

Drivers of Productivity Growth in Iran's Mining Sector

Mohammad Javad Haddadi¹, Mahmood Mahmoodzadeh² 

Masoud Soufimajidpour³

1. Ph.D. Candidate, Department of Economic, Fi.C., Islamic Azad University, Firoozkooh, Iran. Email: javad.haddadi2040@gmail.com
2. Associate Professor, Department of Economic, Fi.C., Islamic Azad University, Firoozkooh, Iran. (Corresponding Author) Email: ma.mahmood@iau.ac.ir
3. Assistant Professor, Department of Economic, Fi.C., Islamic Azad University, Firoozkooh, Iran. Email: masoud.soufimajidpour@iau.ac.ir

Abstract

This study analyzes the drivers of total factor productivity (TFP) growth across 36 mining activities in Iran from 2012 to 2021 (1391–1400 in the Iranian calendar). TFP growth is decomposed into technical progress, technical efficiency change, and scale efficiency change using a translog production function and a stochastic frontier model. The results show that labor elasticity (0.99) exceeds capital elasticity (0.28), indicating a labor-intensive structure and increasing returns to scale. TFP growth increased from -0.012% in 2013 to 0.493% in 2021, with an average annual growth rate of 0.207% . Technical progress was the primary contributor (0.193%), followed by scale efficiency change (0.011%) and technical efficiency change (0.003%). Iron ore mining recorded the highest TFP growth (0.277%), while precious and semi-precious stone extraction had the lowest (0.138%). Overall, technical progress emerged as the dominant driver of productivity improvements across all sectors.

Article information

Review History:

Received: dec. 7, 2024
Revised: dec. 26, 2024
Accepted: jan. 19, 2025

Keywords:

Mining
Productivity
Scale Efficiency
Technical Efficiency
Technical Progress

JEL Classification:

D24, O33, L72

Corresponding Author:

ma.mahmood@iau.ac.ir



Aim and Introduction

The mining sector is strategically vital to Iran's economic development due to its abundant mineral resources. However, its contribution to GDP remains limited compared to industry and agriculture. This study examines the determinants of TFP growth in 36 mining activities between 2012 and 2021, decomposing productivity into technical progress, technical efficiency change, and scale efficiency change. The findings aim to support evidence-based policymaking and strategic investment planning in the sector.

Methodology

To estimate TFP growth and its components, a translog production function was specified and estimated using panel data from 36 mining activities. A stochastic frontier model was applied to assess technical and scale efficiency. The analysis covers the period 2012–2021 and utilizes data on labor, capital, and output levels for each activity. Productivity growth was decomposed into:

- Technical Progress: Technological improvements and advancements in production processes;
- Technical Efficiency Change: Changes in the effectiveness of converting inputs into outputs using existing technology;
- Scale Efficiency Change: Gains or losses due to deviations from optimal production scale.

Results and Discussion

The results indicate that Iran's mining sector is labor-intensive, with labor elasticity (0.99) significantly higher than capital elasticity (0.28). TFP growth showed an upward trend, rising from -0.012% in 2013 to 0.493% in 2021, averaging 0.207% annually. Decomposition analysis reveals that technical progress contributed 0.193% per year, scale efficiency change contributed 0.011% , and technical efficiency change contributed 0.003% . Among the mining activities, iron ore mining achieved the highest TFP growth (0.277%), while precious and semi-precious stone extraction had the lowest (0.138%). Eighteen activities exceeded the average TFP growth rate. The sector's labor-intensive nature and vulnerability to external shocks, such as international sanctions and commodity price fluctuations, are also discussed.

Conclusion

Technical progress is the main driver of TFP growth in Iran's mining sector, while technical and scale efficiency changes played minor roles. To enhance productivity, the sector should focus on technological adoption, workforce development, and infrastructure improvements.

Recommendations

1. Technology Adoption: Promote modern mining technologies and automation to boost operational efficiency.
2. Workforce Development: Enhance labor skills through training programs to support advanced machinery use.
3. Policy Support: Implement policies encouraging innovation, private investment, and sustainable practices.
4. Infrastructure Development: Upgrade transport, energy, and communication systems to facilitate efficient mining operations.

پیشران‌های رشد بهره‌وری فعالیت‌های معدنی ایران

محمد جواد حدادی^۱، محمود محمودزاده^۲ ID، مسعود صوفی مجیدپور^۳

۱. دانشجوی دکتری، گروه اقتصاد، واحد فیروزکوه، دانشگاه آزاد اسلامی، فیروزکوه، ایران. javad.haddadi2040@gmail.com

۲. دانشیار، گروه اقتصاد، واحد فیروزکوه، دانشگاه آزاد اسلامی، فیروزکوه، ایران (نویسنده مسئول) ma.mahmood@iau.ac.ir

۳. استادیار، گروه اقتصاد، واحد فیروزکوه، دانشگاه آزاد اسلامی، فیروزکوه، ایران. masoud.soufimajidpour@iau.ac.ir

چکیده	اطلاعات مقاله
هدف از نگارش این مقاله، تجزیه منابع رشد بهره‌وری کل عوامل تولید ۳۶ فعالیت معدنی بر حسب سه جزء پیشرفت فنی، تغییرات کارایی فنی و تغییر کارایی مقیاس در دوره ۱۴۰۰-۱۳۹۱ است. برای برآورد تابع تولید از تابع تولید ترانسلوگ و برای برآورد کارایی، از مدل مرزی تصادفی استفاده شده است. یافته‌ها نشان می‌دهد، برای تمامی فعالیت‌ها، کشش نیروی کار بیش از کشش تولیدی سرمایه است. متوسط کشش تولیدی نیروی کار ۰/۹۹ و کشش تولیدی سرمایه ۰/۲۸ برآورد می‌شود و بنابراین، بازدهی نسبت به مقیاس در صنعت معدن فزاینده است. افزون بر این، نتایج نشان می‌دهد، رشد بهره‌وری روند صعودی داشته و از ۰/۱۲- درصد در سال ۱۳۹۲ به ۰/۴۹۳ درصد در سال ۱۴۰۰ افزایش یافته است. متوسط رشد بهره‌وری فعالیت‌های معدنی ۰/۲۰۷ درصد بوده و از این مقدار، ۰/۱۹۳ درصد پیشرفت فنی، ۰/۰۰۳ درصد تغییر کارایی فنی و ۰/۰۱۱ درصد اثرات مقیاس است. بنابراین، پیشران رشد بهره‌وری فعالیت‌های معدنی، پیشرفت فنی بوده، همچنین، رشد بهره‌وری کل در تمامی فعالیت‌ها مثبت است. بیشترین رشد بهره‌وری مربوط به فعالیت استخراج سنگ آهن (۰/۲۷۷ درصد) و کمترین رشد مربوط به فعالیت سنگ‌های قیمتی و نیمه‌قیمتی (۰/۱۳۸ درصد) است. ۱۸ فعالیت بیش از متوسط (۰/۲۰۷ درصد) رشد داشته‌اند. در همه فعالیت‌ها، پیشرفت فنی، مهم‌ترین محرک رشد بهره‌وری بوده است.	تاریخچه داوری: دریافت: ۱۴۰۳/۹/۱۷ بازنگری: ۱۴۰۳/۱۰/۱۶ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۳۰ انتشار آنلاین: ۱۴۰۴/۶/۱۶
	کلمات کلیدی: بهره‌وری پیشرفت فنی کارایی فنی کارایی مقیاس معدن
	طبقه‌بندی JEL: D24, O33, L72
	نویسنده مسئول: ma.mahmood@iau.ac.ir

۱. مقدمه

بخش معدن به دلیل وابستگی دیرینه انسان به منابع طبیعی، صنعت بسیار قدیمی است. از عصر حجر صنعت معدن توسعه یافته و به تدریج شکل امروزی را به خود گرفته است. پتانسیل‌ها و ظرفیت‌های معدن نیز به یک کشور کمک می‌کند تا رشد اقتصادی خود را کنترل کند. به عنوان مثال، کشورهای خاورمیانه در استخراج نفت موفق بوده‌اند و طی سال‌های اخیر، به رشد اقتصادی خوبی دست یافته‌اند؛ اما تنها وجود منابع برای تضمین رشد اقتصادی کافی نیست و لازم است فعالیت‌های نوآورانه و مدرن که سبب بهبود بهره‌وری می‌شوند، در فرایندهای تولید معدنی به کار گرفته شوند (حسین و همکاران^۱، ۲۰۲۱).

در ایران نیز بخش معدن و صنایع معدنی از جمله بخش‌های حیاتی به حساب می‌آیند و رشد این بخش می‌تواند نقش مهمی در توسعه اقتصادی کشور داشته باشد. به بیان دیگر، منابع معدنی از مهم‌ترین مزیت‌های نسبی ایران است. طبق آخرین گزارش‌ها، ایران با داشتن ۲۷/۳ تریلیون دلار منابع معدنی شامل نفت، گاز، ذغال سنگ، سنگ آهن، کروم، مس و غیره، در جایگاه پنجم جهان پس از کشورهای روسیه، آمریکا، عربستان و کانادا قرار گرفته است (استاتیستا^۲، ۲۰۲۳). به رغم اینکه بخش معدن ایران این پتانسیل را دارا است تا از جمله پیشران‌های توسعه صنعتی کشور باشد، اما در حال حاضر در مقایسه با سایر بخش‌ها نتوانسته از جایگاه مناسبی برخوردار باشد.

طبق آخرین آمارها، سهم بخش معدن از تولید ناخالص داخلی کشور در سال ۱۴۰۱ حدود ۲/۵ درصد است؛ در حالی که در همین سال سهم بخش صنعت ۲۰/۵ درصد، سهم گروه کشاورزی ۱۳/۱ درصد، گروه نفت و گاز ۱۱/۸ درصد و گروه ساختمان ۵/۴ درصد بوده است (بانک مرکزی، ۱۴۰۲). همین آمارها جایگاه نه چندان مناسب این بخش را نسبت به سایر بخش‌ها نشان می‌دهد. از آنجا که بسیاری از تولیدات با مواد معدنی در ارتباط هستند، اهمیت صنایع معدنی حیاتی می‌شود. بخش معدن و صنایع معدنی به عنوان پیشران اقتصاد شناخته می‌شود که با متحول شدن آن، سایر بخش‌های صنعتی و اقتصادی کشور نیز می‌توانند تغییرات خوبی را تجربه کنند. با اینکه ایران از نظر مواد معدنی کشوری غنی است و معادن گسترده‌ای را در اختیار دارد، اما نتوانسته سهم معدن را در تولید ناخالص داخلی افزایش دهد (مرکز آمار ایران، ۱۴۰۲).

حال سؤال اساسی این است که چه مقدار از رشد اقتصادی فعالیت‌های بخش معدن مربوط به رشد عوامل تولید کلاسیک یعنی نیروی کار و سرمایه فیزیکی و چه میزان به رشد بهره‌وری کل عوامل مربوط می‌شود. تغییرات تکنولوژیکی، ارتقاء کیفی سرمایه انسانی، افزایش مقیاس تولید و بهبود کارکرد نهادها و ارتقاء سرمایه اجتماعی از مهم‌ترین عوامل منجر به رشد بهره‌وری کل عوامل به طوری که بیشتر اقتصاددانان رشد اقتصادی بالا و مستمر را به رشد سریع‌تر بهره‌وری کل عوامل

1. Hussain et al. (2021).

2. Statista (2023).

وابسته می‌دانند. از جمله روش‌هایی که می‌توان به کمک آن سهم پیشران‌های رشد اقتصادی و هم‌چنین بهره‌وری را اندازه‌گیری کرد، روش حسابداری رشد است.

سولو^۱ (۱۹۵۷)، نخستین بار از «حسابداری رشد» استفاده کرد تا سهم انباشت سرمایه فیزیکی، سرمایه انسانی و رشد بهره‌وری کل عوامل را از رشد تولید استخراج نماید. در ادامه اقتصاددانان بسیاری تلاش کردند به کمک روش حسابداری رشد، سهم منابع رشد اقتصادی را به دست آورند. جرجینسون^۲ (۱۹۹۱) در مطالعات خود، به این نتیجه رسید که انباشت سرمایه، منبع عمده رشد اقتصادی است. در روش حسابداری رشد به چند نکته باید توجه کرد. نخست نتایج حسابداری رشد به روش اندازه‌گیری سرمایه بسیار حساس است. دوم، تفاوت میان روابط حسابداری و روابط علی است. به عنوان مثال آقیون و هوویت^۳ (۲۰۰۷) نشان دادند، بین ۳۰ تا ۷۰ درصد رشد تولید سرانه کشورهای OECD مربوط به انباشت سرمایه است؛ در حالی که نتایج مدل نئوکلاسیکی نشان داد، در بلندمدت همه رشد تولید سرانه از طریق پیشرفت فنی توضیح داده می‌شود.

نتایج مطالعات تجربی مستخرج از ادبیات رشد نیز حاکی از آن است که بهره‌وری کل عوامل تولید (TFP) پیشران اصلی رشد اقتصادی بسیاری از کشورها است (پرسکات^۴، ۱۹۹۸؛ سینه‌جی^۵، ۲۰۰۰). از این‌رو هدف اصلی این مقاله، استفاده از حسابداری رشد اقتصادی و برآورد عوامل پیشران بهره‌وری کل فعالیت‌های بخش معدن ایران است. بدین منظور، از داده‌های ۳۶ فعالیت معدنی ایران در دوره ۱۴۰۰-۱۳۹۱ استفاده می‌شود.

ادامه مقاله به صورت زیر سازماندهی شده است. بخش دوم، به مرور ادبیات تحقیق اختصاص دارد. در بخش سوم، به روش‌شناسی تحقیق پرداخته شده و در بخش چهارم، نتایج تجربی ارائه می‌شود. بخش پایانی به جمع‌بندی و بحث اختصاص دارد.

۲. مرور ادبیات

سولو (۱۹۵۷) رویکرد حسابداری رشد را ارائه نمود که سال‌ها مورد استفاده اقتصاددانان قرار گرفت. در این رویکرد رشد اقتصادی به نرخ رشد عوامل تولید و پیشرفت فناوری یا همان بهره‌وری کل عوامل تولید (TFP) تجزیه شد. برای تفسیر این روابط حسابداری همانند روابط علی، نیاز به این فرض است که نرخ‌های رشد عوامل تولید یعنی نیروی کار و سرمایه فیزیکی مستقل از پیشرفت تکنولوژیکی هستند. نتیجه مهم مدل رشد سولو، این است که رشد بلندمدت تولید و سرمایه از پیشرفت تکنولوژیکی مشتق می‌شود؛ لذا تفسیر روابط حسابداری مدل رشد سولو همانند روابط علی، ممکن

1. Solow (1957).
2. Jorgenson (1991).
3. Aghion and Howitt (2007).
4. Prescott (1998).
5. Senhadji (2000).

است سهم انباشت سرمایه را بیشتر از حد و سهم پیشرفت تکنولوژیکی را کمتر از حد نمایش دهد (آقیون و هویت، ۲۰۰۷).

رویکرد دیگر در حسابداری رشد، توسط منکیو و همکاران^۱ (۱۹۹۲) ارائه شد. آنها بیشتر بر نقش پیشرفت تکنولوژیکی تأکید داشتند. علاوه بر این، آنها برای اندازه‌گیری سهم سرمایه، از نسبت سرمایه به تولید به جای نرخ رشد سرمایه بهره بردند.

عجم‌اوغلو^۲ (۲۰۰۷) در مقابل درونزایی سرمایه فیزیکی در مدل رشد نئوکلاسیکی، بیان داشت تبیین دقیق TFP چندان ساده نخواهد بود. وی نشان داد رویکرد منکیو و رومر و ویل (MRW) با تصریح دانش‌محور سازگار است که بر نقش نیروی کار در نوآوری تأکید دارد. در تصریح دانش‌محور، پیشرفت تکنولوژیکی نیازمند سرمایه فیزیکی نیست و چون رویکرد MRW بیشتر بر سهم پیشرفت تکنولوژیکی به جای انباشت سرمایه توجه دارند، بنابراین، رویکرد MRW با تصریح دانش‌محور سازگاری بیشتری دارد.

ارتباط بهره‌وری کل عوامل تولید و رشد اقتصادی، یکی از اصول پایه‌ای ادبیات حسابداری رشد است. با نگاهی به ادبیات این حوزه، ملاحظه می‌شود، حدود نیمی از تفاوت بین کشوری در درآمد سرانه یا رشد، ناشی از اختلاف در بهره‌وری کل عوامل است. علاوه بر این، بیشتر شکاف در حال گسترش بین کشورهای غنی و فقیر، نه تنها از تفاوت تشکیل سرمایه ثابت منتج نمی‌شود، بلکه ناشی از تفاوت در پیشرفت تکنولوژیکی (TP) است (لدرمن و همکاران^۳، ۲۰۰۵).

پیشرفت تکنولوژیکی را می‌توان به دو قسم طبقه‌بندی کرد: نخست، «پیشرفت تکنولوژیکی تضمین شده»^۴ است. در این حالت، فناوری از طریق سرمایه‌گذاری در تجهیزات جدید بهبود می‌یابد. به عبارت دیگر، تغییرات تکنولوژیکی جدید ناشی از به‌کارگیری تجهیزات نو است. دوم، «پیشرفت تکنولوژیکی تضمین نشده»^۵ است. این نوع پیشرفت زمانی رخ می‌دهد که افزایش تولید با نهاده‌های تولید موجود و بدون سرمایه‌گذاری در تجهیزات جدید ممکن باشد. در دنیای واقعی برخی نوآوری‌ها نیازمند تجهیزات و ماشین‌آلات جدید نیستند. از این منظر، فناوری رابطه نزدیکی با سرمایه انسانی دارد؛ یعنی، یک فناوری مشابه می‌تواند در دو بنگاه مختلف به کار رود، اما محصول تولیدی با سطح نیروی کار مشابه دو بنگاه، متفاوت باشد.

برای اندازه‌گیری رشد بهره‌وری، دو رویکرد مرزی و غیرمرزی وجود دارد که خود به پارامتریک و ناپارامتریک تفکیک می‌شود. تفاوت عمده این دو رویکرد، در تعریف مرزی نهفته است. در رویکرد مرزی، هدف یافتن بهترین ترکیب قابل دسترس در نهاده‌ها یا قیمت‌های موجود است. در «مرزی

1. Mankiw et al. (1992).

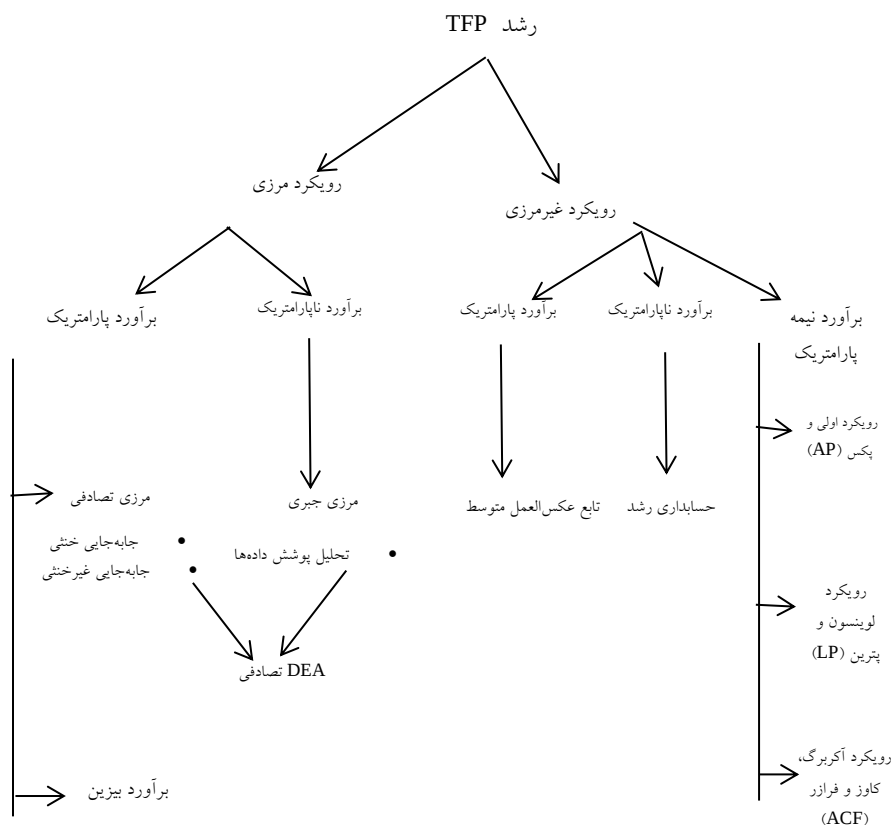
2. Acemoglu (2007).

3. Lederman et al. (2005).

4. Embodied Technological Progress

5. Disembodied Technological Progress

هزینه» بنگاه به دنبال حداقل هزینه در قیمت نهاده‌ها و محصول موجود بوده، در حالی که در «مرزی تولید» در پی حداکثر محصول در نهاده‌ها و فناوری موجود است. این دو رویکرد، اغلب با روش حداقل مربعات معمولی (OLS) برآورد می‌شوند. علاوه بر این، در رویکرد مرزی نقش کارآیی فنی در عملکرد کلی بنگاه شناسایی می‌شود، اما در رهیافت غیرمرزی، فرض بر این است، بنگاه‌ها به لحاظ فنی کارا هستند. نظر به این اختلاف، تفسیر رشد TFP در دو رویکرد متفاوت خواهد بود. رشد بهره‌وری کل عوامل در رویکرد مرزی شامل دو جزء می‌باشد. نخست، پیشرفت تکنولوژیکی که از جابه‌جایی تابع تولید به سمت بالا ناشی می‌شود و دوم، کارآیی فنی که از حرکت به سمت مرز تولید منتج می‌شود. در مقابل، رویکرد غیرمرزی فقط پیشرفت تکنولوژیکی را به‌عنوان رشد TFP در نظر می‌گیرد.



شکل ۱: رویکردهای اندازه‌گیری رشد بهره‌وری کل عوامل تولید

Figure 1: Approaches to measuring total factor productivity growth

منبع: کاتوریا و همکاران، ۲۰۱۱.

لازم به ذکر است، هر دو رویکرد مرزی و غیرمرزی با روش‌های پارامتریک و ناپارامتریک قابل برآورد هستند. در روش پارامتریک، یک فرم تابعی برای مرزی و پارامترها تصریح و سپس با روش‌های اقتصادسنجی برآورد می‌شود؛ اما باید دقت نمود که تخمین‌ها به فرم تابعی تصریح شده بسیار حساس هستند (ماه‌ادوان^۱، ۲۰۰۳). از سوی دیگر، مزیت روش‌های ناپارامتریک مانند رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی (MPA) و تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)، این است که نیاز به فرم تابعی نبوده و همچنین محدودیتی بر پارامترها نیست. تنها مسئله این است که هیچ آزمون آماری نمی‌تواند اعتبار تخمین‌ها را بررسی نماید. در رویکرد پارامتریک که از تکنیک اقتصادسنجی بهره می‌گیرد، انحراف تولید واقعی از حداکثر تولید (یعنی جزء اخلاقی) به دو جزء ناکارایی و نویز آماری تجزیه می‌شود. از جمله سایر روش‌های رویکرد پارامتریک، می‌توان به رهیافت مرزی اقتصادسنجی اشاره کرد که این رهیافت نیز به توزیع اجزاء ناکارایی و نویز توجه دارد. تنها مسئله در رویکرد اقتصادسنجی، جدا کردن نویز از ناکارایی است.

در مطالعات اخیر برای اندازه‌گیری رشد TFP، تکنیک‌هایی مانند DEA تصادفی و رویکرد بیزین به کار گرفته می‌شود، که به‌خصوص به لحاظ آماری قوی‌تر هستند. مثلاً می‌توان ویژگی‌های آماری روش تحلیل پوششی داده‌های تصادفی را مورد آزمون قرار داد (کاتوزیان و همکاران، ۲۰۱۱). در نمودار (۱) رویکردهای اندازه‌گیری رشد بهره‌وری کل عوامل تولید ارائه شده است.^۲

مطالعات مختلفی در رابطه با حسابداری رشد و محاسبه رشد بهره‌وری کل عوامل تولید انجام یافته است. آقیون و هوویت^۳ (۲۰۰۷) با رویکرد نئوکلاسیکی به حسابداری رشد کشورهای OECD در دوره ۲۰۰۰-۱۹۶۰ پرداختند. یافته‌ها نشان داد بین ۳۰ تا ۷۰ درصد رشد تولید سرانه از طریق انباشت سرمایه فیزیکی حاصل شده است.

شارما و همکاران^۴ (۲۰۰۷) از طریق حسابداری رشد اقتصادی ۴۸ ایالت آمریکا در دوره ۲۰۰۰-۱۹۷۷ دریافتند، پیشرفت تکنولوژیکی منبع اصلی رشد بوده است.

فنگ و همکاران^۵ (۲۰۱۷) با روش حسابداری رشد (رویکرد سولو) کشور چین در دوره ۲۰۱۳-۲۰۰۰ نشان دادند، سهم عوامل تولید (نیروی کار و سرمایه) از حدود ۷۰ درصد در سال ۲۰۰۱ به نزدیک ۹۹ درصد در سال ۲۰۱۰ افزایش یافته است.

فیسل و همکاران^۶ (۲۰۱۵) با تجزیه رشد منطقه آلاسکا به این نتیجه رسیدند که بهره‌وری کل عوامل تولید به‌طور معناداری افزایش یافته که بیشتر به‌دلیل بهبود تغییرات فنی بوده است.

1. Mahadevan (2003).

۲. برای جزئیات بیشتر در خصوص سایر روش‌ها، رجوع کنید به کاتوزیان و همکاران، ۲۰۱۳.

3. Aghion and Howitt (2007).

4. Sharma et al. (2007).

5. Feng et al. (2017).

6. Fissel et al. (2015).

کالیو و همکاران (۲۰۱۲) با حسابداری رشد اقتصادی کنیا نشان دادند، سهم انباشت سرمایه فیزیکی از رشد ۷۱ درصد، سهم نیروی کار ۲۵ درصد و سهم TFP برابر ۴ درصد بوده است.

میا و شاندران (۲۰۱۵) نشان دادند افزایش رشد صنایع کوچک بنگلادش به دلیل افزایش بهره‌وری بوده که علت اصلی آن، بهبود مدیریت و پیشرفت کارآیی فنی بوده است.

اوه و لی (۲۰۱۶)، رشد بهره‌وری صنایع تولیدی کره جنوبی را در دوره ۲۰۱۲-۲۰۰۱ تجزیه نموده و به این نتیجه رسیدند که متوسط نرخ رشد متوسط TFP حدود ۰/۳۳ درصد بوده که اثرات مقیاس عامل اصلی آن بوده است.

باسم (۲۰۱۴)، رشد بهره‌وری کل عوامل تولید صنایع کوچک منطقه منا را در دوره ۲۰۱۱-۲۰۰۶ تجزیه نمود. یافته‌ها حاکی از آن بود که بهره‌وری کل عوامل این منطقه، سالانه حدود ۵ درصد رشد داشته که دلیل اصلی آن تغییرات کارآیی فنی بوده است.

میا و باسم (۲۰۱۶)، دریافتند رشد بهره‌وری صنایع کوچک جنوب آسیا در دوره ۲۰۱۲-۲۰۰۷ سالانه حدود ۲/۱ درصد بوده است.

برخی مطالعات داخلی نیز به حسابداری رشد اقتصادی در ایران پرداخته‌اند. محمودزاده و فتح‌آبادی (۱۳۹۵)، به شناسایی عوامل پیشران بهره‌وری کل عوامل تولید در صنایع تولیدی ایران پرداختند. آنها دریافتند پیشرفت تکنولوژیکی، عامل پیشران بهره‌وری کل بوده است.

فطرس و همکاران (۱۳۹۱)، دریافتند سهم بهره‌وری کل عوامل تولید از رشد صنایع تولیدی ۱۶/۶ درصد و سهم نیروی کار و سرمایه به ترتیب ۶۹ و ۱۳/۵ درصد بوده است.

محمودزاده و همکاران (۱۳۹۴)، نشان دادند سهم سرمایه فیزیکی از رشد ۳۶ درصد، سهم نیروی کار ۳۴ درصد، سهم فناوری ۳ درصد و سهم بهره‌وری کل عوامل ۲۷ درصد بوده است.

میرزایی و بانویی (۱۳۹۴) از طریق حسابداری رشد در استان‌های ایران در دوره ۹۰-۱۳۷۹ دریافتند، نرخ نیروی کار متخصص، سرمایه سرانه و ارزش افزوده صنایع با فناوری بالا و متوسط، بیشترین اثر را بر رشد اقتصادی استان‌های کشور داشته‌اند.

بهبودی و منتظری (۱۳۹۰)، با استفاده از چهارجوب حسابداری رشد در دوره ۸۷-۱۳۴۵ دریافتند، سهم سرمایه فیزیکی از تولید برابر ۶۲ درصد بوده است. همچنین نرخ رشد TFP ایران در این دوره ۰/۰۴ درصد می‌باشد.

کميجانی و محمودزاده (۱۳۸۷)، با رهیافت حسابداری رشد در دوره ۸۲-۱۳۳۸ به این نتیجه رسیدند که سهم سرمایه فیزیکی از رشد اقتصادی ایران ۵۰ درصد، سهم نیروی کار ۴۰ درصد و سهم بهره‌وری کل عوامل تولید ۱۰ درصد می‌باشد.

۳. روش‌شناسی تحقیق و داده‌ها

ایگنر و همکاران^۱ (۱۹۷۷)، نخستین بار مدل مرزی تصادفی را معرفی کردند که در آن، رشد بهره‌وری کل از طریق پیشرفت فنی و تغییرات کارایی فنی توضیح داده می‌شود. تفاوت مهم مدل مرزی تصادفی با رگرسیون کلاسیک در این است که مدل مرزی شامل دو جمله خطا است. خطای آماری متقارن v و خطای غیرمنفی u که بیانگر ناکارایی فنی است (کامبار و لاول^۲، ۲۰۰۰؛ وانگ^۳، ۲۰۰۳؛ کائو و همکاران^۴، ۲۰۱۹؛ گالان و همکاران^۵، ۲۰۱۴). مدل مرزی تصادفی ایگنر و همکاران (۱۹۷۷) به شکل زیر است؛

$$q_{it} = f(x_{it}, \beta, t) e^{\varepsilon_{it}} \quad (۱)$$

که q_{it} تولید کل، $f(\cdot)$ مرز فناوری، x_{it} بردار نهاده‌های تولید و β بردار پارامترهای مجهول هستند. در این مدل، جمله خطا به دو بخش u_{it} و v_{it} تفکیک می‌شود:

$$q_{it} = f(x_{it}, \beta, t) e^{v_{it}} e^{u_{it}} \quad (۲)$$

هر دو جزء خطا مستقل از یکدیگر بوده و شوک‌ها را اندازه‌گیری می‌کنند. از جزء خطای دو طرفه (v_{it}) به عنوان نویز آماری نیز یاد می‌شود، که به‌طور مستقل و یکنواخت با میانگین صفر و واریانس ثابت توزیع شده است. جزء خطای یک طرفه (u_{it}) که ناکارایی فنی (TIE) را اندازه‌گیری می‌کند. با توجه به اینکه زمان به عنوان یک متغیر مستقل در نظر گرفته می‌شود، بنابراین ناکارایی فنی روند تغییرات بهره‌وری را برآورد می‌کند. اگر σ_u^2 صفر باشد، مرز تولید را می‌توان به صورت زیر نوشت؛

$$q_{it} = f(x_{it}, \beta, t) e^{-u_{it}} \quad \text{یا} \quad \ln q_{it} = \ln f(x_{it}, \beta, t) - u_{it} \quad (۳)$$

دیفرانسیل کامل مرتبه نخست معادله (۳) نسبت به زمان به قرار زیر است؛

$$\begin{aligned} \frac{\partial \ln q}{\partial t} &= \frac{\partial f(x, \beta, t)}{\partial t} + \sum \frac{\partial f(x, \beta, t)}{x_k} \cdot \frac{\partial x_k}{\partial t} - \frac{\partial u}{\partial t} \quad \text{یا} \quad \dot{q} \\ &= TC + \sum \epsilon_k \dot{x}_k + \dot{T}E \end{aligned} \quad (۴)$$

که ϵ کشش تولید نسبت به نهاده‌ها است. براساس معادله (۴)، رشد تولید ($\dot{q}$) به وسیله پیشرفت فنی یا تغییر فنی (TC)، تغییر نهاده‌ها یا کارایی مقیاس ($\sum \epsilon_k \dot{x}_k$) و تغییر کارایی فنی ($\dot{T}E$) توضیح داده می‌شود. کارایی فنی (TE) عامل مهمی برای ارزیابی عملکرد شرکت است. بنگاهی که به حداکثر تولید با توجه به مقدار مشخصی از نهاده‌ها دست می‌یابد، از نظر فنی کارا است، و این یعنی روی مرز

1. Aigner (1977).

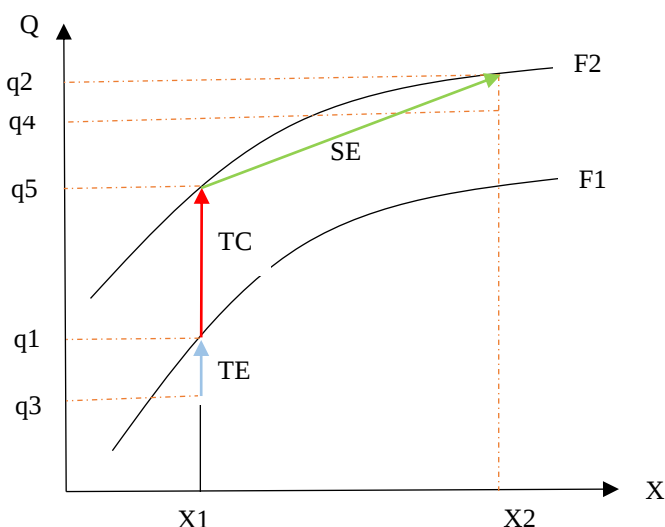
2. Kumbhakar and Lovell (2000).

3. Wang (2003).

4. Kao et al. (2019).

5. Galan et al. (2014).

فعالیت می‌کند و وضعیت کارآیی ۱۰۰ درصد است. در مقابل بنگاهی که پایین‌تر از مرز فعالیت می‌کند، از نظر فنی ناکارا است. از آنجا که هیچ بنگاهی قادر به فعالیت در بالای مرز نیست، بنابراین مقدار TE و TIE بین ۰ تا ۱ بوده و مجموع آنها برابر یک است. تفاوت بین رشد تولید ($\dot{q}$) و رشد بهره‌وری کل عوامل تولید ($T\dot{F}P$) بیانگر اثرات مقیاس (SE) می‌باشد (کالیراجان و شاند، ۱۹۹۷). هم‌چنین رشد بهره‌وری کل ($T\dot{F}P$) مجموع TE و TC خواهد بود.



نمودار ۲. تجزیه بهره‌وری کل عوامل تولید

Chart 2: Total factor productivity analysis

منبع: کومباکاران و همکاران، ۲۰۰۴.

در نمودار (۲)، F1 و F2 مرزهای تولید بنگاه هستند و انتقال از مرز ۱ به مرز ۲ به دلیل پیشرفت فنی (TC) رخ خواهد داد. به‌عنوان مثال، برای نهاده x_1 ، اگر تولید دوره ۱ معادل q_5 باشد، در این‌صورت، پیشرفت یا تغییر فنی (TC) به اندازه فاصله q_5 و q_1 خواهد بود. هم‌چنین ناکارایی (TIE) دوره ۱ تفاوت q_1 و q_3 و ناکارایی (TIE) دوره ۲ اختلاف q_2 و q_4 می‌باشد. با اندازه‌گیری سهم رشد نهاده از رشد تولید (تفاوت q_2 و q_5) یا همان اثرات مقیاس (SE)، رشد تولید کل به صورت زیر تجزیه می‌شود:

$$\dot{q} = TE + TC + SE \quad (5)$$

هم‌چنین براساس روش حسابداری رشد سولو، می‌توان رشد بهره‌وری کل را می‌توان به‌صورت تفاضل رشد تولید از رشد وزنی عوامل تولید نیز برآورد کرد که از آن، به‌عنوان پسماند سولو نیز یاد می‌شود:

$$\begin{aligned} T\dot{F}P &= \dot{q} - \sum \frac{p_k x_k}{q} \dot{x}_k \\ &= \dot{q} - \sum s_k \dot{x}_k \end{aligned} \quad (۶)$$

که در آن، p_k قیمت نهاده‌ها و q تولید یا ارزش افزوده کل و s_k سهم درآمدی عوامل تولید می‌باشد. با جایگذاری $\dot{q}$ از معادله (۵) در معادله (۶) داریم؛

$$\begin{aligned} T\dot{F}P &= TC + \sum \epsilon_k \dot{x}_k + \dot{T}E - \sum s_k \dot{x}_k \\ &= TC + \dot{T}E + (\epsilon - 1) \sum \tau_k \dot{x}_k \\ &\quad + \sum (\tau_k - s_k) \dot{x}_k \end{aligned} \quad (۷)$$

که ϵ مجموع کشش نهاده‌های سرمایه و نیروی کار و بیانگر بازدهی نسبت به مقیاس است. اگر بازدهی مقیاس ثابت باشد، ϵ برابر یک خواهد بود. τ_k نیز کشش‌های نرمال شده هستند. جمله آخر معادله (۷) نشان‌دهنده کارایی تخصیصی است که به‌دلیل در دسترس نبودن اطلاعات هزینه، غیرقابل محاسبه است. با توجه به مطالعه کومباکار و همکاران (۲۰۰۰) و با فرض $\tau_k = s_k$ ، معادله (۷) به صورت زیر بازنویسی می‌شود:

$$T\dot{F}P = TC + \dot{T}E + (\epsilon - 1) \sum \tau_k \dot{x}_k \quad (۸)$$

از معادله (۸) برای تجزیه رشد بهره‌وری کل عوامل تولید استفاده می‌شود. با توجه به معادله (۳)، مدل مرزی تصادفی در قالب تابع ترانسلوگ به‌صورت زیر تصریح می‌شود. این تابع به‌دلیل ویژگی‌هایی که دارد، یکی از پرکاربردترین و انعطاف‌پذیرترین توابع تولید در تحلیل‌های اقتصادی است و معمولاً از آن در تحلیل‌های تولیدی و ارزیابی ساختار هزینه‌ها و بهره‌وری در بخش‌های مختلف استفاده می‌شود. این تابع دو ویژگی مهم دارد، اول، دارای ویژگی‌های بازده به مقیاس متغیر است، یعنی امکان بررسی بازده‌های نزولی یا افزایشی به مقیاس را دارد؛ و دوم، می‌تواند اثرات متقابل متغیرها (مانند هم‌افزایی بین کار و سرمایه) را در نظر بگیرد.

$$\ln q_{it} \quad (9)$$

$$= \alpha_0 + \sum \alpha_k \ln x_{kit} + \alpha_t t + \frac{1}{2} \sum \sum \beta_{kl} \ln x_{jit} \ln x_{kit} + \frac{1}{2} \beta_t t^2 + \sum \beta_{tk} \ln x_{kit} + v_{it} - u_{it}$$

که در آن، q_{it} ارزش افزوده بخش معدن، x نهاده‌های تولید شامل نیروی کار و موجودی سرمایه و t نشان‌دهنده روند زمانی است. u_{it} و v_{it} جملات خطای مدل هستند. u_{it} تحت کنترل بنگاه بوده و کارآیی فنی را تحت تأثیر قرار می‌دهد؛ در حالی که v_{it} در کنترل بنگاه نبوده و تصادفی است. با توجه به مطالعه باتسی و کولی (۱۹۹۲)، از یک تابع نمایی در زمان برای مدل‌سازی جمله خطای u_{it} استفاده می‌شود؛

$$u_{it} = \lambda_t u_i = u_i e^{-\lambda(t-T)} \quad (10)$$

که در آن، λ پارامتر مجهول بوده و بیانگر تغییر در u_{it} فعالیت معدنی i در آخرین سال است، که تمام ناکارایی‌های فنی را قبل از زمان T اندازه‌گیری می‌کند. اگر λ مثبت باشد، به معنای افزایش سطح کارآیی بوده و اگر λ منفی باشد، نشان‌دهنده کاهش سطح کارآیی است. در نهایت اگر λ صفر باشد، یعنی ناکارایی فنی (TIE)، در زمان تغییر نمی‌کند. در این مقاله، برای تجزیه و تحلیل بهره‌وری کل و اجزای آن، فرم تابعی به شکل زیر تصریح شده است:

$$\begin{aligned} \ln q_{it} = & \alpha_0 + \alpha_t t + \alpha_k \ln k_{it} + \alpha_l \ln l_{it} + \frac{1}{2} \beta_{tt} t^2 + \frac{1}{2} \beta_{kk} (\ln k_{it})^2 + \frac{1}{2} \beta_{ll} (\ln l_{it})^2 \\ & + \beta_{kl} \ln k_{it} \ln l_{it} + \beta_{kt} (\ln k_{it}) t \\ & + \beta_{lt} (\ln l_{it}) t + v_{it} \\ & - u_{it} \end{aligned} \quad (11)$$

بعد از برآورد معادله (11)، کارآیی فنی (TE) به صورت نسبت تولید محقق شده به تولید بالقوه (تولید روی مرز) محاسبه می‌شود. در نتیجه، کارآیی فنی فعالیت معدنی i در دوره t به صورت زیر برآورد می‌شود:

$$TE_{it} = e^{-u_{it}} \quad (12)$$

با توجه به چهارچوب نظری، پیشرفت یا تغییر فنی (TC) و اثرات مقیاس (SE) برای فعالیت معدنی i در دوره t را می‌توان به شکل زیر برآورد نمود:

$$TC_{it} = \frac{\partial \ln q_{it}}{\partial t} = \alpha_t + \beta_{tt} t + \beta_{kt} (\ln k_{it}) \quad (13)$$

$$\begin{aligned} & + \beta_{lt} (\ln l_{it}) \\ SE = & \dot{q} - (TC + TE) \end{aligned} \quad (14)$$

۳-۱. داده‌ها

در این رساله از داده‌های ۳۶ فعالیت معدنی ایران در دوره ۱۴۰۰-۱۳۹۱ استفاده می‌شود. متغیرهای این مقاله شامل ارزش افزوده، اشتغال و موجودی سرمایه می‌باشد. از آنجا که در نتایج طرح آمارگیری از معادن در حال بهره‌برداری کشور از درگاه اطلاعاتی مرکز آمار ایران، اطلاعات مربوط به تشکیل سرمایه ثابت (مخارج سرمایه‌گذاری) برای فعالیت‌های معدنی مورد بررسی وجود دارد، لذا موجودی سرمایه را می‌توان با استفاده از «روش موجودی دائمی»^۱ محاسبه کرد. در مطالعه محمودزاده و فتح‌آبادی (۱۳۹۵)، روش موجودی دائمی به شرح زیر بیان شده است:

$$k_t = I_t + (1 - \delta)k_{t-1} \quad k_t = \frac{I_t}{\delta + g} \quad (15)$$

که در آن، k_t و I_t به ترتیب موجودی سرمایه و سرمایه‌گذاری در دوره t است. δ و g نیز به ترتیب بیانگر نرخ استهلاک و متوسط رشد سرمایه‌گذاری طی دوره مورد بررسی هستند. در این مقاله، برای بخش معدن نرخ استهلاک ۸ درصد در نظر گرفته شده است (قانون مالیات‌های مستقیم، ۱۴۰۰). بعد از محاسبه موجودی سرمایه، و همچنین ارزش افزوده با کمک شاخص قیمتی تولیدکننده بخش معدن (PPI)، آن را به قیمت ثابت تبدیل کرده و سپس در مدل استفاده می‌شود. در جدول (۱) متغیرهای تحقیق معرفی و نحوه اندازه‌گیری آنها ارائه شده است.

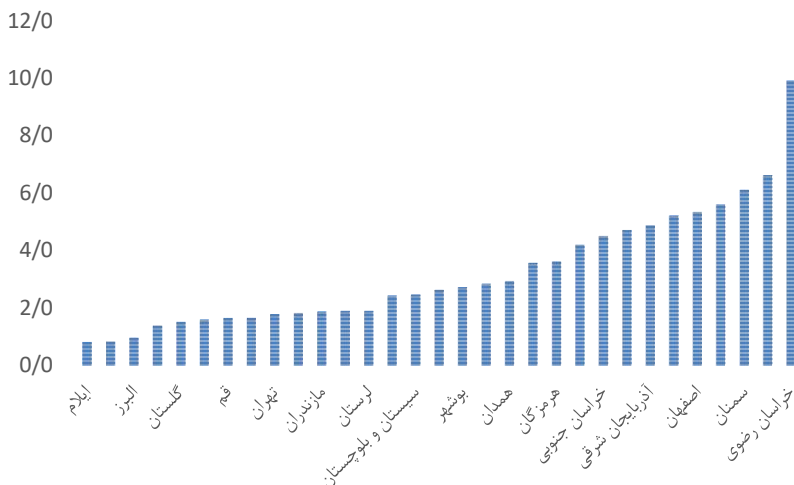
جدول ۱: متغیرهای تحقیق و نحوه اندازه‌گیری آنها

Table 1: Research variables and how to measure them

متغیر	شاخص	نحوه اندازه‌گیری
متغیر وابسته	ارزش افزوده (Y)	تعدیل شده با شاخص قیمت تولیدکننده بخش معدن (ثابت ۱۳۹۵)، میلیون ریال
متغیرهای مستقل	موجودی سرمایه (k)	محاسبه با روش موجودی دائمی (ثابت ۱۳۹۵)، میلیون ریال
	اشتغال (L)	تعداد افراد شاغل معادن در حال بهره‌برداری کشور، نفر

مأخذ: نتایج پژوهش

برای ارزیابی وضعیت انرژی‌بری فعالیت‌های معدنی ایران در دو نسبت بهره گرفته می‌شود. یکی نسبت ارزش سوخت‌ها (ی فسیلی) به ارزش افزوده و دیگری نسبت ارزش برق مصرفی به ارزش افزوده. آمارها حاکی از آن است، نسبت سوخت به ارزش افزوده در فعالیت‌های معدنی در سال ۱۳۹۲ حدود ۲/۵ درصد بوده که در سال ۱۴۰۰ به ۰/۴ درصد کاهش یافته است. همچنین نسبت ارزش برق مصرفی به ارزش افزوده نیز از ۱/۴ درصد در سال ۱۳۹۲ به حدود ۱/۰۲ درصد در سال ۱۴۰۰ کاهش یافته است (مرکز آمار ایران، ۱۴۰۲).



نمودار ۱: سهم فعالیت‌های معدنی به تفکیک استان در سال ۱۴۰۰ (درصد)

Chart 1: Share of mining activities by province in 2021 (percent)

منبع: مرکز آمار ایران ۱۴۰۲

در نمودار ۱ وضعیت پراکندگی فعالیت‌های معدنی به تفکیک استان در سال ۱۴۰۰ آمده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، بیشترین سهم در میان استان، متعلق به استان خراسان رضوی است که حدود ۱۰ درصد کل فعالیت‌های معدنی را به خود اختصاص داده است. هم‌چنین استان‌های فارس و سمنان با ۶/۶ و ۶/۱ درصد در رتبه‌های بعدی قرار دارند. در مقابل، استان‌های ایلام، گیلان و البرز کمترین سهم را از فعالیت‌های معدنی دارا هستند که به ترتیب ۰/۸، ۰/۸ و ۱ درصد سهم داشته‌اند. در سال ۱۴۰۰ در مجموع ۶۰۲۵ فعالیت معدنی در ایران وجود داشته که از این تعداد ۵۹۸ فعالیت در استان خراسان رضوی بوده است.

۴. نتایج تجربی

هدف اصلی این مقاله، برآورد سهم پیمانکاران بهره‌وری کل عوامل تولید در بخش معدن ایران است. بدین منظور در مرحله نخست، کارآیی فنی برای ۳۶ فعالیت معدنی ایران در دوره ۱۳۹۱-۱۴۰۰ با روش اثرات ثابت صحیح نمایی و بهره‌گیری از نرم‌افزار استاتا ۱۷ برآورد شده است (جدول ۲). برای برآورد کارآیی در مدل مرزی تصادفی، از یک رویکرد دو مرحله‌ای استفاده می‌شود. در مرحله نخست، پارامترهای تابع تولید ترانسلوگ با حداکثر نمودن تابع *Log Likelihood* برآورد می‌شوند؛ در مرحله دوم، تخمین نقطه‌ای ناکارآیی از طریق میانگین (یا میانه) توزیع شرطی خطاها انجام می‌گیرد.

جدول ۲: برآورد تابع تولید ترانسلوگ با روش اثرات ثابت صحیح نمایی

Table 2: Estimation of the translog production function using the exponential integral fixed effects method

متغیرها	ضریب	خطای استاندارد	آماره Z	سطح معناداری
عرض از مبدأ	۴/۱۸	۱/۳۹	۳/۰۱	۰/۰۰
موجودی سرمایه	۰/۲۱	۰/۱۴	۱/۵	۰/۱
اشتغال	۰/۸	۰/۴	۲/۰۰	۰/۰۵
روند زمانی	-۰/۲۵	۰/۰۷	-۳/۴	۰/۰۰
مجذور موجودی سرمایه	۰/۰۰۲	۰/۰۲	۰/۱	۰/۹۱
مجذور اشتغال	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۶	۰/۵۳
مجذور روند زمانی	۰/۰۲	۰/۰۰۴	۶/۱	۰/۰۰
موجودی سرمایه × اشتغال	-۰/۰۱	۰/۰۶	-۰/۲	۰/۸۳
موجودی سرمایه × روند زمانی	۰/۰۲	۰/۰۱	۲/۰۴	۰/۰۴
اشتغال × روند زمانی	-۰/۰۱	۰/۰۱۴	-۰/۶	۰/۵۵
ضریب تعیین تعدیل شده	۰/۹۷			
آماره F	۲۵۵/۷			
تعداد مشاهدات	۳۶۰			

تمام متغیرها به صورت لگاریتمی هستند.

مأخذ: نتایج پژوهش

بعد از برآورد تابع تولید ترانسلوگ، با مشتق‌گیری از آن نسبت به نیروی کار و سرمایه، می‌توان کشش‌ها را محاسبه نمود. متوسط کشش تولیدی نیروی کار و سرمایه برای ۳۶ فعالیت معدنی در جدول (۳) نمایش داده شده است. برای تمامی صنایع، کشش نیروی کار بیش از کشش تولیدی سرمایه است. به نظر می‌رسد تغییر نیروی کار بیش از سرمایه، تولید را در بخش معدن ایران تحت تأثیر قرار می‌دهد. متوسط کشش تولیدی نیروی کار ۰/۹۹ و کشش تولیدی سرمایه ۰/۲۸ است. فعالیت‌های معدنی، در ایران، به‌ویژه در بخش استخراج و فرآوری عمدتاً کاربر محسوب می‌شوند. در ادامه چند دلیل برای کاربر بودن فعالیت‌های معدنی در ایران ذکر می‌گردد.

- بخش معدن در ایران نیاز به نیروی کار انسانی زیادی برای فعالیت‌های اکتشاف، استخراج، بارگیری، حفاری، و فرآوری دارد. بسیاری از فرآیندهای استخراج مانند حفاری، حمل‌ونقل، و فرآوری مواد معدنی، به نیروی کار مستقیم وابسته‌اند.
 - فعالیت‌های معدنی در ایران اغلب با استفاده از تجهیزات سنتی و نیروی انسانی بیشتر همراه هستند، به دلیل محدودیت سرمایه‌گذاری‌های کلان در فناوری‌های مدرن و خودکارسازی.
 - در ایران به دلیل هزینه‌های پایین نیروی کار نسبت به سرمایه، نیروی کار نقش پررنگ‌تری در عملیات معدنی دارند. این عامل نیز به کاربر بودن فعالیت‌های معدنی کمک می‌کند.
- در حالی که در کشورهای توسعه‌یافته، به دلیل سرمایه‌گذاری بیشتر در فناوری‌های پیشرفته مانند تجهیزات خودکار و هوشمند، بخش معدن بیشتر سرمایه‌بر هستند. اما در ایران، با وجود افزایش توجه به سرمایه‌گذاری در فناوری‌های نوین، همچنان نیروی کار ارزان‌تر نقش مهمی در عملیات معدنی دارد. نتیجه اینکه فعالیت‌های معدنی در ایران، بیشتر کاربر هستند تا سرمایه‌بر، که ناشی از دسترسی محدود به سرمایه‌های مدرن و هزینه‌های نیروی کار پایین‌تر است.

جدول ۳: متوسط کشش‌های نیروی کار و سرمایه و بازدهی مقیاس؛ ۱۴۰۰-۱۳۹۲

Tabl 3: Average labor and capital elasticities and returns to scale; 2013-2021

فعالیت معدنی	کشش سرمایه	کشش نیروی کار	مجموع کشش‌ها
استخراج زغال سنگ خشک	۰/۲۶	۱/۱۱	۱/۳۷
استخراج سنگ آهن	۰/۲۶	۱/۱۲	۱/۳۸
استخراج سنگ‌های فلزی غیرآهنی	۰/۲۶	۱/۱۲	۱/۳۸
سرب و روی	۰/۲۷	۱/۰۴	۱/۳۱
سنگ طلا	۰/۲۸	۰/۹۹	۱/۲۷
سنگ مس	۰/۲۶	۱/۰۹	۱/۳۵
کرومیت	۰/۲۷	۱/۰۴	۱/۳۱
منگنز	۰/۲۹	۰/۹۵	۱/۲۴
بوکسیت	۰/۲۸	۰/۹۹	۱/۲۷
نیکل، آنتیموان و تیتانیوم	۰/۳۰	۰/۸۷	۱/۱۷
استخراج سنگ، شن و ماسه و ...	۰/۲۵	۱/۱۶	۱/۴۱
شن و ماسه	۰/۲۶	۱/۱۰	۱/۳۶
سنگ تزئینی	۰/۲۶	۱/۱۰	۱/۳۶
سنگ لاشه	۰/۲۷	۱/۰۶	۱/۳۳
سنگ بالاست	۰/۳۰	۰/۸۷	۱/۱۷
سنگ آهک	۰/۲۶	۱/۱۰	۱/۳۶
سنگ گچ	۰/۲۷	۱/۰۳	۱/۳۰
کائولن، خاک نسوز و ...	۰/۲۷	۱/۰۲	۱/۲۹
دولومیت	۰/۲۹	۰/۹۳	۱/۲۲
بنتونیت و گل سرشوی	۰/۲۹	۰/۹۵	۱/۲۴
استخراج مواد معدنی شیمیایی و ...	۰/۲۸	۱/۰۱	۱/۲۹
باریت	۰/۲۹	۰/۹۶	۱/۲۵
سولفات استرونیسم و بر	۰/۲۹	۰/۹۲	۱/۲۱
سولفات سدیم	۰/۲۹	۰/۹۲	۱/۲۱
فلورین	۰/۲۹	۰/۹۵	۱/۲۴
فسفات، پتاس، ید و ...	۰/۲۹	۰/۹۵	۱/۲۴
استخراج نمک	۰/۲۸	۰/۹۸	۱/۲۶
استخراج سایر مواد معدنی	۰/۲۷	۱/۰۴	۱/۳۱
قیر طبیعی جامد	۰/۳۰	۰/۸۹	۱/۱۹
سیلیس	۰/۲۸	۰/۹۹	۱/۲۷
پوکه معدنی	۰/۲۹	۰/۹۴	۱/۲۳
فلدسپات	۰/۲۸	۰/۹۷	۱/۲۵
تالک	۰/۳۰	۰/۸۸	۱/۱۸
صدف دریایی و میکا	۰/۳۰	۰/۸۸	۱/۱۸
منیزیت و گل سفید	۰/۲۹	۰/۹۵	۱/۲۴
سنگ‌های قیمتی و نیمه‌قیمتی	۰/۲۹	۰/۹۵	۱/۲۴
متوسط	۰/۲۸	۰/۹۹	۱/۲۷

مأخذ: نتایج پژوهش

در مرحله بعد و با توجه به نتایج مرحله ۱، اجزای بهره‌وری کل عوامل محاسبه می‌شوند. در جدول (۴) میانگین رشد بهره‌وری کل عوامل تولید فعالیت‌های معدنی ایران به پیشرفت فنی، تغییرات

کارآیی فنی و تغییر کارآیی مقیاس تجزیه شده است. میانگین رشد TFP بین سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۴۰۰ به‌طور متوسط سالانه ۰/۲۰۷ درصد بوده است که شامل ۰/۱۹۳ درصد پیشرفت فنی، ۰/۰۰۳ درصد تغییر کارآیی فنی و ۰/۰۱۱ درصد اثرات مقیاس است. نتایج نشان می‌دهد عامل اصلی رشد بهره‌وری کل عوامل تولید فعالیت‌های معدنی، پیشرفت فنی بوده است.

جدول ۴: حقایق آشکارشده اجزای بهره‌وری کل عوامل تولید فعالیت‌های معدنی ایران، در سال‌های ۱۳۹۲-۱۴۰۰ (درصد)

Table 4: Revealed facts of the components of total factor productivity of Iran's mining activities 2013-2021 (percent)

شاخص	میانگین	انحراف معیار	حداکثر	حداقل
پیشرفت فنی	۰/۱۹۳	۰/۱۳۸	۰/۳۹۷	-۰/۰۰۹
تغییر کارآیی فنی	۰/۰۰۳	۰/۰۵	۰/۱۱۰	-۰/۰۸۸
اثرات مقیاس	۰/۰۱۱	۰/۰۳	۰/۰۸۴	-۰/۰۲۲
رشد بهره‌وری کل عوامل تولید	۰/۲۰۷	۰/۳۵۱	۰/۸۹۲	-۰/۴۵۴

مأخذ: نتایج پژوهش

رشد TFP و اجزای آن در جدول (۵) در دوره ۱۳۹۲-۱۴۰۰ نشان داده شده است. در سال ۱۳۹۲، نرخ رشد بهره‌وری کل عوامل تولید ۰/۰۱۲- درصد رشد داشته است که شامل ۰/۰۰۹- درصد پیشرفت فنی، ۰/۰۸۸- درصد تغییر کارآیی فنی و ۰/۰۸۴ درصد اثرات مقیاس است. روند رشد TFP در طول دوره افزایشی می‌باشد و از ۰/۰۱۲- درصد در سال ۱۳۹۲ به ۰/۴۹۳ درصد در سال ۱۴۰۰ افزایش می‌یابد که علت اصلی آن، پیشرفت فنی بوده است. اگرچه پیشرفت فنی در سال ۱۳۹۲ رشد منفی داشته است، اما روند آن در دوره مورد بررسی با بهبود همراه بوده است. رشد پیشرفت فنی در سال ۱۳۹۲ حدود ۰/۰۰۹- درصد بوده که این رقم در سال ۱۴۰۰ به ۰/۳۹۷ درصد رسیده است که این نشان از بهبود وضعیت پیشرفت فنی در فعالیت‌های معدنی ایران در این دوره دارد. جزء دیگر رشد بهره‌وری کل عوامل یعنی تغییر کارآیی فنی در ابتدای دوره منفی بوده، اما از سال ۱۳۹۷ مثبت شده و اثرات مقیاس به‌عنوان دیگر جزء بهره‌وری کل، نوسانی بوده است. اثرات مقیاس که بیانگر اثرات نهاده‌های کلاسیک رشد یعنی نیروی کار و موجودی سرمایه را اندازه‌گیری می‌کند، در ابتدای دوره وضعیت بهتری داشته، به‌طوری‌که در سال ۱۳۹۲ معادل ۰/۰۸۴ درصد بهره‌وری کل را افزایش داده، اما در سال ۱۳۹۷، اثر منفی بر بهره‌وری داشته است.

جدول ۵: تجزیه بهره‌وری کل عوامل تولید به تفکیک فعالیت‌های معدنی ایران

در سال‌های ۱۴۰۰-۱۳۹۲ (درصد)

Table 5: Analysis of total factor productivity by mining activities in Iran 2013 – 2021 (percent)

TFP		اثرات مقیاس		تغییر کارآیی فنی		پیشرفت فنی		سال
میانگین	انحراف	میانگین	انحراف	میانگین	انحراف	میانگین	انحراف	
معیار		معیار		معیار		معیار		
۰/۱۲۷	-۰/۰۱۲	۰/۱۱۵	۰/۰۸۴	۰/۰۴۹	-۰/۰۸۸	۰/۰۳۹	-۰/۰۰۹	۱۳۹۲
۰/۰۵۰	۰/۰۳۶	۰/۰۴۱	۰/۰۰۷	۰/۰۰۹	-۰/۰۱۵	۰/۰۳۷	۰/۰۴۴	۱۳۹۳
۰/۰۷۷	۰/۱۰۲	۰/۰۷۳	۰/۰۱۱	۰/۰۰۲	-۰/۰۰۳	۰/۰۳۷	۰/۰۹۴	۱۳۹۴
۰/۰۵۵	۰/۱۵۲	۰/۰۴۹	۰/۰۱۰	۰/۰۰۰۵	-۰/۰۰۱	۰/۰۳۴	۰/۱۴۳	۱۳۹۵
۰/۰۵۴	۰/۱۹۸	۰/۰۴۰	۰/۰۰۶	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۳۴	۰/۱۹۲	۱۳۹۶
۰/۰۶۱	۰/۲۲۰	۰/۰۵۰	-۰/۰۲۲	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۱	۰/۰۳۲	۰/۲۴۱	۱۳۹۷
۰/۰۵۵	۰/۲۹۸	۰/۰۴۳	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۴	۰/۰۳۰	۰/۲۹۳	۱۳۹۸
۰/۰۶۹	۰/۳۷۶	۰/۰۵۹	۰/۰۱۴	۰/۰۱۱	۰/۰۱۹	۰/۰۳۱	۰/۳۴۳	۱۳۹۹
۰/۰۸۴	۰/۴۹۳	۰/۰۴۲	-۰/۰۱۴	۰/۰۶۲	۰/۱۱۰	۰/۰۳۰	۰/۳۹۷	۱۴۰۰
۰/۰۷۰	۰/۲۰۷	۰/۰۵۷	۰/۰۱۱	۰/۰۱۵	۰/۰۰۳	۰/۰۳۴	۰/۱۹۳	متوسط

مأخذ: نتایج پژوهش

رشد بهره‌وری کل عوامل تولید در جدول (۶) به تفکیک فعالیت‌های معدنی ایران ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد، رشد بهره‌وری کل در تمامی فعالیت‌ها در دوره مورد بررسی مثبت بوده که عامل اصلی آن پیشرفت فنی است. بیشترین رشد بهره‌وری کل در دوره ۱۴۰۰-۱۳۹۲ به فعالیت استخراج سنگ آهن اختصاص دارد که به‌طور متوسط سالانه ۰/۲۷۷ درصد رشد را تجربه کرده، همچنین کمترین رشد بهره‌وری کل مربوط به فعالیت سنگ‌های قیمتی و نیمه‌قیمتی بوده که متوسط سالانه ۰/۱۳۸ درصد رشد داشته است. در این دوره، نیمی از فعالیت‌های معدنی یعنی ۱۸ فعالیت بیش از متوسط رشد بهره‌وری یعنی ۰/۲۰۷ رشد در بهره‌وری داشته و نیمی دیگر کمتر از متوسط رشد داشته‌اند.

جدول ۶: تجزیه بهره‌وری کل عوامل تولید در فعالیت‌های معدنی ایران؛

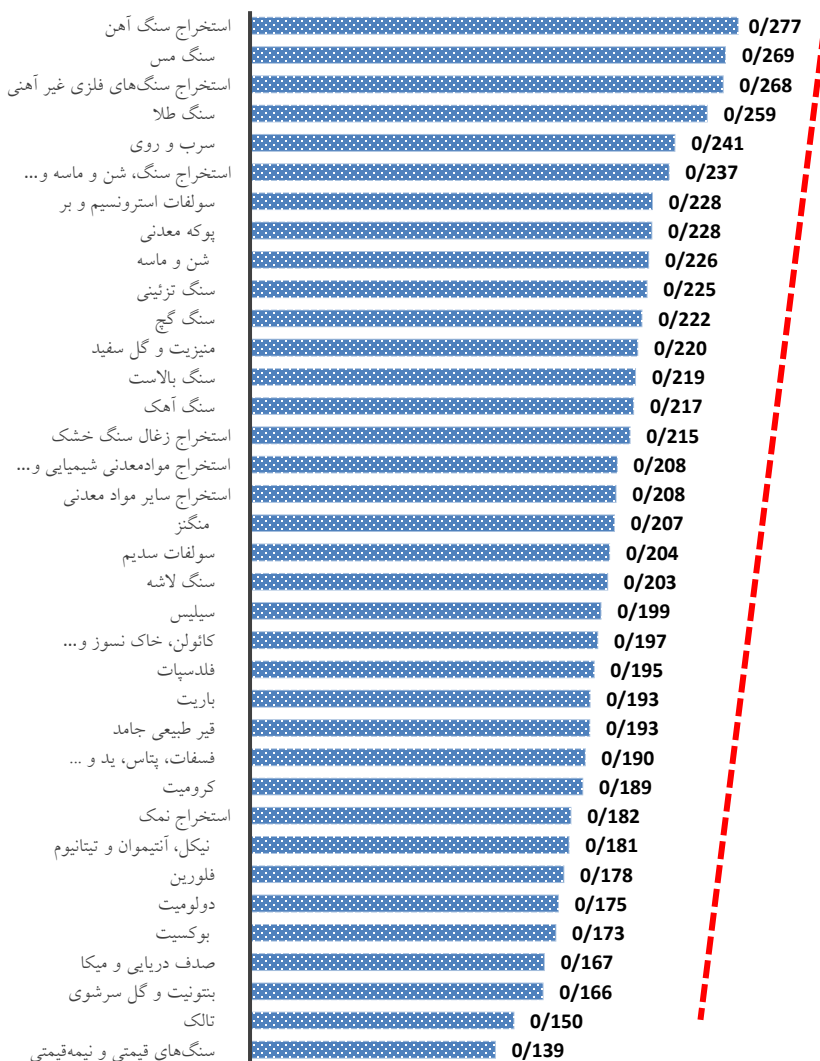
در سالهای ۱۴۰۰-۱۳۹۲ (درصد)

Table 6: Analysis of Total Factor Productivity in Iran Mining Activities 2013 – 2021 (percent)

TFP		اثرات مقیاس		تغییر کارایی فنی		پیشرفت فنی		فعالیت معدنی
انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	
۰/۲۲۰	۰/۲۱۵	۰/۰۳۳	۰/۰۰۴	۰/۰۷۴	۰/۰۰۴	۰/۱۴۱	۰/۲۰۷	استخراج زغال سنگ خشک
۰/۱۱۴	۰/۲۷۷	۰/۰۴۶	۰/۰۱۴	۰/۰۱۰	۰/۰۰۱	۰/۱۳۵	۰/۲۶۲	استخراج سنگ آهن
۰/۱۳۵	۰/۲۶۸	۰/۰۴۱	۰/۰۲۱	۰/۰۱۳	۰/۰۰۱	۰/۱۳۶	۰/۲۴۶	استخراج سنگ‌های فلزی غیر آهنی
۰/۱۴۸	۰/۲۴۰	۰/۰۳۸	۰/۰۲۴	۰/۰۳۱	۰/۰۰۱	۰/۱۳۹	۰/۲۱۵	سرب و روی
۰/۱۷۴	۰/۲۵۹	۰/۰۶۵	۰/۰۵۶	۰/۰۲۴	۰/۰۰۱	۰/۱۵۱	۰/۲۰۲	سنگ طلا
۰/۱۲۱	۰/۲۷۰	۰/۰۵۹	۰/۰۲۳	۰/۰۰۴	۰/۰۰۰	۰/۱۳۳	۰/۲۴۷	سنگ مس
۰/۱۳۸	۰/۱۸۹	۰/۰۶۲	۰/۰۰۵	۰/۰۴۷	۰/۰۰۳	۰/۱۳۴	۰/۱۸۱	کرومیت
۰/۱۷۶	۰/۳۰۶	۰/۰۳۸	-۰/۰۱۸	۰/۰۷۵	۰/۰۰۴	۰/۱۲۳	۰/۳۲۰	منگنز
۰/۱۴۸	۰/۱۷۳	۰/۰۳۹	۰/۰۰۶	۰/۰۱۶	۰/۰۰۱	۰/۱۴۱	۰/۱۶۶	بوکسیت
۰/۱۱۸	۰/۱۸۰	۰/۰۸۰	۰/۰۱۶	۰/۰۰۵	۰/۰۰۰	۰/۱۳۵	۰/۱۶۴	نیکل، آنتیموان و تیتانیوم
۰/۲۱۴	۰/۲۳۷	۰/۰۲۵	-۰/۰۰۶	۰/۰۹۴	۰/۰۰۵	۰/۱۳۷	۰/۲۳۸	استخراج سنگ، شن و ماسه و ...
۰/۲۴۲	۰/۲۲۵	۰/۰۵۲	۰/۰۰۱	۰/۰۹۲	۰/۰۰۵	۰/۱۳۷	۰/۲۱۹	شن و ماسه
۰/۱۹۹	۰/۳۲۵	۰/۰۳۵	-۰/۰۰۷	۰/۰۷۵	۰/۰۰۴	۰/۱۳۶	۰/۳۲۸	سنگ تزئینی
۰/۲۱۵	۰/۳۰۲	۰/۰۳۵	-۰/۰۰۸	۰/۰۸۹	۰/۰۰۵	۰/۱۳۷	۰/۲۰۵	سنگ لاشه
۰/۱۴۴	۰/۲۱۹	۰/۱۵۴	۰/۰۶۲	۰/۰۲۸	۰/۰۰۲	۰/۱۵۰	۰/۱۵۵	سنگ بالاست
۰/۱۶۹	۰/۲۱۷	۰/۰۴۷	-۰/۰۰۸	۰/۰۷۶	۰/۰۰۴	۰/۱۳۹	۰/۲۲۱	سنگ آهک
۰/۱۶۵	۰/۲۲۲	۰/۰۹۰	۰/۰۱۳	۰/۰۷۳	۰/۰۰۴	۰/۱۳۲	۰/۲۰۵	سنگ گچ
۰/۱۸۴	۰/۱۹۷	۰/۰۳۲	-۰/۰۰۱	۰/۰۵۴	۰/۰۰۳	۰/۱۴۰	۰/۱۹۵	کاتولن، خاک سوز و ...
۰/۲۱۷	۰/۱۷۵	۰/۰۳۷	۰/۰۰۴	۰/۰۷۰	۰/۰۰۴	۰/۱۴۶	۰/۱۶۷	دولومیت
۰/۱۸۸	۰/۱۶۷	۰/۰۳۶	۰/۰۰۶	۰/۰۶۴	۰/۰۰۴	۰/۱۴۴	۰/۱۵۷	بنتونیت و گل سرشوی
۰/۱۴۰	۰/۲۰۷	۰/۰۶۷	۰/۰۰۲	۰/۰۴۰	۰/۰۰۲	۰/۱۳۷	۰/۲۰۳	استخراج موادمعدنی شیمیایی و ...
۰/۱۷۰	۰/۱۹۳	۰/۰۵۳	-۰/۰۰۶	۰/۰۶۶	۰/۰۰۴	۰/۱۳۲	۰/۱۹۵	باریت
۰/۱۹۸	۰/۳۲۸	۰/۱۳۷	۰/۰۶۰	۰/۰۴۱	۰/۰۰۲	۰/۱۵۰	۰/۱۶۶	سولفات استرونیسم و بر
۰/۱۶۸	۰/۲۰۴	۰/۱۶۸	۰/۰۶۵	۰/۰۱۳	۰/۰۰۱	۰/۱۶۴	۰/۱۳۸	سولفات سدیم
۰/۱۵۳	۰/۱۷۸	۰/۰۴۹	۰/۰۱۱	۰/۰۲۳	۰/۰۰۲	۰/۱۳۴	۰/۱۶۵	فلورین
۰/۱۰۱	۰/۱۹۰	۰/۰۶۵	-۰/۰۰۷	۰/۰۰۴	۰/۰۰۰	۰/۱۳۸	۰/۱۹۷	فسفات، پتاس، ید و ...
۰/۱۸۴	۰/۱۸۳	۰/۰۳۱	-۰/۰۰۹	۰/۰۶۲	۰/۰۰۴	۰/۱۳۸	۰/۱۸۸	استخراج نمک
۰/۲۰۴	۰/۳۰۷	۰/۰۲۰	۰/۰۰۱	۰/۰۷۳	۰/۰۰۴	۰/۱۳۶	۰/۲۰۲	استخراج سایر مواد معدنی
۰/۲۰۹	۰/۱۹۲	۰/۰۶۱	۰/۰۱۷	۰/۰۴۰	۰/۰۰۲	۰/۱۳۵	۰/۱۷۳	قیر طبیعی جامد
۰/۱۸۸	۰/۱۹۹	۰/۰۲۰	۰/۰۰۲	۰/۰۵۸	۰/۰۰۳	۰/۱۳۶	۰/۱۹۴	سیلیس
۰/۲۱۵	۰/۲۱۵	۰/۰۳۰	-۰/۰۲۰	۰/۰۱۰۶	۰/۰۰۶	۰/۱۲۱	۰/۲۴۱	پوکه معدنی
۰/۱۹۱	۰/۱۹۶	۰/۰۴۰	۰/۰۱۸	۰/۰۶۶	۰/۰۰۴	۰/۱۴۳	۰/۱۷۴	فلدسپات
۰/۲۰۰	۰/۱۴۹	۰/۰۳۹	-۰/۰۰۶	۰/۰۶۰	۰/۰۰۳	۰/۱۳۴	۰/۱۵۲	تالک
۰/۱۷۲	۰/۱۶۷	۰/۰۳۵	-۰/۰۱۲	۰/۰۶۸	۰/۰۰۴	۰/۱۲۶	۰/۱۱۵	صدف دریایی و میکا
۰/۱۷۹	۰/۲۱۹	۰/۱۲۸	۰/۰۴۸	۰/۰۵۲	۰/۰۰۳	۰/۱۳۸	۰/۱۶۸	منیزیت و گل سفید
۰/۱۳۹	۰/۱۲۸	۰/۰۷۱	۰/۰۱۵	۰/۰۲۶	۰/۰۰۱	۰/۱۳۷	۰/۱۲۲	سنگ‌های قیمتی و نیمه‌قیمتی
۰/۱۷۳	۰/۲۰۷	۰/۰۵۶	۰/۰۱۱	۰/۰۵۰	۰/۰۰۳	۰/۱۳۸	۰/۱۹۳	متوسط

مأخذ: نتایج پژوهش

در میان اجزای بهره‌وری کل، پیشرفت فنی، وضعیت مطلوب‌تری داشته است. متوسط رشد پیشرفت فنی در کل دوره معادل ۰/۱۹۳ درصد بوده است که در میان ۳۶ فعالیت معدنی، ۱۹ فعالیت بیش از متوسط و ۱۷ فعالیت کمتر از متوسط رشد داشته‌اند.



نمودار ۳: متوسط بهره‌وری کل عوامل تولید در فعالیت‌های معدنی ایران ۱۴۰۰-۱۳۹۲ (درصد)

Chart 3: Average Total Factor Productivity in Iranian Mining Activities, 2013-2021 (Percent)

مأخذ: نتایج پژوهش

۵. جمع‌بندی و بحث

هدف از نگارش این مقاله، ارزیابی پیشران‌های بهره‌وری در بخش معدن بود. در این راستا، با استفاده از روش مدل مرزی تصادفی، کارآیی فنی فعالیت‌های معدنی برآورد و سپس تغییرات کارآیی فنی محاسبه شد. به دنبال آن، مدل مرزی تصادفی (تابع ترانسلوگ) برای فعالیت‌های معدنی با روش داده‌های پانل برآورد و با استفاده از نتایج برآورد مدل، کشش‌های نیروی کار، سرمایه و پیشرفت تکنولوژیکی (فنی) محاسبه شدند. پس از این مراحل، با بهره‌گیری از نتایج بخش اول و دوم اجزای بهره‌وری کل عوامل تولید شامل تغییرات کارآیی فنی، پیشرفت تکنولوژیکی و اثرات مقیاس اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها نشان داد، برای تمامی صنایع، کشش نیروی کار بیش از کشش تولیدی سرمایه است. به نظر می‌رسد تغییر نیروی کار بیش از سرمایه، تولید را در بخش معدن ایران تحت تأثیر قرار می‌دهد. متوسط کشش تولیدی نیروی کار ۰/۹۹ و کشش تولیدی سرمایه ۰/۲۸ است. بر این مبنا، بازدهی نسبت به مقیاس در ۳۶ فعالیت فزاینده است. این یافته‌ها نشان می‌دهد، هنوز ظرفیت‌های خالی در این بخش وجود دارد و می‌توان با سرمایه‌گذاری به بازده مناسب دست یافت. بازدهی فزاینده برخی فعالیت‌ها مانند سنگ مس، کرومیت، استخراج سنگ، شن و ماسه، سنگ تزئینی و سنگ آهک بیش از ۱/۳ است و در مقایسه با سایر فعالیت‌ها، از ظرفیت بهتری برای افزایش تولید برخوردارند.

نکته مفید دیگری که از این یافته‌ها نتیجه گرفته می‌شود، این است که کشش تولیدی نیروی کار ۳/۵ برابر کشش تولیدی سرمایه است. از این رهگذر، به کارگیری نیروی انسانی در این بخش می‌تواند تولید را افزایش دهد. متوسط این کشش تقریباً برابر واحد است و یک درصد افزایش نیروی کار، تولید را به همان نسبت افزایش خواهد داد. در ۱۵ فعالیت مقدار این کشش بیش از واحد است. متوسط کشش تولید سرمایه ۰/۲۸ است و ۱۰ درصد افزایش سرمایه تولید را ۲/۸ درصد افزایش می‌دهد. به نظر می‌رسد کاربری صنایع معدنی دلیل این تفاوت کشش‌های تولیدی باشد. بنابراین ظرفیت‌های به کارگیری نیروی انسانی در این بخش نیز میسر است که البته باید متناسب با سرمایه‌گذاری نیز صورت گیرد.

پرسش کانونی این بود که مهم‌ترین عامل و محرک بهره‌وری کل در این بخش چیست؟ می‌توان بهره‌وری کل را به اجزای تشکیل دهنده آن پیشرفت فنی، تغییرات کارآیی فنی و تغییر کارآیی مقیاس تجزیه کرد و سهم هر یک را از بهره‌وری به دست آورد. در این راستا، متوسط رشد TFP بین سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۴۰۰ به طور متوسط سالانه ۰/۲۰۷ درصد بوده که از این مقدار، ۰/۱۹۳ درصد پیشرفت فنی، ۰/۰۳ درصد تغییر کارآیی فنی و ۰/۱۱ درصد اثرات مقیاس بوده است. بنابراین، این نتیجه اصلی حاصل می‌شود که محرک کلیدی رشد بهره‌وری کل عوامل تولید فعالیت‌های معدنی، پیشرفت فنی بوده و آشکار است، پیشرفت فنی به معنای تغییر تکنولوژی است که سبب می‌شود از مقدار نهاده‌های موجود، تولید بیشتری به دست آید. بنابراین، این واقعیت نشان دهنده اهمیت تکنولوژی است که چگونه ظرفیت‌های بهره‌برداری از منابع موجود را فراهم می‌کند.

سهم کارآیی فنی اندک است؛ بدین معنا که با تکنولوژی مشخص، نمی‌توان صرفاً با ترکیب نهاده‌ها، کارآیی را به‌طور قابل ملاحظه بهبود بخشید؛ زیرا عموماً بنگاه‌های اقتصادی از همه توان تکنولوژی‌ها برای افزایش تولید استفاده می‌کنند و این تکنولوژی‌ها از ظرفیت معین برخوردارند. بنابراین، برای بهبود بهره‌وری، نمی‌توان از تغییر کارآیی فنی انتظار زیادی داشت. اثرات مقیاس هر چند نسبت به کارآیی فنی نقش بیشتری دارد، ولی در مقایسه با پیشرفت فنی سهم کمتری دارد. با این اوصاف، این نتیجه نشان می‌دهد، بنگاه‌های بزرگ به دلیل کاهش هزینه متوسط، از فرصت‌های بیشتری برای به‌کارگیری تکنولوژی و افزایش ظرفیت تولید برخوردارند.

البته رشد بهره‌وری در این بخش با فراز و فرود همراه است؛ زیرا انحراف معیار برابر با ۰/۳۵ درصد است که در مقایسه با مقدار متوسط ۰/۲۱ مقدار زیادی تلقی می‌شود؛ به‌گونه‌ای که حداکثر مقدار برابر با ۰/۸۹ و حداقل مقدار برابر با ۰/۴۵ است. بنابراین، دامنه نوسان ۱/۳۵ درصد بوده که حدود ۶ برابر مقدار متوسط است. بی‌ثباتی بخشی از ظرفیت‌های تولیدی را در این بخش خنثی می‌کند و تولید را کاهش می‌دهد.

نکته جالب این است که هر سه جز تشکیل دهنده بهره‌وری، دامنه نوسان زیادی را تجربه کرده‌اند و هر یک از تحولات کلان اقتصادی متأثر هستند. دامنه نوسان پیشرفت فنی حدود ۰/۴، کارآیی فنی ۰/۲ و اثرات مقیاس ۰/۱ است. انحراف معیار هر سه جزء نشان‌دهنده نوسانات زیاد اجزا است. بیشترین نوسان را پیشرفت فنی دارد؛ زیرا با تحریم‌های اقتصادی، اولین نشانه آن ایجاد مشکل برای ورود تکنولوژی است که البته این اثر، اندازه مقیاس و کارآیی فنی را متأثر می‌کند. بنابراین، به نظر می‌رسد نوسانات بهره‌وری در این بخش، متأثر از تحولات و رخدادهای کشور است.

بیشترین رشد بهره‌وری کل در دوره ۱۴۰۰-۱۳۹۲ به فعالیت استخراج سنگ آهن اختصاص دارد که به‌طور متوسط سالانه ۰/۲۷۷ درصد رشد را تجربه کرده است. هم‌چنین کمترین رشد بهره‌وری کل مربوط به فعالیت سنگ‌های قیمتی و نیمه‌قیمتی بوده که متوسط سالانه ۰/۱۳۸ درصد رشد داشته است. در این دوره، نیمی از فعالیت‌های معدنی یعنی ۱۸ فعالیت بیش از متوسط (۰/۲۰۷) و نیمی دیگر، کمتر از متوسط رشد داشته‌اند.

در میان اجزای بهره‌وری کل، پیشرفت فنی بیشترین نقش را در میان همه فعالیت‌ها داشته است. متوسط رشد پیشرفت فنی در کل دوره برابر ۰/۱۹۳ درصد بوده است که در میان ۳۶ فعالیت معدنی، ۱۹ فعالیت بیش از متوسط و ۱۷ فعالیت کمتر از متوسط رشد داشته‌اند. بیشترین رشد پیشرفت فنی در صنایع استخراج سنگ آهن، سنگ مس و استخراج سنگ‌های فلزی غیرآهنی رخ داده و سهم کارآیی فنی در همه فعالیت‌ها اندک بوده، اثرات مقیاس در برخی فعالیت‌ها قابل توجه است. مقدار این اثر در فعالیت‌های سولفات سدیم، سنگ بالاست، سولفات استرونیسم، سنگ طلا و منیزیت و گل سفید بیش از سایر صنایع است.

آشکار است که پیشرفت فنی نقش محوری در رشد بهره‌وری همه فعالیت‌ها دارد. بنابراین برای بهره‌مندی از مزایای این بخش، استفاده از فناوری‌های به‌روز اجتناب‌ناپذیر است. بر این اساس، انتقال

فناوری، بهبود اقتصاد مقیاس، همکاری با شرکت‌های بین‌المللی و به‌کارگیری نیروی انسانی ماهر می‌تواند محرک خوبی برای این بخش باشد.

سپاسگزاری: در پایان، نویسندگان بر خود لازم می‌دانند که از سردبیر و داوران محترم مجله پژوهش‌های اقتصادی (رشد و توسعه پایدار) برای بهبود و ارتقاء متن مقاله، قدردانی نمایند.

تأییدیه‌های اخلاقی: موردی وجود ندارد.

تعارض منافع: موردی وجود ندارد.

سه‌م نویسندگان در مقاله: نویسنده اول (۳۳ درصد)، نویسنده دوم (۳۳ درصد) و نویسنده سوم (۳۳ درصد)

منابع مالی / حمایت‌ها: وجود ندارد.

References:

- Acemoglu, D. (2007). *Introduction to modern economic growth*. Princeton University Press.
- Statistical Centre of Iran. (2023).
- Aghion, P., & Howitt, P. (1992). A model of growth through creative destruction. *Econometrica*, 60(2), 323-351.
- Aghion, PH., & Howitt, P. (2007). Capital, innovation, and growth accounting. *Oxford Review of Economic Policy*, 23(1), 79-93.
- Behboodi, D., & Montazeri, S. J. (2013). The investigation of TFP in Iranian in economy (1997-2007) (Growth Accounting Approach). *Economic Growth and Development Research*, 1(3), 49-70. [In Persian]
- Bassem, B. S. (2014). Total factor productivity change of MENA microfinance institutions: A Malmquist productivity index approach. *Economic Modelling*, 39, 182-189.
- Feng, CH., Wang, M., Liu, G., & Huang, J. (2017). Sources of economic growth in China from 2000-2013 and its further sustainable growth path: A three-hierarchy meta-frontier data envelopment analysis. *Economic Modelling Journal*, 64, 334-348.
- Fissel, B., Felthoven, R., Kasperiski, S., & O'Donnell, CH. (2015). Decomposing productivity and efficiency changes in the Alaskahead and gut factory trawl fleet. *Marine Policy Journal*, 62, 337-346.
- Fitras, M. H., Dehghanpoor, M. R., & Dehmabad, B. (1391). The influence of productivity in the economic growth of Iranian production industries through panel data approach. *Managment and Development Process Quarterly*, 25(1), 27-44. [In Persian]
- Hussain, C. M., Paulraj, M. S., & Nuzhat, S. (2021). *Source reduction and waste minimization*. Elsevier.
- Jorgenson, D. W. (1991). Productivity and economic growth. In *Fifty Years of Economic Measurement: The Jubilee of the Conference on Research in Income and Wealth* (pp. 19-118). University of Chicago Press.
- Kalio, A., Mutenyo, J., & Owuor, G. (2012). Analysis of economic growth in Kenya: Growth accounting and total factor productivity. *Applied Economics*, 1(6), 2-22.
- Kumbhakar, S.C. (2004). Productivity and efficiency measurement parametric econometric methods. Presented at *The XIII International Tor Vergata Conference on Banking and Finance "Transparency, Governance and Markets"*, Rome, Italy (Dec 1-3 2004).
- Komejani, A., & Mahmoodzade, M. (2007). The role of information and communication technology on economic growth in Iran (Growth Accounting Approach). *Economic Research*, 29(8), 75-107. [In Persian]
- Kathuria, V., Raj, R. S., & Sen, K. (2011). *Productivity measurement in Indian manufacturing: A comparison of alternative methods*. Institute for Development Policy and Management. Lederman, D., & Saenz, L. (2005). *Innovation and Development around the World, 1960-2000* (Vol. 3774). World Bank Publications.

- Mahmoudzade, M., & Fatabadi, M. (2016). Driving factors of total factor productivity in Iranian manufacturing industries. *Journal of Economic Modeling Research*, 7(26), 141-165. [In Persian]
- Mahmoudzade, M., Moosavi, M., & Paknahad, F. (2014) Accounting for value added growth in Iran in manufacturing industries whit an emphasis on imformation technology. *Economic Modeling*, 4(32), 41-64. [In Persian]
- Mirzayi, H., & Banouei, A. A. (2014). Investigation on the impact of knowledge on economic growth of Iran's provinces. *Economic Research*, 15(58), 84-110. [In Persian]
- Mahadevan, R. (2003). To measure or not to measure total factor productivity growth?. *Oxford Development Studies*, 31(3), 365-78.
- Mankiw, N.G., Romer, D., & Weil, D. (1992). A contribution to the empirics of economic growth. *Quart. J. Econ.*, 107, 407-437.
- Mia, A., & Bassem, I. (2016). Productivity and its determinants in microfinance institutions (MFIs): Evidence from South Asian countries. *Economic Analysis and Policy*, 51, 32-45.
- Mia, M. A., & Chandran, V. G. R. (2015). Measuring financial and social outreach productivity of microfinance institutions in Bangladesh. *Social Indicators Research*, 127(2), 505-527.
- Oh, D.H., & Lee, Y.G. (2016). Productivity decomposition and economies of scale of Korean fossil-fuel power generation companies: 2001-2012. *Energy*, 100, 1-9.
- Prescott, E. (1998). A theory of total factor productivity. *International Economic Review*, 39(3), 525-551.
- Statistics Center of Iran, Statistical plan of mining activites, different years [In Persian]
- Senhadji, A. (2000). Sources of economic growth: An extensive growth accounting exercise. *IMF Staff Papers*, 47(1), 129-158.
- Sharma, S., Sylwester, K., & Margono, H. (2007). Decomposition of total factor productivity growth in U.S. states. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 47(2), 215-241.
- Solow, R. M. (1957). Technical change and the aggregate production function. *The Review of Economics and Statistics*, 39(3), 312-320