (یعنی میزان تعدیل مثبت است) این شاخص نشان دهنده (حداقل) حفظ رشد ارزش افزوده سابق به دلیل تلاش‌ها در جهت کاهش آلودگی است. این شاخص نتیجه کشش ستانده نسبت به ستانده نامطلوب (آلودگی) و تغییر در سطح آلودگی منتشره است. میزان این تعدیل‌ها به شدت تحت تأثیر قابلیت‌های فناورانه (برای مثال روش‌های نوآورانه جهت کاهش آلودگی) و تغییرات ساختاری اقتصادی (برای مثال حرکت به سمت صنایع کم‌تر آلاینده) هستند. این عوامل به نوبه خود می‌توانند تحت تأثیر سیاست‌های محیط‌زیستی و چرخه تجاری قرار گیرند.

روند رشد میزان تعدیل آلودگی در بخش صنعت برای آلاینده CO_2 طی سال‌های مورد بررسی روندی مثبت و قابل قبول می‌باشد، که نشان از تلاش‌های این بخش در زمینه کاهش انتشار آلاینده دارد. در حقیقت متوسط رشد شاخص

جدول ۶. نتایج حسابداری رشد به شیوه متعارف

بخش حمل‌ونقل				بخش صنعت				سال
رشد پسماند (%)	رشد نهاده‌ها (%)		رشد ستانده‌ها (%)	رشد پسماند (%)	رشد نهاده‌ها (%)		رشد ستانده‌ها (%)	
رشد بهره‌وری	رشد سهم سرمایه مولد	رشد سهم نیروی کار	رشد ارزش افزوده	رشد بهره‌وری	رشد سهم سرمایه مولد	رشد سهم نیروی کار	رشد ارزش افزوده	
-۳/۱۹	۸/۵۸	۱/۱۵	۶/۵۴	۵/۰۸	۶/۷۰	۱/۰۴	۱۲/۸۳	۱۳۸۰
-۲/۴۵	۸/۴۶	-۰/۹۲	۶/۹۴	۴/۰۶	۶/۹۷	-۰/۷۹	۱۱/۸۲	۱۳۸۱
۷/۹۲	۹/۶۸	۱/۵۴	۱۹/۱۴	۲/۷۶	۶/۵۴	-۰/۶۸	۹/۹۹	۱۳۸۲
۱۶/۴۰	۱۳/۲۷	-۰/۸۱	۳۰/۴۸	-۹/۶۹	۹/۷۲	-۰/۱۷	-۰/۱۵	۱۳۸۳
-۳/۶۶	۶/۷۶	۲/۱۱	۵/۲۱	۲/۴۶	۵/۷۶	۲/۲۵	۱۰/۴۸	۱۳۸۴
۱/۰۴	۵/۹۵	-۰/۶۴	۷/۶۴	۲/۷۲	۴/۸۷	-۰/۳۷	۷/۹۶	۱۳۸۵
۱/۶۸	۴/۹۱	-۰/۴۲	۷/۰۱	-۱/۵۰	۳/۲۶	-۰/۲۰	۱/۵۷	۱۳۸۶
۱/۷۷	۵/۵۴	-۰/۵۴	۷/۸۴	۲/۴۸	۳/۰۷	-۱/۹۳	۳/۶۲	۱۳۸۷
-۰/۷۳	۵/۷۹	-۱/۰۴	۵/۴۸	۴/۳۶	۲/۵۵	-۰/۲۴	۷/۱۵	۱۳۸۸
-۳/۳۱	۶/۷۲	-۰/۴۹	۳/۹۱	۸/۰۰	۲/۸۶	-۰/۶۵	۱۰/۲۱	۱۳۸۹
-۶/۸۴	۷/۴۰	-۰/۲۷	-۰/۳۰	۳/۹۶	۲/۸۴	-۰/۵۶	۶/۲۵	۱۳۹۰
-۰/۷۹	۱/۹۴	-۰/۲۹	۳/۰۲	-۳/۶۰	-۰/۳۳	-۰/۳۱	-۴/۲۴	۱۳۹۱
-۰/۹۵	۱/۵۹	-۰/۲۱	-۰/۸۶	-۶/۶۷	-۱/۲۳	۱/۸۵	-۶/۰۵	۱۳۹۲
-۰/۱۹	۲/۳۰	-۰/۰۰	۲/۱۰	۹/۱۳	-۰/۴۸	-۰/۵۹	۸/۰۶	۱۳۹۳
-۱۰/۱۷	۱/۷۸	-۰/۸۴	-۷/۵۵	-۴/۱۱	-۱/۳۲	-۰/۵۵	-۴/۸۷	۱۳۹۴
۷/۴۸	۱/۳۵	-۰/۱۲	۸/۷۱	۶/۹۱	-۱/۲۲	-۰/۷۰	۶/۴۰	۱۳۹۵
۵/۳۰	۱/۴۰	-۰/۱۰	۶/۸۱	۵/۶۸	-۱/۲۲	-۰/۸۱	۵/۲۷	۱۳۹۶
۱/۰۴	-۰/۲۰	-۰/۱۸	۱/۴۲	-۷/۸۵	-۲/۳۷	-۰/۸۱	-۹/۴۲	۱۳۹۷
۴/۷۵	-۰/۳۰	-۰/۷۲	۵/۱۷	۲/۶۱	-۲/۸۶	۱/۰۸	-۰/۸۳	۱۳۹۸

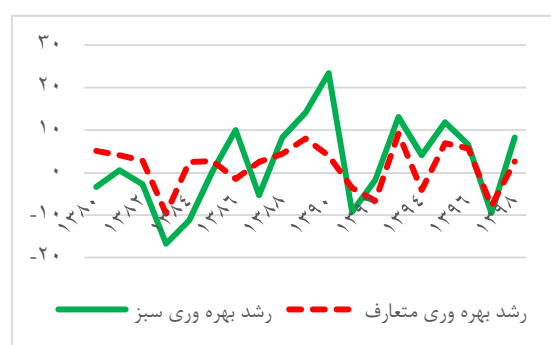
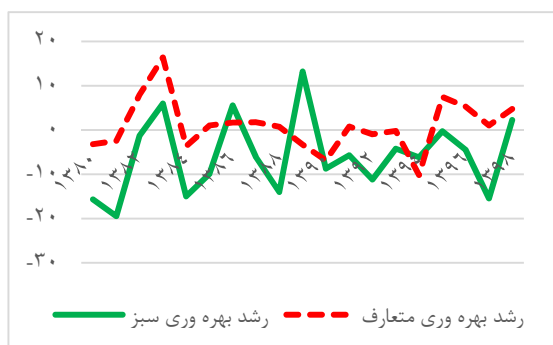
مأخذ: یافته‌های پژوهش

در نهایت به مقایسه بهره‌وری سبز محاسبه شده بخش‌ها با بهره‌وری متعارف به صورت نمودار ۳ پرداخته شد.

نمودار ۳. مقایسه رشد بهره‌وری سبز و بهره‌وری متعارف دو بخش صنعت و حمل‌ونقل

بخش حمل‌ونقل

بخش صنعت



مأخذ: یافته‌های پژوهش

مقایسه دو معیار پرداخته شد.

یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد که میانگین رشد بهره‌وری مرسوم محاسبه شده برای بخش صنعت و حمل‌ونقل در بازه مورد بررسی به ترتیب برابر با ۱/۴۱ و ۰/۹۶ می‌باشد در حالی که متوسط رشد بهره‌وری سبز برای بخش صنعت معادل ۲/۱۱ و برای بخش حمل‌ونقل ۵/۸- برآورد شده است و تقریباً در همه سال‌ها تفاوت این دو معیار زیاد و غیرقابل اغماض می‌باشد. کمتر بودن متوسط رشد بهره‌وری متعارف از متوسط رشد بهره‌وری سبز در بخش صنعت نشانگر کمتر از حد برآورد کردن روند توسعه و بهبود در بخش صنعت در نتیجه نادیده گرفتن اثرات زیست‌محیطی تولید در فرایند برآورد شاخص‌های بهره‌وری است. بالاتر بودن رشد بهره‌وری متعارف نسبت به بهره‌وری سبز برای بخش حمل‌ونقل نیز دلالت بر آن دارد که بهره‌وری متعارف کیفیت توسعه اقتصادی و روند بهبودی شرایط در بخش مذکور را به غلط مطلوب‌تر از شرایط واقعی برآورد نموده است و در حقیقت ارزیابی درستی از عملکرد بخش مذکور نخواهد داشت، که در هر دو حالت این اطلاعات نادرست به اتخاذ تصمیم‌های سیاستی نادرست برای بخش‌ها و تهدید پایداری محیط‌زیست و به تبع آن رشد تولید در بلندمدت منجر خواهد شد (به‌خصوص بخش حمل‌ونقل در مطالعه حاضر).

نتایج بخش صنعت همسو با مطالعات فره و همکاران (۲۰۰۱) و آیکن و پاسورکا (۲۰۰۹) در مطالعات دسته اول (مطابق با دسته‌بندی انجام شده در قسمت پیشینه تحقیق) و برای بخش حمل‌ونقل با مطالعات رزک و پرین (۲۰۰۴) و ماناگی و جنا (۲۰۰۸) در دسته دوم سازگار می‌باشد.

نکته حائز اهمیت، توجه بیشتر بخش صنعت به روند نزولی استفاده از سرمایه طبیعی و افزایش تلاش‌های این بخش به کاهش انتشار آلاینده‌ها در دو سوم سال‌های انتهایی بازه مورد بررسی است. در حالی که تقریباً تلاشی در جهت کاهش آلودگی بخش حمل‌ونقل طی سال‌های بررسی صورت نپذیرفته است و همواره سهم سرمایه طبیعی از تولید این بخش قابل توجه بوده است.

با توجه به نتایج مطالعه و وجود تفاوت‌های غیر قابل اغماض در دو شاخص بهره‌وری متعارف و سبز و با توجه به نقش اثرگذار دو بخش مورد مطالعه بر رشد اقتصادی پایدار کشور، پیشنهاد می‌شود ضمن توجه به وضعیت اقتصادی کشور به مبحث حفاظت از منابع طبیعی و نیز انتشار آلاینده و گازهای گلخانه‌ای در این دو بخش توجه بیشتری شده و اتخاذ راهبرد

نتایج محاسبه شده نشان از وجود تفاوت معنادار بین دو شاخص بهره‌وری سبز و بهره‌وری متعارف دارد. در سال‌های اولیه مورد بررسی در بخش صنعت نتایج نشان از بالاتر بودن نرخ رشد بهره‌وری متعارف از بهره‌وری سبز دارد. در حقیقت این موضوع حکایت از افزایش میزان انتشار آلاینده و افزایش استفاده از نهاده سرمایه طبیعی و به نوعی شدیدتر شدن آسیب‌های وارده به محیط‌زیست طی این سال‌ها دارد. لذا تعدیل رشد بهره‌وری به سمت پایین خواهد بود. اما در ادامه برای سال‌های بعد از ۱۳۸۸ در این بخش روند متفاوت می‌باشد به گونه‌ای که رشد بهره‌وری متعارف کمتر و در برخی سال‌ها تقریباً برابر با بهره‌وری تعدیل شده (سبز) است. این مسئله نشان از کاهش میزان انتشار آلاینده و میزان استفاده از سرمایه طبیعی طی این سال‌ها داشته است و در عین حال این بخش با افزایش تأثیرگذاری سیاست‌های محیط‌زیستی بخش صنعت روبه‌رو بوده است.

برای بخش حمل‌ونقل نیز در اکثریت سال‌های مورد بررسی بهره‌وری متعارف بالاتر از بهره‌وری سبز می‌باشد که نشان از روند صعودی میزان آسیب‌های وارده به محیط‌زیست در این بخش دارد. ضمن آنکه میزان استفاده از سرمایه طبیعی در این بخش همواره بالا بوده است و در عین حال کمترین تلاش‌ها در راستای کاهش انتشار آلاینده و بهبود محیط‌زیست توسط این بخش صورت پذیرفته است که بیانگر وضعیتی نگران‌کننده است.

۴- جمع‌بندی و توصیه‌های سیاستی

در این مطالعه سعی شد با استفاده از روش حسابداری رشد گسترش یافته (چارچوب مورد استفاده OECD) و وارد نمودن سرمایه طبیعی از جمله نفت و گاز طبیعی به‌عنوان نهاده و همچنین ۷ نوع آلاینده جوی به‌عنوان ستانده نامطلوب در تابع تولید بخش‌های صنعت و حمل‌ونقل کشور به محاسبه رشد شاخص بهره‌وری سبز به‌عنوان یکی از تأثیرگذارترین معیارها در تصمیم‌گیری‌های سیاستی، طی سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۸ پرداخته شود. اندازه‌گیری‌های ستانده‌ها و نهاده‌ها یکی از ضروریات استفاده از روش حسابداری رشد بسط یافته می‌باشد، لذا پس از محاسبه کشش نهاده‌ها با رویکرد حداکثر سازی سود، به برآورد کشش ستانده‌ها با استفاده از روش رگرسیون‌های به‌ظاهر نامرتب پرداخته شد و سپس رشد بهره‌وری سبز برای دو بخش محاسبه گردید. در نهایت پس از محاسبه بهره‌وری دو بخش با استفاده از روش حسابداری رشد مرسوم (عدم لحاظ سرمایه طبیعی و ستانده‌های نامطلوب) به

اجرای آن اصرار می‌ورزند که خود تهدیدی برای رشد اقتصادی پایدار خواهد بود. ایران به‌عنوان کشوری در مسیر توسعه، همواره در چند دهه گذشته به حفظ محیط‌زیست و استفاده بهینه از اجزای آن برای دستیابی به رشد اقتصادی پایدار و عدالت بین نسلی در قوانین بالادستی تأکید داشته‌است و به نظر می‌رسد تأکید ویژه بر استفاده از شاخص‌های اقتصادی مناسب و به طور ویژه بهره‌وری سبز در تصمیم‌های سیاستی جهت هدایت بخش‌های اقتصادی کشور به سوی این اهداف نقشی کلیدی بر عهده خواهند داشت.

رشد اقتصادی با محوریت بهره‌وری سبز در افق زمانی بلندمدت، از یک انتخاب به یک ضرورت تبدیل شود. چرا که در نظر نگرفتن این مهم و نادیده گرفتن شاخص‌های سازگار با محیط زیست چون بهره‌وری سبز موجب می‌شود تا در نتیجه اتخاذ تصمیم‌های نادرست، سرمایه‌گذاری‌ها در سطح برنامه‌ریزی‌های کلان اقتصادی به درستی انجام نپذیرد و عدم ارزش‌گذاری مناسب منابع محیط زیستی به تضعیف محیط‌زیست منجر شود. همچنین به موجب اطلاعات نادرست دریافتی از شاخص‌های ناکامل در برخی موارد، سیاست‌گذاران به اشتباه سیاست‌های اجرایی خود را موفق ارزیابی نموده و بر

منابع

حکم اللهی، یاسمن؛ طیب نیا، علی و مهرآرا، محسن (۱۴۰۱). "بررسی اثر آزادسازی تجاری و تغییرات ساختاری بر بهره‌وری کل عوامل در کشورهای منتخب (۲۰۰۰-۲۰۱۸)". فصلنامه پژوهش‌های رشد و توسعه اقتصادی، دوره ۱۲، شماره ۴۸، ۲۸-۱۵.

اداره حساب‌های اقتصادی (۱۳۹۷). بهره‌وری در اقتصاد ایران طی سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۹۵، بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، معاونت اقتصادی، مدیریت کل اقتصادی. اردیبهشت ماه ۱۳۹۷. ۶۸-۱.

Aiken, D. V. & Pasurka, C. (2003). "Adjusting the Measurement of US Manufacturing Productivity for Air Pollution Emissions Control". *Resource and Energy Economics*, 5(4), 329-351.

Ball, V. E., Lovell, C. A. K., Nehring, R. & Somwaru, A. (2004). "Incorporating Environmental Impacts in the Measurement of Agriculture Productivity Growth". *Journal of Agricultural and Resource Economics*, 29(3), 436-460.

Barro, R. (1998). "Notes on Growth Accounting". *National Bureau of Economic Research Working Paper*, 6654 (13), 1-32.

Brandt, N. (2012). "Green Productivity". *Presentation Delivered at the OECD Green Growth and Sustainable Development Forum*, Paris, France, 23.

Brandt, N., Schreyer, P. & Zipperer, V. (2014). "Productivity Measurement with Natural Capital and Bad Outputs". *OECD Economics Department Working Papers*, OECD Publishing, 1154, 1-37.

Brandt, N., Schreyer, P. & Zipperer, V. (2013). "Productivity Measurement with

Natural Capital". *OECD Economics Department Working Papers*, OECD Publishing, 1092, 1-28.

Baum, C. F. (2006). "An Introduction to Modern Econometrics Using Stata". *A Stata Press Publication*. at 237.

Cárdenas Rodríguez, M., Hašičič, I. & Souchier, M. (2018). "Environmentally Adjusted Multifactor Productivity: Methodology and Empirical Results for OECD and G20 Countries". *OECD Green Growth Papers*, OECD Publishing, Paris, 2018/02, 1-78.

Chapple, W. & Harris, R. (2003). "Accounting for Solid Waste Generation in Measures of Regional Productivity Growth". *Research Paper Series*. 01-2003 ICCSR.

Fallahi, F., Porebadallahan, M., Sadeghi, S. K. & Shokri, T. (2022). "Economic Growth and Environment Quality: New Evidence Using Continuous Wavelet". *Economic Growth and Development Research*, 12(47), 37-52. (In Persian).

Färe, R., Grosskopf, S. & Pasurka, C. (2001). "Accounting for Air Pollution

- Emissions in Measures of State Manufacturing Productivity Growth". *Journal of Regional Science*, 41 (3), 381-409.
- Ferjani, A. (2008). "Environmental Regulation and Productivity: a Data Envelopment Analysis for Swiss Dairy Farms". *Agricultural Economics Review*, 12(1), 45-55.
- Hailu, A. & Veeman, T. (2000). "Environmentally Sensitive Productivity Analysis of the Canadian Pulp and Paper Industry, 1959-1994: an Input Distance Function Approach". *Journal of Environmental Economics and Management*, 40(3), 251-274.
- Harchaoui, T. M., Kabrelyan, D. & Smith, R. (2002). "Accounting for Greenhouse Gases in the Standard Productivity Framework". Ottawa: Statistics Canada, 11F0027(007), 1-16.
- Hua, Ch. & Wang, K. (2023). "Multi-Factor Productivity Growth with Natural Capital and Undesirable Output: A Measurement for OECD and G20 Countries". *Journal of Innovation and Green Development*, 100039(2), 1-14.
- Kirikaleli, D., Adebayo, T. S., Khan, Z. & Ali, S. (2020). "Does Globalization Matter for Ecological Footprint in Turkey? Evidence from Dual Adjustment Approach". *Environmental Science and Pollution Research*, 28(1), 1-9.
- Kumar, S. (2006). "Environmentally Sensitive Productivity Growth: A Global Analysis Using Malmquist-Luenberger Index". *Ecological Economics*, 56, 280-293.
- Kumar, S. & Khanna, M. (2009). "Measurement of Environmental Efficiency and Productivity: a Cross-Country Analysis". *Environment and Development Economics*, 14, 473-495.
- Liu, G., Wang, B., Cheng, Z. & Zhang, N. (2020). "The Drivers of China's Regional Green Productivity, 1999-2013". *Journal of Resources, Conservation & Recycling*, 153, 32-48.
- Managi, S. & Jena, P. (2008). "Environmental Productivity and the Kuznets Curve in India". *Ecological Economics*, 65(2), 432-440.
- Nanere, M., Fraser, I., Quazi, A. & D'Souza, C. (2007). "Environmentally Adjusted Productivity Measurement: An Australian Case Study". *Journal of Environmental Management*, 85(2), 350-362.
- Repetto, R. (2006). "Measuring the True Productivity Gains from Environmental Technology Improvements". *The International Handbook on Environmental Technology Management*, 40(1), 46-57.
- Rezek, J. & Perrin, R. (2004). "Environmentally Adjusted Agricultural Productivity in the Great Plains". *Journal of Agricultural and Resource Economics*, 29(2), 346-369.
- Shen, Zh., Boussemart, J. P. & Leleu, H. (2017). "Aggregate Green Productivity Growth in OECD's Countries". *International Journal of Production Economics*, 189, 30-39.
- Shen, Y. & Sean, G. (2002). "In Report of The APO 2nd World Conference On Green Productivity". Manila, Philippines, 9-13 December 2002.
- Tao, F., Zhang, H., & Xia, X. (2016). "Decomposed Sources of Green Productivity Growth for Three Major Urban Agglomerations in China". *Energy Procedia*, 104, 481-486.
- Tuttle, T. & Heap, J. (2008). "Green Productivity: Moving the Agenda". *International Journal of Productivity and Performance Management*, 57(1), 93-106.
- Wei-Ming, L., Xian-Neng, A., Hua, L. & Shi-Ji, G. (2021). "Environmentally Adjusted Multifactor Productivity in China". *OECD Economics Department Working Papers*, OECD Publishing. JT03491900.

Yu-Ying Lin, E., Chen, P. Y. & Chen, C. C. (2013). "Measuring Green Productivity of Country: A Generalized Metafrontier Malamquist Productivity Index Approach". *Journal of Energy*, 55, 340-353.

Zheng, J., Bigsten, A. & Hu, A. (2009). "Can China's Growth be Sustained? A Productivity Perspective". *World Development*, 37, 874-888.