# نقش سرمایه انسانی و تحقیق‌وتوسعه بر بهره‌وری کل عوامل در بخش معدن

**علیرضا امینی** | ar.amini@iauctb.ac.ir
دانشیار دانشکده اقتصاد و حسابداری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی (نویسنده مسئول).

**مصطفی محمدی** | m.mohammadi@itsr.ir
کارشناس ارشد مهندسی صنایع، پژوهشگر موسسه مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی وابسته به وزارت صنعت، معدن، و تجارت.

**زهرا علیزاده** | zahraalizade27@yahoo.com
کارشناس ارشد اقتصاد وزارت تعاون، کار، و رفاه اجتماعی.

دریافت: ۱۳۹۶/۰۱/۲۷ | پذیرش: ۱۳۹۷/۰۲/۲۳

**چکیده:** یکی از راه‌های ارتقای رقابت‌پذیری بخش معدن، ارتقای بهره‌وری کل عوامل در فعالیت‌های معدنی است. همچنین، شناسایی راهکارهای عملیاتی ارتقای بهره‌وری از اهمیت زیادی برخوردار است. در پژوهش حاضر، ارزش‌افزوده با یک روش ابتکاری مبتنی بر شاخص مقداری دیویژیا به تفکیک هفت فعالیت معدنی در دوره ۱۳۹۴-۱۳۷۵ اندازه‌گیری شده است. نتایج اندازه‌گیری بهره‌وری کل عوامل به روش تقریب ترنکوئیست شاخص دیویژیا نشانگر آن است که شاخص بهره‌وری کل عوامل در فعالیت‌های معدنی در دوره مورد بررسی به‌طور متوسط سالانه حدود ۲/۶ درصد افزایش یافته است و حدود ۲۹/۲ درصد از رشد ارزش‌افزوده کل فعالیت‌های معدنی از راه رشد بهره‌وری کل عوامل، تامین شده است. بیش‌ترین سهم رشد بهره‌وری کل عوامل در تامین رشد ارزش‌افزوده مربوط به فعالیت استخراج ذغال سنگ با ۳۳/۶ درصد بوده است و رشد تولید فعالیت استخراج مواد شیمیایی معدنی فقط از راه استفاده بیش‌تر از منابع حاصل شده است. در ادامه، نقش سرمایه انسانی و تحقیق‌وتوسعه در ارتقای بهره‌وری کل عوامل با استفاده از داده‌های تابلویی به روش گشتاورهای تعمیم‌یافته شناسایی شده است. نتایج حاصل از برآورد الگو به روش پانل دیتا نشانگر آن است که متغیرهای درصد شاغلان دارای آموزش عالی به عنوان نماینده‌ای از سرمایه انسانی، سرمایه تحقیق‌وتوسعه و مقیاس فعالیت معادن تاثیر مثبت و معنادار بر بهره‌وری کل عوامل دارند. در بین متغیرهای اشاره‌شده، سرمایه تحقیق‌وتوسعه و سرمایه انسانی تاثیر به‌مراتب کم‌تری بر بهره‌وری داشته‌اند.

**کلیدواژه‌ها:** بهره‌وری کل عوامل، سرمایه انسانی، سرمایه تحقیق‌وتوسعه، شاخص دیویژیا، فعالیت‌های معدنی، ارزش‌افزوده.

**طبقه‌بندی JEL:** O13,O47,J24.

فصلنامه علمی - پژوهشی برنامه‌ریزی و بودجه | شاپا (چاپی) ۲۲۵۱-۹۰۹۲ | نمایه در ISC
سال بیست و سوم | شماره ۲ | تابستان ۱۳۹۷ | ص‌ص ۷۸-۴۷

**مقدمه**

ارتقای بهره‌وری رویکردی است که در دهه‌های اخیر به عنوان کلید حل مسئله رشد و پیشرفت اقتصاد مطرح شده است. در برخی از کشورها، با اجرای برنامه‌های ارتقای بهره‌وری توانسته‌اند از این راه بخش بزرگی از عملکرد رشد را به‌دست آورند (APO, 2018). گفتنی است، با توجه به محدودیت منابع، افزایش رشد اقتصادی در کشورهای درحال‌توسعه در گروِ ارتقای بهره‌وری است. افزون بر این، در عصر جهانی شدن و رقابت گسترده‌ای که در بازارهای جهانی وجود دارد، ارتقای توان رقابت‌پذیری بنگاه‌ها مستلزم ارتقای بهره‌وری است[1]. بر اساس این، تبیین عوامل موثر بر بهره‌وری می‌تواند در شناسایی سیاست‌ها و اقدام‌های اجرایی برای دستیابی به افزایش بهره‌وری موثر باشد.

بخش معدن به عنوان یکی از مهم‌ترین بخش‌های تولیدی کشور، به دلیل قرار گرفتن در حلقه ابتدایی زنجیره ارزش بسیاری از تولیدهای صنعتی، اهمیت ویژه‌ای دارد. هر کشوری که دارای ذخایر طبیعی و منابع معدنی است، در صورت بهره‌برداری بهینه (بکارگیری روش‌های درست استخراج، کنترل ضایعات، و رعایت میزان بهینه استخراج از ذخایر)، می‌تواند سال‌ها تامین‌کننده ارز و پشتیبانی‌کننده مواد اولیه صنایع تولیدی خود باشد. بر اساس آمار سازمان توسعه و نوسازی معادن و صنایع معدنی ایران، بیش از ۶۸ نوع ماده معدنی ازجمله سنگ‌آهن، کروم، منگنز، مس، طلا، سرب و روی و الخ، در ایران وجود دارند که از ظرفیت‌های مهم کشور محسوب می‌شوند (سازمان گسترش و توسعه صنایع معدنی ایران-ایمیدرو، ۱۳۹۷).[2] ایران به لحاظ ذخایر معدنی، رتبه نخست خاورمیانه و سوم آسیا را در اختیار دارد و در جهان، جزء ۱۰ کشور برتر محسوب می‌شود که ارزشی بالغ بر ۷۷۰ میلیارد دلار دارند (وزارت صنعت، معدن، و تجارت[3]، ۱۳۹۷). سالانه از حدود ۵۶۰۰ معدن فعال کشور نزدیک به ۴۰۰ میلیون تن مواد معدنی استخراج می‌شود، به‌طوری که در تولید فولاد خام با تولید ۲۱/۲ میلیون تن، ایران در رتبه ۱۳ جهانی قرار دارد. در سال ۲۰۱۷، ایران در ارتباط با ذخایر سنگ‌آهن خام و آهن محتوی به‌ترتیب با ۲/۷ و ۱/۵ میلیون تن، در رتبه دهم و نهم ذخایر جهانی قرار دارد (وزارت صنعت، معدن، و تجارت، ۱۳۹۷). شواهد آماری، حاکی از فراوانی ذخایر معدنی ایران و توان بالقوه بالای این صنعت برای اقتصاد کشور است. بی‌توجهی به ارتقای بهره‌وری، حلقه مفقوده در بهره‌برداری از فرصت‌های موجود در بخش معدن است (محمودزاده و زیتون‌نژاد، ۱۳۹۱).

---

۱.برای اطلاع از رابطه بهره‌وری و رقابت‌پذیری به پژوهش امینی و سیمار اصل (۱۳۹۱) مراجعه شود.

2.http://www.imidro.gov.ir/article/4479

3. http://ilm.mimt.gov.ir/news/181970

در برنامه ششم توسعه، در راستای بهبود عملکرد بخش معدن، به ارتقای بهره‌وری در فعالیت‌های اقتصادی از جمله معدن توجه ویژه‌ای شده است و در این ارتباط، مقرر شده است متوسط رشد سالانه ارزش‌افزوده این بخش حدود ۸/۸ درصد باشد و متوسط رشد بهره‌وری کل عوامل (TFP[1]) به حدود ۲/۴ درصد افزایش یابد؛ یعنی حدود ۲۷/۳ درصد رشد تولید باید از راه ارتقای بهره‌وری به‌دست آید. نتایج بررسی پژوهش‌های تجربی نشانگر آن است که تاکنون نقش سرمایه انسانی و تحقیق‌وتوسعه[1] در ارتقای بهره‌وری کل عوامل معادن به تفکیک فعالیت‌های معدنی مورد بررسی قرار نگرفته است و ادبیات پیشین، بیش‌تر معطوف به سطح کل اقتصاد، فعالیت‌های صنعتی یا یک رشته فعالیت معدنی خاص (مانند معادن مس) بوده‌اند. افزون بر این، تاکنون بهره‌وری کل عوامل به تفکیک فعالیت‌های معدنی مختلف در ایران اندازه‌گیری نشده است و اندازه‌گیری صرفاً به کل بخش معدن محدود شده است. برای مثال، بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران[2] و سازمان ملّی بهره‌وری ایران[3] بهره‌وری را فقط در سطح کل بخش معدن بدون تفکیک فعالیت‌های معدنی اندازه‌گیری کرده‌اند (سازمان ملّی بهره‌وری ایران، ۱۳۹۷). مرکز آمار ایران نیز تاکنون آمارهای ارزش‌افزوده را به تفکیک فعالیت‌های معدنی به قیمت ثابت منتشر نکرده و شاخص بهره‌وری کل عوامل را به تفکیک محاسبه نکرده است. در نتیجه، سهم اصلی پژوهش حاضر در اندازه‌گیری ارزش‌افزوده به قیمت ثابت به تفکیک فعالیت‌های معدنی، در شرایطی است که شاخص‌های قیمت تولیدکننده به تفکیک فعالیت‌های معدنی توسط مرکز آمار ایران و بانک مرکزی[4] منتشر نشده‌اند. افزون بر این‌ها، موجودی سرمایه فیزیکی و سرمایه تحقیق‌وتوسعه به تفکیک فعالیت‌های معدنی توسط بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران یا مرکز آمار ایران برآورد نشده‌اند و در پژوهش حاضر برای نخستین بار موجودی این دو سرمایه برآورد شده است. بنابراین، پژوهش حاضر با بکارگیری یک روش نوآورانه در محاسبه ارزش‌افزوده به تفکیک فعالیت‌های معدنی به قیمت ثابت، بهره‌وری کل عوامل را اندازه‌گیری می‌کند و درصدد است شکاف موجود در پژوهش‌های بهره‌وری را در بخش معدن برطرف نماید. همچنین، در این پژوهش بهره‌وری کل عوامل بخش معدن به تفکیک هفت فعالیت معدنی در دوره ۱۳۹۴-۱۳۷۵ اندازه‌گیری می‌شوند، سپس نقش

1. Research & Development (R&D)

۲. در جدیدترین محاسبه بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، شاخص بهره‌وری کل عوامل گروه معدن با احتساب نفت و گاز برای دوره ۱۳۹۶-۱۳۷۵ اندازه‌گیری شده است. برای اطلاع بیش‌تر به سایت بانک مرکزی به آدرس https://www.cbi.ir مراجعه شود.

3. http://nipo.gov.ir
4. https://www.cbi.ir

سرمایه انسانی و تحقیق‌وتوسعه در ارتقای بهره‌وری آزمون خواهد شد.

در ادامه، ابتدا به معرفی مبانی نظری عوامل موثر بر بهره‌وری و پژوهش‌های تجربی پیشین پرداخته می‌شود. سپس، داده‌های پژوهش و شیوه سنجش بهره‌وری و روند بهره‌وری بررسی می‌شوند. تصریح الگو و برآورد آن، در بخش تحلیل نتایج، و توصیه‌ها و راهکارهای اجرایی و پژوهشی در بخش پایانی ارائه می‌شود.

## مبانی نظری و پیشینهٔ پژوهش

برای شناخت عوامل موثر بر بهره‌وری کل عوامل، نظریه‌های رشد اقتصادی درون‌زا مورد بررسی قرار می‌گیرند، زیرا در این نظریه‌ها بخش باقی‌مانده رشد، درون‌زا در نظرگرفته می‌شوند. به بیان دیگر، فرض می‌شود نرخ رشد بهره‌وری کل عوامل به متغیرهای درون‌زا بستگی دارد. نظریه رشد درون‌زا به معنی رشد اقتصادی از درون سیستم اقتصادی است. در بلندمدت، نرخ رشد اقتصادی که با نرخ رشد تولید اندازه‌گیری می‌شود، وابسته به نرخ رشد بهره‌وری کل عوامل است که توسط نرخ پیشرفت فناوری تعیین می‌شود. نظریه‌های رشد اقتصادی نئوکلاسیکی سولو[1] (۱۹۵۶) و سوان[2] (۱۹۵۶) فرض می‌کنند که نرخ پیشرفت فناورانه توسط فرایند علمیِ مستقل از نیروهای اقتصادی تعیین‌شده و متخصصان اقتصاد می‌توانند نرخ رشد بلندمدت را به صورت برون‌زا از خارج سیستم اقتصادی دریافت کنند. نظریه رشد درون‌زا بیان می‌کند که نرخ رشد بلندمدت اقتصادی می‌تواند متاثر از عوامل اقتصادی باشد. در این‌جا، پیشرفت فناوری به شکل نوآوری، در قالب تولید جدید، فرایندهای تولیدی جدید، و بازارها و هر آن‌چه که نتیجهٔ فعالیت اقتصادی است، ظاهر می‌شود.

در واقع، نوآوری پژوهش‌های مربوط به الگوی رشد درون‌زا نسبت به الگوی نئوکلاسیکی این است که نرخ پیشرفت فناورانه و نرخ رشد، به صورت برون‌زا تعیین نمی‌شوند، بلکه وابسته به رفتار کارگزاران اقتصادی، یعنی ترجیح آنان در نظرگرفته می‌شود. به‌جای این‌که فرض شود رشد به دلیل بهبود فناورانه (به صورت برون‌زا) به‌طور خودکار و بدون الگو رخ می‌دهد، این نظریه‌ها بر شناخت نیروهای اقتصادی که در پشت تغییرهای فنی قرار دارند، تاکید می‌کنند (Romer, 1990; 2001; Aghion & Howitt, 1998; Grossman & Helpman, 1991).

به‌طور کلی، دو دلیل اصلی برای توسعه مدل‌های رشد درون‌زا وجود دارد؛ اول این‌که مقیاس اقتصاد و تولید کشورهای صنعتی نسبت به قرن گذشته بسیار بالاتر هستند و چنین رشدهای بالایی

1. Solow
2. Swan

نیاز به نظریه‌ها و دلایلی دارند که بتوانند این رشدهای فناورانه و اقتصادی را به بهترین شکل توضیح دهند. دلیل دوم این است که نظریه رشد درون‌زا بخش دیگری از توسعه را ارائه می‌دهد که مستقل از وابستگی به تجارت است. نظریه‌های سنتی رشد بر تجارت تاکید داشتند و آن را موتور رشد می‌دانستند (فرهادی، ۱۳۸۳؛ عظیمی، ۱۳۷۹). در حالی که نظریه رشد درون‌زا بر آموزش، مهارت نیروی کار، و توسعه فناوری‌های جدید تاکید دارد (Romer, 2001). در واقع، نظریه رشد درون‌زا نسبت به نظریه جهانی‌شدن انتقاد دارد و این نظریه، جهانی‌شدن را در آموزش و تربیت نیروی انسانی می‌بیند.

در الگوهای رشد درون‌زا، نرخ رشد یکنواخت به پارامترهای توابع مطلوبیت و تولید بستگی دارد. رشد اقتصادی بر اساس مجموعه‌ای از سازوکارهای درونی اقتصاد مانند توسعه سرمایه انسانی، تحقیق‌وتوسعه، و هزینه‌های باکیفیت دولت اتفاق می‌افتد (Lucas, 1998, Romer, 1990; Barro & Sala-i-Martin, 1995). ویژگی کلیدی مدل‌های رشد درون‌زا، نبود بازدهی‌های نزولی نسبت به نهاده‌هایی است که می‌توانند انباشت شوند. این ویژگی باعث می‌شود که رشد به‌طور نامحدود ادامه داشته باشد (درگاهی، ۱۳۸۲). بازدهی کاهنده در انباشت سرمایه، در اقتصادی که دیگر عوامل تعیین‌کننده رشد، یعنی فناوری و اشتغال نیروی کار در آن معین و برون‌زا باشند، امری اجتناب‌ناپذیر است و این مورد همان نقش محدودکننده رشد را در مدل‌های نئوکلاسیک نشان می‌دهد. گروهی از مدل‌ها وجود دارند که در آن فرض می‌شود یکی دیگر از عوامل تعیین‌کننده رشد، متناسب با سرمایه رشد می‌کند و اثرهای بازدهی کاهنده را خنثی می‌کند و تولید را متناسب با سرمایه رشد می‌دهد. این مدل‌ها به مدل AK معروف هستند، زیرا تابع تولید آن‌ها به صورت Y=AK است که A در آن ثابت است (رومر، ۱۳۸۳). به‌طور کلی، نظریه‌های رشد درون‌زا به دو شاخه تقسیم می‌شوند (امینی و حجازی آزاد، ۱۳۸۷):

۱. مدل‌های رشد مبتنی بر سرمایه انسانی که رشد بلندمدت پایدار را به انباشت سرمایه انسانی نسبت می‌دهند (Lucas, 1998).

۲. مدل‌های مبتنی بر تحقیق‌وتوسعه که به نام اقتصاد اندیشه‌ها شهرت دارند و معتقد به پیشرفت فناورانه از راه سرمایه‌گذاری در تحقیق‌وتوسعه و خلق اندیشه‌های جدید هستند (Romer, 1990; Aghion & Howitt, 1998; Grossman & Helpman, 1991).

**مدل‌های مبتنی بر سرمایه انسانی**

کیفیت نیروی انسانی، مهم‌ترین عامل موثر در بهبود بهره‌وری است (امینی و حجازی آزاد، ۱۳۸۷). تا اوایل دهه ۱۹۵۰ بیش‌تر تصور می‌شد که عامل اصلی و ریشه عقب‌ماندگی کشورهای درحال‌توسعه، کمبود سرمایه‌های مادی و فیزیکی است. در پرتو چنین طرز تفکری، این کشورها از راه‌های مختلف به جذب سرمایه می‌پرداختند که عوارض عدیده‌ای در تشدید وابستگی این کشورها داشت. اما امروزه سرمایه‌گذاری انسانی و بهبود کیفیت نیروی کار به عنوان یکی از زمینه‌ها و راه‌های اصلی افزایش بهره‌وری و تسریع رشد اقتصادی جامعه مطرح هستند. در بررسی‌های اقتصادی می‌توان گفت که سرمایه انسانی یک مفهوم اقتصادی است. در واقع، ویژگی‌های کیفی انسان نوعی سرمایه است، زیرا این ویژگی‌ها می‌تواند باعث بهره‌وری و تولید، ایجاد درآمد، و رفاه بیش‌تر شود.

سیمون کوزنتس[1] (۱۹۷۱) اعتقاد داشت که مفهوم سرمایه که تنها سرمایه فیزیکی و کالایی را شامل می‌شود، مفهومی ناقص و نارساست. پس باید سرمایه انسانی و سرمایه فیزیکی هر دو به‌حساب آیند. وی در این ارتباط می‌گوید: سرمایه انسانی یک کشور، صنعت پیشرفته، ابزارها و ادوات صنعتی آن کشور نیست؛ بلکه، اندوخته دانش‌های به‌دست‌آمده در نتیجهٔ آزمایش‌های متعدد و کارآموختگی افراد آن کشور برای بکار بردن این دانش‌هاست (سبحانی، ۱۳۷۱). همچنین، شولتز[2] (۱۹۶۱) معتقد است که نقش بهبود کیفیت نیروی کار که از راه سرمایه‌گذاری در سرمایه انسانی حاصل می‌شود، به عنوان یکی از عوامل تعیین‌کننده رشد در تحلیل‌های سنتی عوامل موثر بر رشد اقتصادی فراموش شده است. کیفیت نیروی کار که در بهداشت و تغذیه، مهارت‌ها و آموزش منعکس می‌شود در رشد اقتصادی اهمیت دارد.

به‌طور معمول، رابطه بین رشد و سرمایه انسانی در دو چارچوب اصلی مورد بررسی قرار می‌گیرند. روش اول از کار لوکاس (۱۹۸۸) نشئت می‌گیرد. وی[3] از انباشت سرمایه انسانی به عنوان منبع رشد پایدار یاد می‌کند. لوکاس به‌طور خاص بین دو منبع انباشت سرمایه انسانی، یعنی آموزش و یادگیری از انجام کار[4] تمایز قائل می‌شود. چون در این دیدگاه، رشد ابتدا از انباشت سرمایه انسانی ناشی می‌شود؛ پس اختلاف در نرخ‌های رشد بین کشورها، در بیش‌تر موارد به تفاوت در نرخ‌های انباشت سرمایه انسانی در طول زمان به این کشورها نسبت داده می‌شود. روش دوم که به پژوهش نلسون و

1. Kuznets
2. Schultz
3. On the Mechanics of Economic Development
4. Learning by Doing

فلپس[1] (۱۹۶۶) برمی‌گردد، رشد را ناشی از موجودی سرمایه انسانی[2] می‌دانند که توانایی یک کشور در نوآوری و رسیدن به‌پای کشورهای پیشرفته‌تر را تحت تاثیر قرار می‌دهد. بنابراین، تفاوت در نرخ‌های رشد بین کشورها، ناشی از تفاوت در موجودی سرمایه انسانی و به دنبال آن، تفاوت در توانایی آن‌ها در ایجاد رشد فناورانه است. نلسون و فلپس (۱۹۶۶) سعی نمودند این ایده را مدلسازی کنند که نقش اصلی آموزش، افزایش ظرفیت افراد است. فرد آموزش‌دیده، از یک سو ابداع می‌کند (یعنی فعالیت، تولید، و فناوری جدید خلق می‌کند) و از سوی دیگر، با فناوری جدید تطبیق می‌یابد و از این راه، نشر فناوری را در اقتصاد تسریع می‌کند. نلسون و فلپس (۱۹۶۶) سطح دستیابی به تحصیل را عامل رشد بهره‌وری می‌دانند و بهره‌وری نهایی دستیابی به تحصیل را تابعی افزایشی از نرخ پیشرفت فناورانه قلمداد می‌کنند.

**مدل‌های مبتنی بر تحقیق‌وتوسعه**

اندیشه‌ها فناوری تولید را بهبود می‌بخشند. یک اندیشه بکر و نو این امکان را فراهم می‌سازد که از مجموعه‌ای از نهاده‌ها و عوامل تولید، محصول بیش‌تر یا بهتری تولید کنیم. در مورد واژه تحقیق‌وتوسعه به دلیل گستردگی، پویایی، و پیچیدگی آن، تعاریف گوناگونی ارائه شده است. تحقیق‌وتوسعه عبارت است از انجام کار و فعالیتی که بر مبنای یک روش برنامه‌ریزی‌شده و نظام‌یافته صورت می‌گیرد (OECD, 1993)، یا هرگونه فعالیت منسجم و خلاقی است که در جهت افزایش سطح دانش مربوط به انسان، فرهنگ، جامعه و استفاده از این دانش برای کاربردهای جدید (OECD, 1993) بکار گرفته می‌شود. نظریه‌های جدید رشد درون‌زا به مدل‌هایی گرایش پیدا کرده‌اند که رشد بلندمدت را با تمرکز بر پیشرفت فناوری و تحقیق‌وتوسعه توضیح می‌دهند. به بیان دیگر، اهمیت این مقوله در جهان امروز باعث شده است که اقتصاددانان با واردکردن این عامل در مدل رشد، به نتایج قابل‌قبول‌تر و واقعی‌تری برسند که با جهان امروز همخوانی و سنخیت بیش‌تری دارد. در این مورد، می‌توان به پژوهش‌های رومر (۱۹۹۰)، گروسمن و هلپمن (۱۹۹۱) اشاره کرد. آن‌ها معتقد بودند که دو مشاهده به شکل‌گیری بسیاری از پژوهش‌های منتشرشده جدید در ارتباط با رشد منجر شده است. اول این‌که رشد محصول از رشد جمعیت در ۲۰۰ سال پس از انقلاب صنعتی پیشی گرفته است. دوم، کشورهای مختلف برای مدت‌های به‌نسبت طولانی در مسیرهای رشد باقی مانده‌اند. نتیجه منطقی این دو مشاهده آن است که

1. Nelson & Phelps
2. Stock of Human Capital

ابتدا باید پیشرفت فناوری را وارد مدل نمود تا توجیه‌کننده رشد سریع‌تر تولید نسبت به رشد نهاده‌ها باشد. زیرا این نوآوری‌ها نتیجهٔ آشکار فعالیت R&D در بنگاه‌ها بوده و در نتیجه، آن را به اصلی‌ترین مولفه نرخ رشد اقتصادی تبدیل ساخته است. در ضمن، این پیشرفت را باید به سیاست‌های تجاری و اقتصادی هر کشور مرتبط دانست تا بتوان با تکیه بر آن به توجیه تفاوت‌های مشاهده‌شده در نرخ‌های رشد بلندمدت کشورها دست یافت.

در نظریه‌های رشد، به نقش تحقیق‌وتوسعه به عنوان موتور رشد اقتصادی تاکید شده است. تحقیق‌وتوسعه از دو راه می‌تواند به رشد اقتصادی کمک کند. نخست، اجازه می‌دهد تا کالاهای سرمایه‌ای جدیدی معرفی شوند که ممکن است نقش بیش‌تر و بهتری در تولید نسبت به کالاهای سرمایه‌ای موجود داشته باشند. به این دلیل که محصول تابعی از انواع مختلف کالاهای سرمایه‌ای یا کیفیت کالاهای سرمایه‌ای است، پس اگر تابع تولید دارای بازدهی نزولی نسبت به هر یک از نهاده‌ها باشد، آن‌گاه رشد درون‌زا وجود خواهد داشت (Romer, 1990; Barro & Sala-i-Martin, 1995). کمک دوم تحقیق‌وتوسعه ایجاد اثرهای جانبی در موجودی دانش است که به کاهش هزینه‌های تحقیق‌وتوسعه منجر می‌شود (درگاهی، ۱۳۸۲). بنابراین، می‌توان گفت که به‌وجود آمدن اثرهای جانبی از راه فعالیت‌های تحقیق‌وتوسعه باعث ایجاد بازدهی ثابت به سرمایه‌گذاری در تحقیق‌وتوسعه خواهد شد. به همین دلیل، بنگاه‌ها مقدار ثابتی از منابع را در امر تحقیق‌وتوسعه سرمایه‌گذاری می‌کنند و باعث افزایش موجودی علم و دانش در یک نرخ ثابت می‌شوند. عامل تحقیق‌وتوسعه و اثر سرریز آن در سطح داخلی و بین‌المللی از راه نوآوری محصولات و فرایندهای جدید تولید، باعث پیشرفت فناوری درون‌زا می‌شوند و افزایش تعداد و تنوع کالاهای سرمایه‌ای به تسهیل در رشد اقتصادی منجر می‌شود. به‌طور کلی، R&D از دو مسیر بر رشد بهره‌وری شرکت‌ها تاثیر می‌گذارد. اول به‌طور مستقیم سطح فناوری را با افزودن اطلاعات جدید بیش‌تر (نوآوری)، بالا می‌برد. سپس، به‌طور غیرمستقیم و با افزایش ظرفیت جذب شرکت‌ها، آن‌ها را وادار می‌کند تا اندازه بزرگ‌تری را از اثر سرریز فناوری جذب کنند (Kinoshita, 2000). در ادامه بحث، به بررسی پژوهش‌های تجربی مرتبط پرداخته می‌شود.

امینی و حجازی آزاد (۱۳۸۷)، نقش سرمایه انسانی و تحقیق‌وتوسعه در ارتقای بهره‌وری کل عوامل (TFP) را در اقتصاد ایران مورد مطالعه قرار دادند. در این پژوهش، از نسبت شاغلان دارای تحصیلات عالی به عنوان جانشین سرمایه انسانی از نوع آموزش، سرمایه تحقیق‌وتوسعه دولتی به عنوان جانشین تحقیق‌وتوسعه، نسبت تولید بالفعل به بالقوه به عنوان شاخص میزان استفاده از

ظرفیت‌های تولید و متغیر کنترل استفاده شده است. نتایج برآورد الگو نشان می‌دهد در بلندمدت، سرمایه تحقیق‌وتوسعه دولتی، نسبت شاغلان دارای تحصیلات عالی و نرخ بهره‌برداری از ظرفیت، اثرهای مثبت و معناداری بر بهره‌وری دارد.

الیاس و ریاض[1] (۲۰۱۶)، در پژوهشی به بررسی عوامل اثرگذار بر رشد بهره‌وری کل عوامل تولید در کشورهای جنوب آسیا پرداخته و بیان نموده‌اند که رشد اقتصادی ناشی از بهره‌وری کل عوامل متاثر از مقیاس تولید، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، هزینه‌های آموزش، و رشد فناوری است. گزارش مرکز بهره‌وری مالزی[2] (۲۰۱۶)، حاکی از آن است که رشد بهره‌وری کل عوامل تولید مالزی در دوره ۲۰۱۵-۲۰۱۱ معادل ۱/۱ درصد بوده است. بهره‌وری نیروی کار مالزی در این دوره رشد ۱/۲ درصدی داشته و رشد بهره‌وری سرمایه ۳ درصد بوده است. نتایج پژوهش نشان می‌دهد مهم‌ترین عوامل اثرگذار بر رشد بهره‌وری کل عوامل ناشی از توسعه فناوری و ارتقای هزینه‌های آموزش و تحقیق‌وتوسعه بوده است. امینی و مصلی (۱۳۸۷)، در پژوهش خود، بهره‌وری کل عوامل را در دوره ۱۳۸۳-۱۳۷۳ اندازه‌گیری نمودند و سپس، روند بهره‌وری کل عوامل را در کارگاه‌های بزرگ صنعتی کشور به تفکیک کد دو رقمی ISIC مقایسه کردند. در این پژوهش، با توجه به الگوی رشد درون‌زا و با تاکید بر سرمایه انسانی، نقش تحصیلات، مهارت، و پیشرفت فنی در رشد بهره‌وری کل عوامل آزمون شده‌اند. نتایج برآورد الگوها بیانگر آن است که سرمایه انسانی از نوع آموزش و سرمایه انسانی از نوع مهارت و تخصص تاثیر مثبت و معناداری بر بهره‌وری کل عوامل دارند. تاثیر مثبت و معنادار پیشرفت فنی نیز تایید شده است. امینی و مصلی (۱۳۹۰)، بهره‌وری کل عوامل را در دوره ۱۳۷۸-۱۳۷۳ در کارگاه‌های بزرگ صنعتی کشور به تفکیک کد دو رقمی ISIC اندازه‌گیری کرده‌اند. نتایج نشان‌دهنده این است که شاخص بهره‌وری کل عوامل به‌طور متوسط سالانه ۴/۱ درصد افزایش یافته است. نتایج برآورد الگوها بیانگر این است که سرمایه انسانی از نوع آموزش تاثیر مثبت و معناداری بر بهره‌وری کل عوامل دارد. افزون بر این، سرمایه تحقیق‌وتوسعه و نسبت شاغلان دارای مدرک کارشناسی ارشد و دکتری به کل شاغلان به عنوان شاخص‌های پیشرفت فنی اثر مثبت و معناداری بر ارتقای بهره‌وری دارند، اما تاثیر سرمایه تحقیق‌وتوسعه به‌مراتب کم‌تر است.

دِ سالمینیهاک و همکاران[3] (۲۰۱۸)، بهره‌وری کل عوامل و بهره‌وری نیروی کار معادن را در دوره ۲۰۱۳-۱۹۹۶ مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج‌شان نشان می‌دهد که برخلاف سهم قابل‌توجه

1. Ilyas & Riaz
2. Malaysia Productivity Corporation
3. De Solminihac *et al*

سرمایه‌گذاری در کل آن دوره، بهره‌وری کل عوامل کاهش قابل‌ملاحظه‌ای داشته است. بنابراین، ارتقای سطح فناوری در قالب سرمایه‌گذاری‌های جدید عامل تعیین‌کننده و مهمی برای ارتقای بهره‌وری نبوده است. جارا و همکاران[1] (۲۰۱۰)، بهره‌وری معادن مس را در دوره ۲۰ ساله منتهی به سال ۲۰۰۹ مورد ارزیابی قرار دادند. تحلیل‌های بهره‌وری با استفاده روش داده‌های پانلی حاکی از نقش برجسته بهبود بهره‌وری در افزایش بیش از سه‌برابری میزان تولید معادن مس بود. همچنین، تاثیر خصوصیات زمین‌شناسی معادن بر بهره‌وری معدن مورد تحلیل قرار گرفت و نتیجه آن شد که میزان تولید و عیار معدن در بهره‌وری نیروی کار تاثیر مثبت دارند و نسبت گودبرداری در معدن روباز در بهره‌وری نیروی کار تاثیر منفی دارند اما اثر میزان ذخایر بر بهره‌وری نیروی کار به‌طور کامل مشخص نیست. البته برای دوره اول در افزایش تولید (از سال ۱۹۹۲ تا ۱۹۹۷) می‌توان به نقش کلیدی شرکت‌های ارائه‌دهنده فناوری‌های جدید و بهبود مستمر مدیریت اشاره نمود. همچنین، عوامل سرمایه‌گذاری در فناوری، راهبردهای مدیریت، و روند خصوصی‌سازی در دهه ۱۹۹۰ از عوامل کلیدی بهبود بهره‌وری در معادن زیرزمینی هستند.

کولشرشتا و پاریخ[2] (۲۰۰۲)، تلاش نمودند تا کارایی و بهره‌وری معادن ذغال‌سنگ هند را با استفاده از مقادیر داده و ستانده برای دوره زمانی ۱۹۹۷-۱۹۸۵ بررسی نمایند. آن‌ها برای انجام تحلیل عملکرد، معدن ذغال‌سنگ هند را به ۳۰ منطقه تقسیم کردند و از یک روش غیرپارامتری برای تجزیه‌وتحلیل مرزی استفاده کردند و نمره‌های کارایی را برای مناطق مختلف معدن با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها[3]، به صورت جداگانه برای معدن زیرزمینی و روباز تعیین کردند و سپس رویکرد شاخص بهره‌وری مالم‌کوئیست را برای مطالعه بهره‌وری در مناطق مختلف آن دوره بکار گرفتند. در این پژوهش، اقدام در زمینه بهبود فناورانهٔ معدن‌کاری و استفاده از فناوری‌های روز، عامل اصلی بهبود بهره‌وری مناطق معرفی شده است. ماهادِوان و آسافو-ادجایه[4] (۲۰۰۵) ارتباطات علمی بین رشد بهره‌وری و سری زمانی تورم داخلی و قیمت محصولات معدنی را در بخش معدن استرالیا برای دوره ۱۹۹۸-۱۹۶۹ بررسی نمودند. آن‌ها پیشنهاد می‌کنند دولت استرالیا باید راهبردهای خاصی، مانند تامین بودجه بخش تحقیق‌وتوسعه استخراج معادن در نظر بگیرد تا این بخش را قادر سازد، هزینه‌های پایین را در رابطه با افزایش قیمت مواد معدنی (به علت تورم فشار هزینه) و تورم داخلی حفظ کند.

1. Jara *et al*
2. Kulshreshtha & Parikh
3. Data Envelopment Analysis (DEA)
4. Mahadevan & Asafu-Adjaye

شجری و همکاران (۱۳۹۳)، عوامل موثر بر بهره‌وری کل عوامل را با تاکید بر شاخص‌های سرمایه انسانی و فناوری در صنایع تولید مواد شیمیایی اساسی ایران مورد بررسی قرار دادند. عوامل موثر بر بهره‌وری کل عوامل در الگوی تخمین‌زده شده عبارت‌اند از سرمایه انسانی از نوع آموزش رسمی و آموزش غیررسمی، فناوری، مقیاس کلی بنگاه، و نسبت مالکیت بنگاه‌هایی با مالکیت عمومی به‌کل بنگاه‌ها. نتایج آن پژوهش، بیانگر تاثیر مثبت و معنادار متغیرهای سرمایه انسانی از نوع آموزش رسمی و آموزش غیررسمی، فناوری، و مقیاس کلی بنگاه بر بهره‌وری کل عوامل است. در ضمن، با کاهش سهم بنگاهایی با مالکیت عمومی، بهره‌وری کل عوامل افزایش می‌یابد.

نتایج بررسی پژوهش‌های پیشین نشان می‌دهند که سرمایه انسانی، تحقیق‌وتوسعه، مقیاس تولید، و نوع مالکیت یا مدیریت بنگاه مهم‌ترین عوامل تاثیرگذار بر بهره‌وری کل عوامل هستند.

## روش پژوهش

### معرفی داده‌های آماری

داده‌های آماری پژوهش حاضر از نتایج طرح آمارگیری از معادن در حال بهره‌برداری مرکز آمار ایران در سال‌های ۱۳۹۴-۱۳۷۵ استخراج شده است. این دوره به این دلیل انتخاب شده است که از سال ۱۳۷۵ این طرح با پوشش کامل هفت فعالیت معدنی اجرا شده است. در ضمن، این طرح در سال ۱۳۸۳ اجرا نشده است و به‌ناچار از روش درون‌یابی، آمارهای مورد نیاز برای اندازه‌گیری و تحلیل بهره‌وری برآورد شده‌اند.

در این طرح، معادن تمامی شهرهای ایران، به‌جز معادن نفت و گاز، رادیو اکتیو، و خاک رس، پوشش داده می‌شوند. اطلاعات معادن شن و ماسه به روش نمونه‌گیری و سایر معادن به روش سرشماری جمع‌آوری می‌شود. در چارچوب طرح آمارگیری از معادن در حال بهره‌برداری مرکز آمار ایران[1]، معادن کشور به هفت فعالیت عمده معدنی تقسیم‌بندی می‌شوند که عبارت‌اند از استخراج ذغال‌سنگ؛ استخراج سنگ‌آهن؛ استخراج سنگ‌های فلزی غیرآهنی شامل سرب و روی، سنگ طلا، سنگ مس، کرومیت، منگنز، بوکسیت، کبالت، آنتیموان و تیتانیوم؛ استخراج سنگ، شن، و ماسه شامل شن و ماسه، سنگ تزئینی، سنگ لاشه، سنگ بالاست، سنگ‌آهک، سنگ گچ، کائولن، خاک نسوز، دولومیت، بنتونیت و گل سرشوی، منیزیت، و گل سفید؛ استخراج مواد معدنی شیمیایی مانند

1. https://www.amar.org.ir

سولفات سدیم، باریت، خاک سرخ و زرد، فلورین، سولفات استرونسیم، زاج، فسفات، باریت، خاک سرخ و زرد، زرنیخ، فسفات، ید، و بر؛ استخراج نمک؛ و استخراج سایر مواد معدنی شامل سیلیس، پوکه معدنی، فلدسپات، تالک، عقیق، صدف دریایی، میکا، فیروزه، سنگ‌های قیمتی و نیمه‌قیمتی، پنبه نسوز، قیر طبیعی جامد، و منیزیت. گفتنی است که تعداد معادن کشور از ۲۷۰۴ واحد در سال ۱۳۷۵ به ۵۲۱۴ واحد در سال ۱۳۹۴ افزایش یافته است.

اولین شاخص آماری در اندازه‌گیری بهره‌وری، ارزش‌افزوده به قیمت ثابت است. در این پژوهش، از ارزش‌افزوده به قیمت ثابت سال ۱۳۹۰ برای اندازه‌گیری شاخص‌های بهره‌وری استفاده شده است. با توجه به این‌که شاخص‌های قیمت تولیدکننده به تفکیک هفت فعالیت معدنی بالا توسط مرکز آمار ایران منتشر نمی‌شود و در چارچوب حساب‌های ملّی ایران نیز ارزش‌افزوده بخش معدن به تفکیک زیربخش‌های آن منتشر نمی‌شود، از یک روش ابتکاری برای محاسبه ارزش‌افزوده به قیمت ثابت استفاده شده است. در این روش، ابتدا نرخ رشد سالانه شاخص مقدار تولید به تفکیک هفت فعالیت معدنی به روش دیویژیا برای سال‌های ۱۳۹۴-۱۳۷۵ محاسبه شده است که فرمول نرخ رشد شاخص مقدار تولید برای داده‌های آماری گسسته به صورت رابطه (۱) است[۱]:

$$LnQ_t - LnQ_{t-1} = \sum_{i=1}^{n} \left(\frac{w_{it} + w_{it-1}}{2}\right).(LnQ_{it} - LnQ_{it-1}) \qquad (۱)$$

که در آن Ln لگاریتم طبیعی، Q شاخص مقدار تولید برای فعالیت معدنی مورد نظر، $Q_{it}$ مقدار تولید محصول معدنی i ام در سال t و $w_{it}$ سهم ارزش تولید محصول معدنی i ام از کل ارزش تولید فعالیت معدنی i ام در سال t است. رابطه بالا بیانگر آن است که نرخ رشد تولید یک فعالیت معدنی برابر است با میانگینی از نرخ رشد تک‌تک محصولات متعلق به آن فعالیت معدنی. با توجه به این‌که وزن یا ضریب اهمیت هر محصول در فعالیت معدنی در دو سال متوالی تغییر می‌کند، از میانگین وزن‌های سال t و t-1 به عنوان وزن نرخ رشد آن محصول در سال t استفاده می‌شود. بنابراین، از رابطه بالا، نرخ رشد سالانه شاخص مقدار تولید به تفکیک فعالیت‌های معدنی محاسبه گردیده است. در مرحله دوم، از ارزش تولید سال ۱۳۹۰ به عنوان پایه استفاده شده است و سپس بر اساس نرخ‌های رشد شاخص مقدار تولید هر فعالیت معدنی، ارزش تولید فعالیت معدنی به قیمت ثابت ۱۳۹۰ محاسبه شده است

۱. برای اطلاع از شاخص مقداری دیویژیا و تقریب ترنکوئیست برای داده‌های آماری گسسته به پژوهش هژبرکیانی و امینی (۱۳۷۵) و امینی (۱۳۹۱) مراجعه شود.

که فرمول آن به صورت رابطه (۲) است:

$$y_{it} = (1+r_t).y_{it-1} \quad (۲)$$

که در آن $y_{it}$ ارزش تولید فعالیت i ام در سال t به قیمت ثابت ۱۳۹۰ و $r_{it}$ نرخ رشد تولید سال t ام شاخص مقدار تولید فعالیت i ام است. به عبارت دیگر، فرض می‌شود نرخ رشد شاخص مقدار تولید با نرخ رشد ارزش تولید به قیمت ثابت برابر است. در مرحله سوم، از جمع‌کردن ارزش تولید فعالیت‌های معدنی به قیمت ثابت، ارزش تولید کل بخش معدن به قیمت ثابت به‌دست آمده است. گام بعدی برای رسیدن به ارزش‌افزوده آن است که باید ارزش مصارف واسطه (داده) را نیز به قیمت ثابت تبدیل نماییم. در چارچوب حساب‌های ملّی مرکز آمار ایران، شاخص‌های تعدیل‌کننده قیمت مصارف واسطه به تفکیک فعالیت‌های معدنی محاسبه و منتشر نمی‌شود. مرکز آمار ایران در برخی از سال‌ها شاخص قیمت مصارف واسطه را برای کل بخش معدن (بدون تفکیک فعالیت‌های معدنی) محاسبه کرده است که مبتنی بر آمارهای شاخص قیمت تولیدکننده و جداول داده-ستانده است. گفتنی است، ضریب اهمیت اقلام مصارف واسطه از جدول داده-ستانده سال ۱۳۸۰ محاسبه شده است، ولی در سال‌های اخیر، به دلیل فاصله گرفتن زیاد از سال ۱۳۸۰، این ضرایب اهمیت، اعتبار لازم را ندارند و از سال ۱۳۸۹ به بعد، از آن استفاده نمی‌شود. افزون بر این، اجرای طرح هدفمندسازی یارانه‌ها نیز در ضرایب به‌دست‌آمده پیشین اخلال ایجاد کرده است. در سال‌های اخیر، مرکز آمار ایران از فرض ثابت بودن نسبت مصارف واسطه به ارزش تولید بخش معدن در برآورد ارزش مصارف واسطه به قیمت ثابت استفاده می‌کند. در پژوهش حاضر نیز از فرض اشاره‌شده استفاده شده است، یعنی نسبت مصارف واسطه به ارزش تولید هر فعالیت معدنی در سال ۱۳۹۰ (سال پایه) محاسبه و ثابت در نظر گرفته شده است. سپس از ضرب نسبت مصارف واسطه به ارزش تولید هر فعالیت معدنی در ارزش تولید هر فعالیت معدنی، ارزش مصارف واسطه فعالیت‌های معدنی محاسبه و در نهایت از مجموع آن‌ها، ارزش کل مصارف واسطه بخش معدن محاسبه شده است. اکنون برای رسیدن به ارزش‌افزوده هر فعالیت معدنی به قیمت ثابت، کافی است ارزش مصارف واسطه به قیمت ثابت را از ارزش تولید به قیمت ثابت کسر نماییم.

دومین شاخص آماری در محاسبه شاخص‌های بهره‌وری، ارزش موجودی سرمایه به قیمت ثابت است. در این پژوهش، برای برآورد موجودی سرمایه از رابطه تعدیل موجودی سرمایه استفاده شده است که به صورت فرمول (۳) است:

$$K_t = (1-\delta)K_{t-1} + I_t \qquad (۳)$$

که در آن K موجودی سرمایه و I سرمایه‌گذاری ناخالص به قیمت ثابت و $\delta$ نرخ استهلاک است که با توجه به برآوردهای بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران از موجودی سرمایه بخش معدن و آمارهای سرمایه‌گذاری این بخش معادل ۸/۱ درصد در نظر گرفته شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، برای استفاده از فرمول (۳) به مقدار اولیه موجودی سرمایه نیاز است. برای به‌دست‌آوردن مقدار اولیه موجودی سرمایه از روش موجودی‌گیری دائمی[1] کمک گرفته شده است. بر اساس این روش، مقدار اولیه موجودی سرمایه ($k_{t-1}$) از رابطه (۴) قابل‌محاسبه است[2]:

$$K_{t-1} = \frac{I_t}{r+\delta} \qquad (۴)$$

که در آن r متوسط نرخ رشد سالانه سرمایه‌گذاری است[3]. گفتنی است، در فاصله بین سال‌های ۱۳۹۴-۱۳۷۵ دوره‌هایی در نظرگرفته شده است که روند سرمایه‌گذاری را باثبات‌تر و افزایشی کرده، و سپس متوسط نرخ رشد سالانه سرمایه‌گذاری محاسبه شده است. در خصوص برآورد سرمایه تحقیق‌وتوسعه نیز همانند برآورد موجودی سرمایه فیزیکی عمل شده است. سرمایه تحقیق‌وتوسعه در سال پایه از رابطه (۵) قابل‌محاسبه است:

$$KR\&D_{t-1} = \frac{CR\&D_t}{r+\delta} \qquad (۵)$$

که در آن KR&D سرمایه تحقیق‌وتوسعه، C هزینه‌های تحقیق‌وتوسعه به قیمت ثابت، r متوسط نرخ رشد سالانه هزینه‌های تحقیق‌وتوسعه در دوره مورد بررسی، و $\delta$ نرخ استهلاک تحقیق‌وتوسعه

---

1. Perpetual Inventory Method (PIM).

۲. برای محاسبه مقدار اولیه کل موجودی سرمایه به لی و گائو (۲۰۰۴) مراجعه شود.

۳. اگر نرخ رشد موجودی سرمایه ثابت و برابر r باشد، از رابطه (۳) به‌سادگی می‌توان رابطه (۴) را به‌دست آورد و در چنین حالتی، نرخ رشد موجودی سرمایه با نرخ رشد سرمایه‌گذاری برابر است.

است که با توجه به یافته‌های پژوهش اسمیت و همکاران[1] (۲۰۰۴) معادل ۱۰ درصد در نظرگرفته شده است. گفتنی است، نرخ استهلاک سرمایه تحقیق‌وتوسعه در ایران برآورد نشده است. سرمایه تحقیق‌وتوسعه سال‌های بعد نیز از رابطه (۶) محاسبه می‌گردد:

$$KR\ \&\ D_t = (1-\delta).KR\ \&\ D_{t-1} + CR\ \&\ D_t \qquad (۶)$$

شاخص‌های بهره‌وری در سطح معدن شامل شاخص‌های بهره‌وری جزئی (بهره‌وری کار و سرمایه) و شاخص بهره‌وری کل عوامل تولید است. بهره‌وری کار از تقسیم ارزش‌افزوده به قیمت ثابت بر تعداد نیروی انسانی و بهره‌وری سرمایه از تقسیم ارزش‌افزوده بر ارزش موجودی سرمایه به‌دست می‌آید. شاخص‌های بهره‌وری جزئی، میزان صرفه‌جویی در استفاده از کار و سرمایه را در طول زمان نشان می‌دهد اما به‌طور حتم بیانگر ارتقای کارایی استفاده از کار و سرمایه نیست، زیرا بدون تغییر کارایی نیروی کار و سرمایه، استفاده از فناوری‌های سرمایه‌بر می‌تواند به افزایش شاخص بهره‌وری کار یا کاهش بهره‌وری سرمایه منجر شود. شاخص‌های بهره‌وری جزئی به همراه هزینه‌های استفاده از کار و سرمایه نشانگر هزینه تمام‌شده محصول و رقابت‌پذیری هستند. برای مثال، نسبت بهره‌وری نیروی کار به نرخ دستمزد، بیانگر هزینه واحد کار در تولید یک واحد محصول (ULC)[2] است که به رقابت‌پذیری نیروی کار شناخته می‌شود.

از منظر دیگر، شاخص بهره‌وری کل عوامل (نیروی کار و سرمایه به صورت همزمان) از نسبت ارزش‌افزوده بر شاخص مقداری نیروی کار و سرمایه به‌دست می‌آید که بیانگر متوسط تولید به‌ازای هر واحد از کل منابع تولید است و کارایی کلی بنگاه را در استفاده از منابع نشان می‌دهد. بنابراین، شاخص بهره‌وری کل عوامل، تعیین‌کنندهٔ میزان استفاده بهینه از منابع تولید یا کارایی استفاده از منابع است. در پژوهش حاضر، برای اندازه‌گیری شاخص بهره‌وری کل عوامل از تقریب ترنکوئیست شاخص دیویژیا استفاده شده است که فرمول آن به صورت رابطه (۷) است:

$$TFPG_t = (LnY_t - LnY_{t-1}) - \overline{\alpha}_t (LnK_t - LnK_{t-1}) - \overline{\beta}_t (LnL_t - LnL_{t-1}) \qquad (۷)$$

1. Smith, *et al*
2.Unit Labour Cost

که در آن، TFPG نرخ رشد بهره‌وری کل عوامل، Y ارزش‌افزوده به قیمت ثابت، K ارزش موجودی سرمایه به قیمت ثابت، L تعداد شاغلان، و $\alpha$ و $\beta$ به ترتیب نشان‌دهنده متوسط سهم هزینه سرمایه و نیروی کار از کل هزینه (شامل کار و سرمایه) در دوره t و t-1 است. گفتنی است، این روش توسط سازمان همکاری و توسعه اقتصادی[3] برای اندازه‌گیری بهره‌وری کل عوامل فعالیت‌های اقتصادی ازجمله فعالیت معدن مورد استفاده قرار گرفته است. همچنین، بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران و سازمان ملّی بهره‌وری ایران نیز از همین روش برای اندازه‌گیری بهره‌وری کل عوامل در فعالیت‌های اقتصادی استفاده می‌کنند[4]. رابطه (۷) تقریباً همان مانده سولو است و بخشی از رشد را که مربوط به نیروی کار و سرمایه نیست، به رشد بهره‌وری کل عوامل منتسب می‌کند، و تفاوت آن با روش مانده سولو، در وزن‌های استفاده‌شده برای نرخ‌های رشد نیروی کار و سرمایه است. در روش مانده سولو از کشش‌های تولیدی کار و سرمایه به عنوان وزن استفاده می‌شود، ولی در روش دیویژیا سهم‌های عوامل از تولید به عنوان وزن مورد استفاده قرار می‌گیرند. گفتنی است، در شرایط رقابت کامل و فقدان صرفه‌های خارجی، هر دو روش به نتایج یکسان منجر می‌شوند زیرا کشش‌های تولیدی با سهم‌های عوامل برابر هستند.

**بررسی روند بهره‌وری در فعالیت‌های معدنی**

شاخص بهره‌وری کل عوامل، برایند تغییرهای شاخص‌های بهره‌وری جزئی نیروی کار و سرمایه را نشان می‌دهد و بیانگر کارایی هر فعالیت در استفاده بهینه از منابع تولید است. در واقع، این شاخص نشان می‌دهد در مجموع چقدر از منابع موجود استفاده بهینه به‌عمل آمده است. بر اساس جدول (۱)، شاخص بهره‌وری کل عوامل از عدد ۱۰۰ در سال ۱۳۷۵ به عدد ۶۳/۵۱ در سال ۱۳۹۴ رشد کرده است و متوسط رشد سالانه آن در دوره مورد بررسی ۲/۶ درصد بوده است که تا حد زیادی از رشد بهره‌وری نیروی کار تاثیر پذیرفته است. معادن سنگ‌آهن بیش‌ترین رشد بهره‌وری کل عوامل را داشته‌اند و موفق‌ترین معادن در زمینه استفاده بهینه از منابع هستند. پس از آن، به‌ترتیب معادن سنگ‌های فلزی، ذغال‌سنگ، نمک، سایر مواد معدنی و استخراج سنگ، شن و ماسه قرار دارند. از طرف دیگر، معادن استخراج مواد معدنی شیمیایی بیش‌ترین کاهش بهره‌وری کل عوامل را داشته‌اند و استفاده نابهینه از منابع، در این معادن تایید می‌گردد. همچنین، بررسی متوسط سهم رشد بهره‌وری

3.Organization for Economic Co-operation and Development (OECD)

۴.برای اطلاع از جزئیات بیش‌تر به پژوهش امینی (۱۳۹۱) مراجعه شود.

در تامین رشد ارزش‌افزوده در دوره ۱۳۹۴-۱۳۷۵ نشان می‌دهد که ۲۹/۲ درصد از رشد ارزش‌افزوده کل فعالیت‌های معدنی از راه رشد بهره‌وری کل عوامل، تامین شده است. همچنین، بیش‌ترین سهم رشد بهره‌وری کل عوامل در تامین رشد ارزش‌افزوده مربوط به فعالیت استخراج ذغال‌سنگ با ۳۳/۶ درصد، استخراج نمک با ۳۲/۶ درصد، استخراج سنگ‌های فلزی غیرآهنی با ۲۶/۸، استخراج سنگ‌آهن با ۲۶/۲، سایر مواد معدنی ۲۳/۳، و استخراج شن و ماسه با ۲۲/۹ درصد است. در این دوره، رشد تولید فعالیت استخراج مواد شیمیایی معدنی فقط از راه استفاده بیش‌تر از منابع حاصل شده است و اقدام موثری در جهت بهبود بهره‌وری انجام نشده است[۱].

در جدول (۲) تغییر متغیرهای تعیین‌کننده بهره‌وری در بخش معدن نمایش داده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، شاخص‌های سرمایه انسانی (متوسط سال‌های تحصیل شاغلان و درصد شاغلان دارای آموزش عالی) روندی افزایشی در دوره بلندمدت ۱۳۹۴-۱۳۷۵ داشته‌اند و انتظار می‌رود که در تامین رشد بهره‌وری کل عوامل نقش داشته باشند. افزون بر این، شاخص سرمایه تحقیق‌وتوسعه نیز به‌طور متوسط سالانه ۷/۳ درصد افزایش یافته و در تامین ارتقای فناوری و بهبود بهره‌وری نقش داشته است، اما این تاثیر چندان زیاد نیست. زیرا سهم هزینه‌های تحقیق‌وتوسعه از ارزش‌افزوده در فعالیت‌های معدنی نسبت به کشورهای پیشرو بسیار کم است[۲]. بنابراین، کم‌توجهی به فعالیت‌های تحقیق‌وتوسعه، مانع از رشد سریع بهره‌وری در بخش معدن ایران شده است. افزون بر این‌ها، افزایش مقیاس فعالیت معادن می‌تواند در رشد بهره‌وری فعالیت‌های معدنی نقش داشته باشد. برای شناخت بهتر وضعیت سرمایه انسانی و تحقیق‌وتوسعه بخش معدن، شاخص‌های این دو سرمایهٔ فعالیت‌های معدنی با کارگاه‌های صنعتی ۱۰ نفره و بیش‌تر در جدول (۲) مقایسه شده است. در سال‌های ۱۳۷۵ و ۱۳۹۴، هر دو شاخص درصد شاغلان دارای آموزش عالی و متوسط سال‌های تحصیل شاغلان فعالیت‌های معدنی پایین‌تر از شاخص‌های اشاره‌شده برای کارگاه‌های صنعتی بوده است. بنابراین، سطح سرمایه انسانی در فعالیت‌های معدنی پایین‌تر از فعالیت‌های صنعتی است. متوسط نرخ رشد متوسط سال‌های تحصیل شاغلان در فعالیت‌های معدنی حدود ۲ درصد و در فعالیت‌های

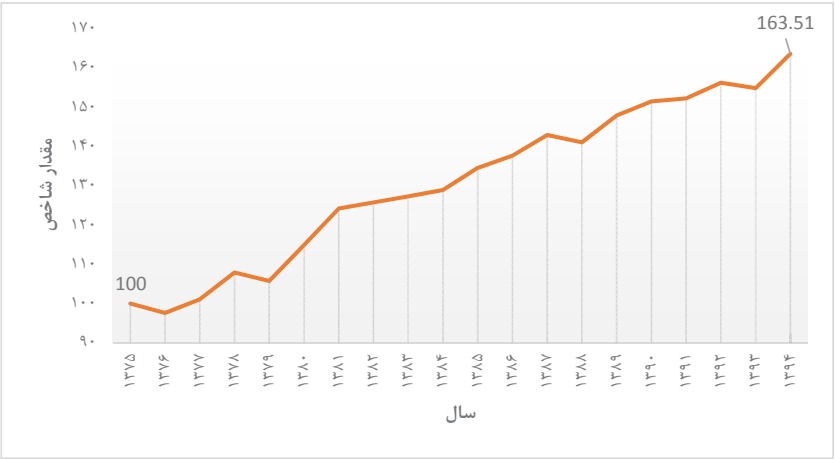
۱. با توجه به این‌که در پژوهش حاضر برای نخستین بار بهره‌وری کل عوامل به تفکیک فعالیت‌های معدنی اندازه‌گیری شده است، در نتیجه، امکان مقایسه نتایج پژوهش با پژوهش‌های پیشین در این زمینه وجود ندارد.
۲. گفتنی است، سهم هزینه‌های تحقیق‌وتوسعه از ارزش‌افزوده بخش معدن در سال ۲۰۱۰ در نیوزیلند ۱۳ درصد، استرالیا ۲ درصد، و فنلاند ۱/۵ درصد بوده است (امینی و همکاران، ۱۳۹۴)، در حالی که رقم مشابه برای ایران ۰/۱۷ درصد است.

صنعتی حدود ۲/۱ درصد بوده است که نشانگر اندکی افزایش در شکاف سرمایه انسانی بخش معدن با بخش صنعت است. همان‌طور که در جدول (۲) ملاحظه می‌شود، شاخص درصد شاغلان دارای آموزش عالی فعالیت‌های معدنی نسبت به میانگین کل اقتصاد کشور در سطح پایین‌تری قرار دارد، ولی در مورد شاخص متوسط سال‌های تحصیل شاغلان وضعیت برعکس است، به‌گونه‌ای که متوسط سال‌های تحصیل شاغلان در فعالیت‌های معدنی بیش‌تر از میانگین کل اقتصاد است[۱]. گفتنی است، نتیجه متناقض به‌دست‌آمده، ممکن است در اثر خطای آماری باشد و بهتر است فقط شاخص درصد شاغلان دارای آموزش عالی مورد مقایسه قرار گیرد. بر اساس شاخص درصد شاغلان دارای آموزش عالی می‌توان نتیجه گرفت، بخش معدن در جذب دانش‌آموختگان دانشگاهی آن‌چنان موفق نبوده است. متوسط رشد سرمایه تحقیق‌وتوسعه در فعالیت‌های معدنی و صنعتی به‌ترتیب ۷/۳ درصد و ۹/۷ درصد بوده است که نشانگر رشد کندتر فناوری در فعالیت‌های معدنی نسبت به فعالیت‌های صنعتی است. نکته دیگر آن‌که متوسط سهم هزینه‌های تحقیق‌وتوسعه در ارزش‌افزوده فعالیت‌های معدنی و صنعتی به‌ترتیب ۰/۲ و ۰/۲۴ درصد بوده است که بر اساس این شاخص نیز رشد کندتر فناوری در بخش معدن نسبت به بخش صنعت تایید می‌شود. همچنین، متوسط سهم هزینه‌های تحقیق‌وتوسعه از تولید ناخالص داخلی ایران در این دوره حدود ۰/۴۵ درصد بوده است [۲]و می‌توان نتیجه گرفت میزان اختصاص منابع به تحقیق‌وتوسعه در فعالیت‌های معدنی نسبت به میانگین کل اقتصاد به‌مراتب کم‌تر بوده است. شاخص مقیاس فعالیت نیز در بخش معدن رشد کم‌تری نسبت به فعالیت‌های صنعتی داشته است و بیانگر حرکت کندتر بخش معدن به سمت بزرگ‌تر کردن مقیاس تولید است.

---

۱. در نتایج طرح آمارگیری از معادن در حال بهره‌برداری و طرح آمارگیری از کارگاه‌های صنعتی ۱۰ نفره و بیش‌تر مرکز آمار ایران، آمار شاغلان زیر دیپلم به تفکیک مقاطع تحصیلی ابتدایی، راهنمایی، و متوسطه وجود ندارد و این محدودیت آماری موجب بروز خطا در محاسبه متوسط سال‌های تحصیل شاغلان شده است؛ به‌ویژه این خطا در مقایسه نتایج طرح‌های اشاره‌شده با نتایج کل کشور که مبتنی بر نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن ۱۳۷۵ و نتایج طرح آمارگیری نیروی کار در سال ۱۳۹۴ است، جدی‌تر می‌شود. با توجه به این‌که آمارهای فعالیت‌های صنعتی و معدنی شبیه یکدیگر هستند و از فروض مشابه برای محاسبه متوسط سال‌های تحصیل شاغلان استفاده می‌کنند، مقایسه شاخص متوسط سال‌های تحصیل شاغلان در فعالیت‌های صنعتی با فعالیت‌های معدنی کم‌خطا، امکان‌پذیر است.

۲. آمارهای سهم هزینه‌های تحقیق‌وتوسعه از تولید ناخالص داخلی ایران برای سال‌های ۱۳۸۸-۱۳۷۵ از نتایج پژوهش امینی (۱۳۹۱) و سال‌های ۱۳۹۴-۱۳۸۹ از گزارش سازمان برنامه و بودجه کشور (۱۳۹۶) اخذ شده‌اند.




**نمودار ۱. شاخص بهره‌وری کل عوامل فعالیت‌های معدنی در دوره ۱۳۹۴-۱۳۷۵**

منبع: یافته‌های پژوهش

**جدول ۱: شاخص بهره‌وری کل عوامل به تفکیک فعالیت‌های معدنی در سال‌های ۱۳۹۴-۱۳۷۵**

| فعالیت‌های معدنی | شاخص بهره‌وری کل عوامل | | متوسط رشد در دوره ۱۳۹۴-۱۳۷۵ (درصد) | سهم رشد بهره‌وری کل عوامل در رشد ارزش‌افزوده (درصد) |
|---|---|---|---|---|
| | ۱۳۷۵ | ۱۳۹۴ | | |
| استخراج ذغال‌سنگ | ۱۰۰/۰ | ۱۳۶/۴۳ | ۱/۶ | ۳۳/۶ |
| استخراج سنگ‌آهن | ۱۰۰/۰ | ۱۸۷/۲۳ | ۳/۴ | ۲۶/۲ |
| استخراج سنگ‌های فلزی غیرآهنی | ۱۰۰/۰ | ۱۷۳/۶۲ | ۲/۹ | ۲۶/۸ |
| استخراج سنگ، شن، و ماسه | ۱۰۰/۰ | ۱۱۳/۶۸ | ۰/۷ | ۲۲/۹ |
| استخراج مواد معدنی شیمیایی و الخ | ۱۰۰/۰ | ۶۰/۸۴ | -۲/۶ | - |
| استخراج نمک | ۱۰۰/۰ | ۱۲۵/۶۰ | ۱/۲ | ۳۲/۶ |
| استخراج سایر مواد معدنی | ۱۰۰/۰ | ۱۲۳/۸۴ | ۱/۱ | ۲۳/۳ |
| کل معدن | ۱۰۰/۰ | ۱۶۳/۵۱ | ۲/۶ | ۲۹/۲ |

منبع: یافته‌های پژوهش

**جدول ۲: مقایسه شاخص‌های تحلیلگر بهره‌وری کل فعالیت‌های معدنی با کارگاه‌های صنعتی و کل اقتصاد در سال‌های ۱۳۹۴-۱۳۷۵**

| عنوان | عنوان شاخص | سال ۱۳۷۵ | سال ۱۳۹۴ | متوسط نرخ رشد سالانه ۱۳۹۴-۱۳۷۵ (درصد) |
|---|---|---|---|---|
| فعالیت‌های معدنی | درصد شاغلان دارای آموزش عالی | ۷/۳ | ۲۱ | ۵/۷ |
| | متوسط سال‌های تحصیل شاغلان | ۶/۶ | ۹/۶ | ۲/۰ |
| | سرمایه تحقیق‌وتوسعه (میلیارد ریال) | ۲۳۵/۹ | ۸۹۶/۶ | ۷/۳ |
| | شاخص مقیاس فعالیت (نسبت ارزش‌افزوده به تعداد معادن)- (میلیارد ریال به قیمت ثابت ۱۳۹۰) | ۵/۳ | ۱۴/۱ | ۵/۳ |
| کارگاه‌های صنعتی ۱۰ نفره و بیش‌تر | درصد شاغلان دارای آموزش عالی | ۷/۹ | ۲۸/۵ | ۷/۰ |
| | متوسط سال‌های تحصیل شاغلان | ۷/۵ | ۱۱/۲ | ۲/۱ |
| | سرمایه تحقیق‌وتوسعه به قیمت ثابت ۱۳۹۰ (میلیارد ریال) | ۲۳۳۷۱۴۳ | ۱۳۶۲۶۹۸۳ | ۹/۷ |
| | شاخص مقیاس فعالیت (نسبت ارزش‌افزوده به تعداد معادن)- (میلیارد ریال به قیمت ثابت ۱۳۹۰) | ۱۶۳۲۵ | ۴۶۹۳۱ | ۵/۷ |
| کل اقتصاد | درصد شاغلان دارای آموزش عالی | ۹/۶ | ۲۲/۸ | ۴/۷ |
| | متوسط سال‌های تحصیل شاغلان | ۵/۵ | ۸/۶ | ۲/۴ |

منبع: یافته‌های پژوهش

## برآورد الگو و تحلیل نتایج (تجزیه‌وتحلیل یافته‌ها)

در این بخش، به تصریح الگو و معرفی روش برآورد آن و تحلیل نتایج پژوهش پرداخته می‌شود. برای برآورد الگوی بهره‌وری کل عوامل به تفکیک فعالیت‌های معدنی، از روش اقتصادسنجی پانل دیتا استفاده می‌شود. دلیل استفاده از داده‌های پانل، کنترل کردن سایر عوامل مشاهده‌ناپذیر است که در طول زمان برای یک فعالیت معدنی ثابت هستند اما از فعالیتی به فعالیت دیگر متفاوت‌اند. همچنین، ثابت نگه‌داشتن عواملی که برای همه فعالیت‌ها در طول زمان به یک نسبت تغییر می‌کنند مثل نرخ تورم، تحریم و هدفمندی یارانه‌ها که در طول زمان متفاوت هستند، برای همه فعالیت‌ها در یک زمان تفاوتی نمی‌کند. بنابراین، هدف استفاده از داده‌های پنل، کنترل سایر عواملی است که تورش ضرایب را کم می‌کنند. در بسیاری از موارد، پژوهشگران میتوانند از دادههای تابلویی برای مواردی که نمیتوان فقط به صورت سری زمانی یا مقطعی بررسی کرد، استفاده کنند. در این پژوهش، به دلیل کافی نبودن مشاهده‌های سری زمانی، استفاده از این روش ضرورت بیش‌تری پیدا می‌کند.

در بین روش‌های برآورد الگو در داده‌های پانل، از روش گشتاورهای تعمیم‌یافته[1] و با وزن حداقل مربعات دومرحله‌ای[2] برای تخمین معادله‌ها استفاده می‌شود. این روش دارای مزیت‌هایی همانند لحاظ نمودن ناهمسانی‌های فردی و اطلاعات بیش‌تر و حذف تورش‌های موجود در رگرسیون‌های مقطعی است که نتیجه آن، تخمین‌های دقیق‌تر، کارایی بالاتر، و همخطی کم‌تر در روش گشتاورهای

1. Generalized Method of Moments (GMM)
2. Two-Stage Least Squares (TSLS)

تعمیم‌یافته خواهد بود. در راستای برآورد الگو، ابتدا آزمون مربوط به معتبر بودن محدودیت‌های گشتاوری (سارگان) برای متغیرهای مدل انجام می‌شود و مدل مورد نظر در قالب داده‌های پانل دیتا در بازه زمانی ۱۳۹۴-۱۳۷۵ تخمین زده می‌شوند و سپس ضرایب به‌دست‌آمده تفسیر و تحلیل می‌شوند. نکته دیگر آن‌که، به دلیل هزینه‌های تعدیل و بی‌تعادلی در خصوص نیروی کار، بنگاه‌ها به‌سرعت نمی‌توانند به سطح مطلوب اشتغال برسند و رسیدن به سطح مطلوب با وقفه زمانی همراه است. در مورد موجودی سرمایه فیزیکی وضعیت مشابهی وجود دارد و بنگاه‌ها نمی‌توانند سطح موجودی سرمایه خود را سریع تعدیل نموده و به سطح مطلوب برسند[۱]. بنابراین، بنگاه‌ها نمی‌توانند به سطح مطلوب بهره‌وری خود برسند و رسیدن به سطح مطلوب با وقفه همراه است. در نتیجه، مدل پویا برای الگوسازی مناسب است و این مسئله ضرورت استفاده از روش گشتاورهای تعمیم‌یافته را روشن می‌کند. بنابراین، برای در نظرگرفتن پویایی‌های اشاره‌شده، از مقدار با وقفه بهره‌وری نیز در مدل استفاده می‌شود.

با توجه به نظریه‌های رشد درون‌زا و نتایج پژوهش‌های تجربی، بهره‌وری کل عوامل در فعالیت‌های معدنی تابعی از سرمایه انسانی، تحقیق‌وتوسعه و متغیر کنترل مقیاس فعالیت در نظرگرفته شده است[۲]. برای اندازه‌گیری سرمایه انسانی از شاخص درصد شاغلان دارای آموزش عالی و برای اندازه‌گیری تحقیق‌وتوسعه از شاخص سرمایه تحقیق‌وتوسعه استفاده شده است. بر اساس نظریه‌های رشد مبتنی بر سرمایه انسانی، یکی از منابع رشد بهره‌وری ارتقای سرمایه انسانی است که به ارتقای توانمندی‌های نیروی کار منجر می‌شود. در نتیجه، برای تولید هر واحد محصول به نیروی کار کم‌تری نیاز خواهد بود. بر مبنای نظریه‌های رشد مبتنی بر تحقیق‌وتوسعه نیز می‌توان مطرح کرد که یکی از منابع مهم تولید دانش و ارتقای سطح فناوری، فعالیت‌های تحقیق‌وتوسعه است و با ظهور فناوری‌های نوین، برای تولید هر واحد محصول به منابع کم‌تری نیاز است. در ضمن، برای اندازه‌گیری مقیاس فعالیت از شاخص متوسط ارزش‌افزوده (به قیمت ثابت) به‌ازای هر واحد معدنی استفاده شده است. گفتنی است، با افزایش مقیاس تولید، صرفه‌های مقیاس ناشی از بکارگیری ماشین‌آلات بزرگ‌تر و مدرن‌تر و تقسیم

۱. برای اطلاع از جزئیات بیش‌تر در مورد وقفه‌های سرمایه‌گذاری به مبحث تئوری‌های سرمایه‌گذاری اقتصاد کلان از برنسون (۱۳۹۷) و در مورد هزینه‌های تعدیل و بی‌تعادلی نیروی کار به پژوهش امینی (۱۳۸۰) مراجعه شود.

۲.گفتنی است، بررسی‌های لازم در خصوص استفاده از متغیرهای کنترلِ درصد معادن دارای مالکیت غیردولتی و نرخ بهره‌برداری از ظرفیت انجام شد، ولی به دلیل معنادار نبودن وارد الگو نشدند.

کار ظاهرشده، متوسط تولید به‌ازای هر واحد کار و سرمایه که همان بهره‌وری کل عوامل است، افزایش می‌یابد. بنابراین، از جنبه نظری انتظار می‌رود تمامی متغیرهای بالا بر بهره‌وری کل عوامل تاثیر مثبت داشته باشند. برآورد الگوی بهره‌وری کل عوامل (TFP) به صورت رابطه (۸) تعریف شده است:

$$TFP_{it} = \beta_0 + \beta_1 LTFP_{i(t-1)} + \beta_2 LKRD_{it} + \beta_3 LES_{it} + \beta_4 LHC_{it} + U_{it} \qquad (۸)$$

در رابطه (۸)، علامت اختصاری L بیانگر لگاریتم، i فعالیت معدنی i ام، t زمان (سال) و U جمله اختلال الگوها و متغیرهای مستقل واردشده در مدل، شامل این موارد هستند: شاخص سرمایه انسانی، درصد شاغلان دارای آموزش عالی (HC)؛ سرمایه تحقیق‌وتوسعه (KRD)؛ و مقیاس فعالیت (ES).

پیش از تخمین الگوهای بالا، باید از مانایی کلیه متغیرهای الگو اطمینان حاصل شود. بدین منظور، از آزمون‌های مرسوم در این زمینه، یعنی آزمون فیشر (PP) و آزمون فیشر (ADF) استفاده شده است. فرضیه صفر در این آزمون‌ها بیان می‌کند که ریشه واحد وجود دارد. بنابراین، رد فرضیه صفر به معنای نبود ریشه واحد و مانا بودن متغیرها است. نتایج حاصل از این آزمون‌ها در جدول (۳) خلاصه شده است.

**جدول ۳. نتایج آزمون‌های پایایی متغیرهای مدل و پسماندها**

| نوع آزمون | Log (HC) | Log (ES) | Log (KRD) | Log (TFP) | U |
|---|---|---|---|---|---|
| آزمون فیشر (ADF) | ۰/۸۴ | ۰/۳۲ | ۰/۴۴ | ۰/۲۷ | ۰/۰۰۰ |
| آزمون فیشر (PP) | ۰/۳۴ | ۰/۰۹۹ | ۰/۷۶ | ۰/۸ | ۰/۰۰۰ |

منبع: یافته‌های پژوهش

با توجه به تفاضل‌گیری از متغیرها و انجام آزمون ریشه واحد از متغیرها مشخص گردید که تفاضل مرتبه اول متغیرهای الگو ریشه واحد ندارند و تمامی متغیرها I(1) هستند. در موردی که تمامی متغیرها I(1) هستند، یک رابطه رگرسیونی تنها در صورتی می‌تواند نشان‌دهنده یک رابطه تعادلی بلندمدت باشد که جزء خطای مدل پایا باشد؛ یا به عبارت دیگر، مدل هم‌جمع باشد. با توجه به نامانایی تمام متغیرهای مدل در سطح، برای استفاده از متغیرها نیاز به بررسی هم‌انباشتگی بین آن‌ها وجود دارد. نتایج حاصل از آزمون هم‌جمعی در جدول (۳) مشاهده می‌شوند. آزمون‌های مختلف نشان‌دهنده پایایی جملات اخلال مدل هستند؛ بنابراین، الگوها هم‌جمع بوده و رابطه‌های به‌دست‌آمده

دارای روابط کاذبی نیستند که ناشی از ناپایایی متغیرها باشد. بنابراین، شواهد کافی وجود دارد که یک رابطه بلندمدت تعادلی وجود دارد و ضرایب به‌دست‌آمده تفسیرپذیر هستند.

در ادامه، به محاسبه آماره J و آزمون والد پرداخته شده است. برای آزمون سارجان از آماره J با توزیع کای دو استفاده می‌شود. این آماره در مدل، ارزش ۱/۴۴ دارد و با در نظرگرفتن درجه آزادی ۱۱ برای ماتریس متغیرهای ابزاری و چهار متغیر توضیح‌دهنده، p-value=۰/۹۶ به‌دست آمده است که نشان‌دهنده معتبر بودن کل متغیرهای ابزاری است. در واقع، آماره آزمون سارجان فرضیه صفر مبنی بر همبسته بودن پسماندها با متغیر ابزاری را رد می‌کند و بر اساس نتایج حاصل از این آزمون، متغیرهای ابزاری بکارگرفته شده در تخمین مدل از اعتبار لازم برخوردار هستند. همچنین، با انجام آزمون والد، فرضیه صفر مبنی بر صفر بودن تمامی ضرایب متغیرهای توضیح‌دهنده رد می‌شود و اعتبار ضرایب تایید می‌شوند. این آزمون، ارزش آماره کای دو را برابر ۴۶/۷ ارائه نموده و آماره F و کای- دو، هر دو نشان‌دهنده احتمال صفر هستند. بنابراین، دو آزمون بالا نیز نشان‌دهنده اعتبار نتایج به‌دست‌آمده در مدل رگرسیونی هستند. اکنون می‌توان به ارائه نتایج حاصل از برآورد و تفسیر ضرایب متغیرهای توضیحی الگو پرداخت.

نتایج حاصل از برآورد الگوی بررسی عوامل موثر بر بهره‌وری کل عوامل در فعالیت‌های معدنی در جدول (۴) ارائه شده است. نتایج حاصل از برآورد الگو مشتمل بر متغیرهای بهره‌وری باوقفه، درصد شاغلان دارای آموزش عالی، سرمایه تحقیق‌وتوسعه و شاخص مقیاس فعالیت معادن قادر هستند تا حدود ۹۱ درصد تفاوت‌های بهره‌وری بین فعالیت‌های معدنی مختلف و تغییر آن را در طول زمان تبیین کنند. با توجه به این‌که ضریب متغیر وابسته باوقفه ۰/۶۵ است، ضریب تعدیل الگو برابر ۰/۳۵ است، یعنی حدود ۲/۹ سال طول می‌کشد تا بهره‌وری معادن به سمت مقادیر مطلوب آن‌ها میل کند. دومین یافته حاکی از آن است که با فرض ثابت بودن سایر عوامل، یک درصد افزایش نسبی در شاخص درصد شاغلان دارای آموزش عالی، موجب ۰/۰۴ درصد افزایش در بهره‌وری در کوتاه‌مدت و ۰/۱۱ درصد در بلندمدت می‌شود که حاکی از تاثیرپذیری کم بهره‌وری از افزایش درصد شاغلان دارای آموزش عالی است. این مسئله می‌تواند ناشی از بکارگیری بیش از حد نیروهای دانش‌آموختهٔ دانشگاهی در موقعیت‌های شغلی نامرتبط با تخصص آن‌ها باشد. افزون بر این، شاخص درصد شاغلان دارای آموزش عالی بیانگر کمّیت سرمایه انسانی است و کیفیت را پوشش نمی‌دهد. شایان اشاره است که تاثیر مثبت و معنادار شاخص درصد شاغلان دارای آموزش عالی بر بهره‌وری کل عوامل اقتصاد ایران در پژوهش امینی و مصلی (۱۳۹۰) و امینی و حجازی آزاد (۱۳۸۷) نیز تایید شده بود، ولی

تاثیر این شاخص بر بهره‌وری در دو پژوهش پیشین بیش‌تر از تاثیر برآوردشده بر بهره‌وری فعالیت‌های معدنی بوده است. بر اساس پژوهش امینی و مصلی (۱۳۹۰)، یک درصد افزایش در درصد شاغلان آموزش عالی، موجب دو درصد افزایش بهره‌وری کل عوامل در کارگاه‌های صنعتی می‌شود و بر مبنای نتایج پژوهش امینی و حجازی آزاد (۱۳۸۷)، یک درصد افزایش در درصد شاغلان آموزش عالی، موجب ۵/۷ درصد افزایش بهره‌وری کل عوامل در سطح کلان اقتصاد ایران در بلندمدت می‌شود. در پژوهش حاضر، یک افزایش نسبی ۵ درصدی در سهم شاغلان دارای آموزش عالی از کل شاغلان معدن در سال ۱۳۹۴، معادل افزایش یک درصدی سهم شاغلان دارای آموزش عالی از کل شاغلان است که به افزایش ۰/۵۵ درصد بهره‌وری کل عوامل معدن منجر می‌شود. بنابراین، تاثیر افزایش شاخص درصد شاغلان دارای آموزش عالی بر بهره‌وری کل عوامل بخش معدن نسبت به کل اقتصاد به‌مراتب کم‌تر است. گفتنی است، با توجه به تفاوت تصریح الگوها (به‌ویژه در مورد متغیر درصد شاغلان دارای آموزش عالی) و روش‌های تخمین متفاوت در دو پژوهش اشاره‌شده[1]، امکان مقایسه دقیق ضرایب شاخص درصد شاغلان دارای آموزش عالی وجود ندارد، ولی به‌طور تقریبی می‌توان نتایج را مقایسه نمود. با توجه به تفاوت یافته‌های این پژوهش با دیگر پژوهش‌ها در خصوص میزان تاثیرگذاری شاخص درصد شاغلان دارای آموزش عالی بر بهره‌وری و تفاوت دوره زمانی[2]، این فرضیه مطرح می‌شود که یکی از دلایل تاثیر کم این شاخص بر بهره‌وری فعالیت‌های معدنی می‌تواند به کاهش کیفیت آموزش عالی در سال‌های اخیر ارتباط داشته باشد که نیازمند پژوهش‌های جدید برای آزمون این فرضیه است.

یافته دیگر آن است که، با فرض ثابت بودن سایر عوامل، یک درصد افزایش در سرمایه تحقیق‌وتوسعه به ۰/۰۰۹ درصد افزایش بهره‌وری در کوتاه‌مدت و ۰/۰۳ درصد در بلندمدت منجر می‌شود که در این

---

۱. در پژوهش‌های امینی و حجازی آزاد (۱۳۸۷) و امینی و مصلی (۱۳۹۰)، شاخص سهم شاغلان دارای آموزش عالی از کل شاغلان به صورت خطی (بدون لگاریتم) و در این پژوهش به صورت لگاریتمی وارد شده است. در ضمن، متغیرهای کنترل در دو پژوهش نیز متفاوت هستند، به‌گونه‌ای که در آن دو پژوهش از نسبت تولید بالفعل به بالقوه و در پژوهش حاضر، از شاخص مقیاس فعالیت به عنوان متغیر کنترل استفاده شده است. در نهایت، روش تخمین در پژوهش امینی و حجازی آزاد ARDL و در پژوهش امینی و مصلی از روش ادغام داده‌های مقطعی و سری زمانی استفاده شده است که با روش تخمین پژوهش حاضر تفاوت دارد.

۲. دوره زمانی مورد بررسی در پژوهش امینی و مصلی ۱۳۷۸-۱۳۷۳ و در پژوهش امینی و حجازی آزاد ۱۳۸۳-۱۳۴۷ است که با دوره مورد بررسی این پژوهش ۱۳۹۴-۱۳۷۵ تفاوت دارد.

مورد نیز این عامل تاثیر زیادی بر بهره‌وری ندارد. کشش بلندمدت تخمین‌زده شده بسیار نزدیک به کشش برآورد شده در پژوهش امینی و مصلی (۱۳۹۰) در خصوص کارگاه‌های صنعتی ۱۰ نفره و بیش‌تر است که در آن پژوهش، کشش را حدود ۰/۰۴ برآورد کرده‌اند. تاثیرگذاری کم فعالیت‌های تحقیق‌وتوسعه بر بهره‌وری در معادن می‌تواند به دلیل اختصاص سهم بسیار اندک منابع به فعالیت‌های تحقیق‌وتوسعه و کارایی پایین فعالیت‌های تحقیق‌وتوسعه باشد، یعنی این فعالیت‌ها به افزایش نوآوری کمک زیادی نمی‌کنند. برای مثال، سهم هزینه‌های تحقیق‌وتوسعه در ارزش‌افزوده در فعالیت‌های معدنی دوره ۱۳۹۴-۱۳۷۵ حدود ۰/۲ درصد بوده است که در قیاس با کشورهای پیشرو در زمینه فعالیت‌های معدنی ناچیز است. در مورد کارگاه‌های صنعتی ۱۰ نفره و بیش‌تر نیز این شاخص حدود ۰/۲۴ درصد بوده است که شبیه به مورد فعالیت‌های معدنی است. به نظر می‌رسد دلیل مشترک کوچک بودن کشش بهره‌وری نسبت به سرمایه تحقیق‌وتوسعه در فعالیت‌های معدنی و کارگاه‌های صنعتی و پایین بودن سهم هزینه‌های تحقیق‌وتوسعه در ارزش‌افزوده باشد. گفتنی است، در پژوهش امینی و حجازی آزاد (۱۳۸۷)، کشش بلندمدت بهره‌وری کل عوامل نسبت به سرمایه تحقیق‌وتوسعه دولتی برای اقتصاد ایران در دوره ۱۳۸۳-۱۳۴۷ حدود ۰/۳ برآورد شده است که نشانگر تاثیر کم‌تر تحقیق‌وتوسعه بر ارتقای بهره‌وری بخش معدن در مقایسه با میانگین کل اقتصاد است. البته در مقایسه نتایج دو پژوهش باید به چند نکته توجه کرد که اولین نکته مربوط به دوره زمانی مورد بررسی است که دوره زمانی در پژوهش حاضر با پژوهش امینی و حجازی آزاد متفاوت است و دیگری تفاوت روش تخمین الگوها و نحوه تصریح الگوها است که این تفاوت‌ها بر ضرایب تخمین‌زده شده تاثیر می‌گذارد.

در نهایت، با فرض ثابت بودن سایر عوامل، یک درصد افزایش در شاخص مقیاس فعالیت معادن (متوسط ارزش‌افزوده به‌ازای هر معدن)، بهره‌وری حدود ۰/۲۱ درصد در کوتاه‌مدت و ۰/۶ درصد در بلندمدت افزایش می‌یابد. بنابراین، با اتخاذ سیاست‌های تشویق‌کننده افزایش مقیاس فعالیت معادن، صرفه‌جویی‌های ناشی از مقیاس رخ خواهد داد و بهره‌وری در بخش معدن به میزان زیادی افزایش خواهد یافت. از مقایسه کشش‌های بهره‌وری نسبت به متغیرهای تبیین‌کننده بهره‌وری می‌توان به این نتیجه رسید که به‌ترتیب مقیاس فعالیت، سرمایه انسانی، و سرمایه تحقیق‌وتوسعه بیش‌ترین تاثیر را بر بهره‌وری دارند. گفتنی است، در پژوهش الیاس و ریاض (۲۰۱۶) نیز به این نتیجه رسیده‌اند که رشد بهره‌وری کل عوامل در جنوب آسیا ناشی از افزایش مقیاس تولید، هزینه‌های آموزش، و رشد فناورانه بوده‌اند. یافته تاثیر مثبت مقیاس تولید بر بهره‌وری کل عوامل در پژوهش حاضر، با نتایج شجری و همکاران (۱۳۹۳) در مورد صنایع تولید مواد شیمیایی اساسی و الیاس و ریاض (۲۰۱۶) در کشورهای جنوب آسیا نیز هماهنگی دارد.

جارا و همکاران (۲۰۱۰) در مورد معادن مس در کشورهای پرو و شیلی به این نتیجه رسیدند که سرمایه‌گذاری در فناوری در ارتقای بهره‌وری نقش داشته است. کولشرشتا و پاریخ (۲۰۰۲) نیز به نقش بهبود فناورانه معدن‌کاری و استفاده از فناوری‌های روز به عنوان عامل اصلی بهبود بهره‌وری در معادن ذغال‌سنگ هند تاکید کردند. در پژوهش تیلتون[1] (۲۰۰۱) در مورد معادن مس در آمریکا به نقش نوآوری در کاهش هزینه‌های متغیر و افزایش بهره‌وری تاکید شد. بنابراین، ارتقای سرمایه انسانی، سرمایه‌گذاری در زمینه فناوری‌های نو، و افزایش مقیاس تولید سه عامل مهمی هستند که به افزایش بهره‌وری در بخش معدن کمک می‌کنند.

**جدول ۴: نتایج برآورد الگوی بهره‌وری کل عوامل فعالیت‌های معدنی به روش گشتاورهای تعمیم‌یافته در دوره ۱۳۹۴-۱۳۷۵**

| متغیرهای توضیحی | مقدار ضرایب و انحراف معیار |
|---|---|
| عرض از مبدا | -۰/۵۲۲<br>(۰/۲۷۶)*** |
| بهره‌وری کل عوامل تولید با یک وقفه | ۰/۶۵۵<br>(۰/۰۶۰)* |
| شاخص مقیاس فعالیت معادن | ۰/۲۱۵<br>(۰/۰۳۴)* |
| سرمایه تحقیق‌وتوسعه | ۰/۰۰۹<br>(۰/۰۰۵)*** |
| درصد شاغلان دارای آموزش عالی | ۰/۰۴۲<br>(۰/۰۱۶)* |
| قدرت تشریح تعدیل‌شده $\overline{R}^2$ | ۰/۹۲ |
| آزمون والد | ۴۶/۷<br>(۰/۰۰۰) |
| آماره J | ۱/۴۴ |
| scalar p-value | ۰/۹۶ |

منبع: یافته‌های پژوهش

Instrument specification in model: @dyn (TFP,-2) Log (KRD) Log (ES) Log( HC)

اعداد داخل پرانتز انحراف معیار هستند. علامت‌های *، ** و *** به‌ترتیب معناداری ضرایب در سطوح اطمینان ۹۹ درصد، ۹۵ درصد، و ۹۰ درصد را نشان می‌دهند.

## بحث و نتیجه‌گیری

هدف پژوهش حاضر، اندازه‌گیری بهره‌وری کل عوامل به تفکیک هفت فعالیت معدنی در دوره ۱۳۹۴-۱۳۷۵ و شناسایی نقش سرمایه انسانی و تحقیق‌وتوسعه در ارتقای بهره‌وری است. شاخص

1. Tilton

بهره‌وری کل عوامل (TFP) برای اولین بار با یک روش ابتکاری که مبتنی بر شاخص مقداری دیویژیا است، به تفکیک هفت فعالیت معدنی در این دوره اندازه‌گیری شده است. نتایج حاصل از اندازه‌گیری بهره‌وری کل عوامل با استفاده از تقریب ترنکوئیست شاخص دیویژیا برای هفت فعالیت معدنی نشانگر آن است که بهره‌وری کل عوامل به‌طور متوسط سالانه حدود ۲/۶ درصد افزایش یافته است. معادن سنگ‌آهن بیش‌ترین رشد بهره‌وری کل عوامل را داشته‌اند و موفق‌ترین معادن در زمینه استفاده بهینه از منابع هستند. پس از آن، به‌ترتیب معادن سنگ‌های فلزی، ذغال‌سنگ، نمک، سایر مواد معدنی، و استخراج سنگ، شن و ماسه قرار دارند. از طرف دیگر، معادن استخراج مواد معدنی شیمیایی بیش‌ترین کاهش بهره‌وری کل عوامل را داشته است و استفاده نابهینه از منابع، در این معادن تایید می‌گردد. همچنین، بررسی متوسط سهم رشد بهره‌وری در تامین رشد ارزش‌افزوده در دوره ۱۳۹۴-۱۳۷۵ نشان می‌دهد که ۲۹/۲ درصد از رشد ارزش‌افزوده کل فعالیت‌های معدنی از راه رشد بهره‌وری کل عوامل، تامین شده است. همچنین، بیش‌ترین سهم رشد بهره‌وری کل عوامل در تامین رشد ارزش‌افزوده مربوط به فعالیت استخراج ذغال‌سنگ با ۳۳/۶ درصد، استخراج نمک با ۳۲/۶ درصد، استخراج سنگ‌های فلزی غیرآهنی با ۲۶/۸، استخراج سنگ‌آهن با ۲۶/۲، سایر مواد معدنی ۲۳/۳، و استخراج شن و ماسه با ۲۲/۹ درصد است. در این دوره، رشد تولید فعالیت استخراج مواد شیمیایی معدنی فقط از راه استفاده بیش‌تر از منابع حاصل شده است و اقدام موثری در جهت بهبود بهره‌وری انجام نشده است.

در راستای شناسایی نقش سرمایه انسانی و تحقیق‌وتوسعه در ارتقای بهره‌وری، الگوی بهره‌وری کل عوامل به صورت تابعی از شاخص سرمایه انسانی (درصد شاغلان دارای آموزش عالی)، شاخص دانش و فناوری (سرمایه تحقیق‌وتوسعه) و شاخص مقیاس فعالیت در نظرگرفته شده است و با روش گشتاورهای تعمیم‌یافته (GMM) تخمین زده شده است. نتایج حاصل از برآورد نشانگر آن است که تمامی متغیرهای اشاره‌شده اثر مثبت و معناداری بر بهره‌وری دارند که با نتایج پژوهش‌های پیشین در خصوص بخش صنعت و کل اقتصاد همخوانی دارد. اگرچه شاخص درصد شاغلان دارای آموزش عالی تاثیر مثبت و معناداری بر بهره‌وری دارد، ولی میزان تاثیرگذاری آن بر بهره‌وری زیاد نیست و ممکن است که ریشه در استفاده نابهینه از دانش‌آموختگان دانشگاهی در فعالیت‌های معدنی یا تنزل کیفیت آموزش عالی دارد. سرمایه تحقیق‌وتوسعه نیز اگرچه تاثیر مثبت و معنادار بر بهره‌وری دارد، ولی این تاثیر زیاد نیست. این مسئله می‌تواند ناشی از حجم کم فعالیت‌های تحقیق‌وتوسعه و کارایی پایین این فعالیت‌ها باشد که با یافته امینی و مصلی (۱۳۹۰) در مورد کارگاه‌های صنعتی هماهنگی

دارد. گفتنی است، در پژوهش امینی و حجازی آزاد (۱۳۸۷)، کشش بلندمدت بهره‌وری کل عوامل نسبت به سرمایه تحقیق‌وتوسعه دولتی برای اقتصاد ایران در دوره ۱۳۸۳-۱۳۴۷ حدود ۰/۳ برآورد شده است که نشانگر تاثیر کم‌تر تحقیق‌وتوسعه بر ارتقای بهره‌وری بخش معدن در مقایسه با میانگین کل اقتصاد است. یافته دیگر آن‌که، با افزایش مقیاس فعالیت معادن، بهره‌وری افزایش می‌یابد و این تاثیر، بیش‌تر از دو عامل قبلی است. یافته تاثیر مثبت مقیاس تولید بر بهره‌وری کل عوامل در این پژوهش، با نتایج شجری و همکاران (۱۳۹۳) در مورد صنایع تولید مواد شیمیایی اساسی و الیاس و ریاض (۲۰۱۶) در کشورهای جنوب آسیا نیز هماهنگی دارد.

تحلیل انجام‌شده نشان می‌دهد، شاخص‌های سرمایه انسانی (متوسط سال‌های تحصیل شاغلان و درصد شاغلان دارای آموزش عالی) روندی افزایشی در دوره بلندمدت ۱۳۹۴-۱۳۷۵ داشته‌اند و انتظار می‌رود در تامین رشد بهره‌وری کل عوامل نقش داشته‌اند. افزون بر این، شاخص سرمایه تحقیق‌وتوسعه نیز به‌طور متوسط سالانه ۷/۱ درصد افزایش یافته و در تامین ارتقای فناوری و بهبود بهره‌وری نقش داشته است، ولی این تاثیر چندان زیاد نیست. زیرا سهم هزینه‌های تحقیق‌وتوسعه از ارزش‌افزوده در فعالیت‌های معدنی نسبت به کشورهای پیشرو بسیار کم است. بنابراین، کم‌توجهی به فعالیت‌های تحقیق‌وتوسعه، مانع از رشد سریع بهره‌وری در بخش معدن ایران شده است. افزون بر این‌ها، افزایش مقیاس فعالیت معادن نیز می‌تواند در رشد بهره‌وری فعالیت‌های معدنی نقش داشته باشد. یافته دیگر این‌که، سطح سرمایه انسانی در فعالیت‌های معدنی پایین‌تر از فعالیت‌های صنعتی است و شکاف سرمایه انسانی بخش معدن با بخش صنعت اندکی بیش‌تر شده است. بر اساس مقایسه شاخص درصد شاغلان دارای آموزش عالی فعالیت‌های معدنی با میانگین کل اقتصاد می‌توان نتیجه گرفت، بخش معدن در جذب دانش‌آموختگان دانشگاهی چندان موفق نبوده است. مقایسه متوسط رشد سرمایه تحقیق‌وتوسعه در فعالیت‌های معدنی و صنعتی نشانگر رشد کندتر فناوری در فعالیت‌های معدنی نسبت به فعالیت‌های صنعتی است. بر اساس مقایسه متوسط سهم هزینه‌های تحقیق‌وتوسعه از تولید ناخالص داخلی کشور با متوسط سهم هزینه‌های تحقیق‌وتوسعه از ارزش‌افزوده فعالیت‌های معدنی این نتیجه به‌دست آمده است که میزان اختصاص منابع به تحقیق‌وتوسعه در فعالیت‌های معدنی نسبت به میانگین کل اقتصاد به‌مراتب کم‌تر بوده است. در نهایت، شاخص مقیاس فعالیت در بخش معدن رشد کم‌تری نسبت به فعالیت‌های صنعتی داشته است و بیانگر حرکت کندتر بخش معدن به سمت بزرگ‌تر کردن مقیاس تولید است.

در پایان، این پژوهش چندین سهم در پیشبرد ادبیات بهره‌وری ایجاد نموده است که می‌توان به

معرفی و پیاده‌سازی روشی نوآورانه برای اندازه‌گیری ارزش‌افزوده به تفکیک هفت فعالیت معدنی به قیمت ثابت، اندازه‌گیری بهره‌وری کل عوامل به تفکیک فعالیت‌های معدنی، و برآورد موجودی سرمایه فیزیکی و سرمایه تحقیق‌وتوسعه به تفکیک فعالیت‌های معدنی اشاره کرد.

با توجه به یافته‌های پژوهش، پیشنهادهای زیر در راستای ارتقای بهره‌وری در معادن مطرح می‌شوند:

۱. به مدیران معادن پیشنهاد می‌شود در راستای افزایش ضریب تاثیرگذاری استفاده از دانش‌آموختگان دانشگاهی در ارتقای بهره‌وری معادن کشور، به استفاده بهینه از دانش‌آموختگان دانشگاهی در موقعیت‌های تخصصی و ارتقای سطح کیفی دانش‌آموختگان دانشگاهی از راه ارائه دوره‌های آموزشی کاربردی توجه بیش‌تری نمایند؛

۲. به سیاستگذاران پیشنهاد داده می‌شود:

• با توجه به اثر کم سرمایه تحقیق‌وتوسعه بر ارتقای بهره‌وری کل عوامل در معادن و سهم پایین هزینه‌های تحقیق‌وتوسعه از ارزش‌افزوده، از فعالیت‌های این واحد در معادن با رویکرد توسعه نوآوری و بکارگیری فناوری‌های نو حمایت نمایند؛

• مشوق‌های لازم را برای بکارگیری جدیدترین فناوری‌های استخراج در سطح جهانی در معادن کشور بکار گیرند؛

• از ایجاد و توسعه شرکت‌های ارائه‌دهنده خدمات فناوری در فعالیت‌های معدنی حمایت نمایند؛ و

• با توجه به اثر مثبت و قوی مقیاس فعالیت معادن بر بهره‌وری، از برنامه‌های ارتقای مقیاس فعالیت در معادن از راه‌هایی مانند توسعه گردشگری معدنی، اجرای برنامه‌های تسهیل تجاری و ارتقای سطح آموزش تخصصی مدیران معادن با رویکرد توسعه صادرات محصولات معدنی و کاهش ظرفیت‌های بیکار حمایت نمایند.

۳. به پژوهشگران پیشنهاد می‌شود:

• نرخ‌های استهلاک سرمایه فیزیکی و سرمایه تحقیق‌وتوسعه را به تفکیک فعالیت‌های معدنی برآورد نمایند تا برآوردهای موجودی سرمایه فیزیکی و سرمایه تحقیق‌وتوسعه با دقت بالاتری امکان‌پذیر گردد.

• سایر عوامل تاثیرگذار بر بهره‌وری کل عوامل فعالیت‌های معدنی را شناسایی نمایند.

• تغییرهای بهره‌وری کل عوامل فعالیت‌های معدنی را با روش‌های دیگر مانند تحلیل پوششی داده‌ها و مالمکوئیست اندازه‌گیری کنند و تغییرهای فناوری و کارایی را محاسبه نمایند.

## منابع

### الف) فارسی


امینی، علیرضا و همکاران (۱۳۹۱). طرح مطالعاتی طراحی نظام جامع اندازه‌گیری و تحلیل شاخص‌های عمومی بهره‌وری به تفکیک بخش‌های اقتصادی، اجتماعی، و فرهنگی ایران، *موسسه عالی آموزش و پژوهش در مدیریت و برنامه‌ریزی*.

امینی، علیرضا (۱۳۸۰). *تحلیل عوامل موثر بر تقاضای نیروی کار و موانع ایجاد اشتغال در اقتصاد ایران*. پایان‌نامه دکتری، گروه اقتصاد دانشکده مدیریت و اقتصاد، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی تهران.

امینی، علیرضا و حجازی آزاد، زهره (۱۳۸۷). تحلیل نقش سرمایه انسانی و تحقیق‌وتوسعه در ارتقای بهره‌وری کل عوامل (TFP) در اقتصاد ایران. *فصلنامه علمی پژوهشی پژوهش‌های اقتصادی ایران*، ۱۱(۳۵)، ۳۰-۱.

امینی، علیرضا و سیمار اصل، نسترن (۱۳۹۱). رقابت‌پذیری و بهره‌وری در اقتصاد ایران. *فصلنامه بررسی‌های بازرگانی*، ۱۰(۵۴)، ۱۰۰-۸۴.

امینی، علیرضا و مصلی، شهرام (۱۳۸۷). اندازه‌گیری و تحلیل عوامل موثر بر بهره‌وری کل عوامل تولید با تاکید بر سرمایه انسانی (مطالعه موردی کارگاه‌های بزرگ صنعتی ایران). *اقتصاد مالی*، ۱(۲)، ۵۶-۳۹.

امینی، علیرضا و مصلی، شهرام (۱۳۹۰). تحلیل نقش سرمایه انسانی از نوع تجربه بر بهره‌وری کل عوامل: مطالعه موردی کارگاه‌های بزرگ صنعتی ایران. *پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی*، ۱۹(۵۷)، ۱۳۲-۱۰۵.

امینی، علیرضا، محمدی، مصطفی و بشیری، میثم (۱۳۹۴). *گزارش تحلیلی اندازه‌گیری و تحلیل روند بهره‌وری به تفکیک فعالیت‌های معدنی (دوره ۱۳۹۲-۱۳۷۵)*. موسسه مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی، مرکز مطالعات و بهبود بهره‌وری.

برنسون، ویلیام اچ (۱۳۹۷). *تئوری و سیاست‌های اقتصاد کلان*. ترجمه عباس شاکری، چاپ بیست و سوم، نشر نی.

درگاهی، حسن و قدیری، امراله (۱۳۸۲). تجزیه و تحلیل عوامل تعیین‌کننده در رشد اقتصادی ایران (با مروری بر رشد اقتصادی درون‌زا). *پژوهشنامه بازرگانی*، ۷(۲۶)، ۳۳-۱.

رومر، دیوید (۱۳۸۳). *اقتصاد کلان پیشرفته*، جلد اول: نظریه رشد. ترجمه مهدی تقوی، واحد علوم و تحقیقات تهران: انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی.

سازمان برنامه و بودجه کشور (۱۳۹۶). گزارش عملکرد قانون برنامه پنجم توسعه اقتصادی، اجتماعی، و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران در سال ۱۳۹۵. جلد دوم: حوزه فرابخشی (۱). *انتشارات سازمان برنامه و بودجه کشور*.

سازمان ملّی بهره‌وری ایران (۱۳۹۷). گزارش شاخص‌های بهره‌وری کشور در دوره ۱۳۹۶-۱۳۸۴ بر اساس سال

پایه ۱۳۹۰.
سبحانی، حسن (۱۳۷۱). بازدهی سرمایه‌گذاری آموزشی. *مجله تحقیقات اقتصادی*، ۳۱(۴۵)، ۹۶-۷۳.
شجری، هوشنگ، استادی، حسین و شیخی، ثریا (۱۳۹۳). عوامل موثر بر بهره‌وری کل عوامل (مطالعه موردی صنایع تولید مواد شیمیایی اساسی ایران). *اقتصاد مالی*، ۸(۲۷)، ۸۸-۶۵.
عظیمی، سیدرضا (۱۳۷۹). بررسی اثرهای صادرات غیرنفتی بر رشد اقتصادی در ایران. فصلنامه برنامه‌ریزی و بودجه، ۵(۵۶ و ۵۷)، ۵۰-۲۷.
فرهادی، علیرضا (۱۳۸۳). بررسی آثار تجارت خارجی بر رشد اقتصادی ایران. *فصلنامه برنامه‌ریزی و بودجه*، ۹(۱)، ۵۸-۲۷.
محمودزاده، محمود و زیتون نژاد موسویان، علی (۱۳۹۱). اندازه گیری و تحلیل منابع رشد اقتصادی بخش معدن در ایران. پژوهشنامه اقتصاد کلان، ۷(۱۳)، ۱۴۲-۱۲۱.
هژبرکیانی، کامبیز و امینی، علیرضا (۱۳۷۵). شاخص دیویژیا و کاربرد آن در تابع تولید: بررسی مقدار مصرف نهاده کود در کشت گندم آبی در استان سمنان. *اقتصاد کشاورزی و توسعه*،۱(۱۵)، ۵۸-۳۵.

**ب) انگلیسی**

Aghion, P & Howitt, P. (1998). *Endogenous Growth Theory. Cambridge,* Mass: MIT Press.
APO, (2018). APO Productivity Databook 2018.
Barro, R. J., & Sala-i-Martin, X. (1995). Economic Growth McGraw-Hill. *New York.*
De Solminihac, H., Gonzales, L. E., & Cerda, R. (2018). Copper Mining Productivity: Lessons from Chile. *Journal of Policy Modeling, 40*(1), 182- 193.
Grossman, G. M., & Helpman, E. (1991). *Innovation and Growth in the Global Economy*: MIT Press.
Ilyas, M., & Riaz, U. (2016).Comparative Evaluation of Common Measures of Total Factor Productivity: Evidence from South Asia, *Pakistan Economic and Social Review, 54*(2), 275- 296.
Jara, J. J., Pérez, P., & Villalobos, P. (2010). Good Deposits are not Enough: Mining Labor Productivity Analysis in the Copper Industry in Chile and Peru 1992–2009. *Resources Policy, 35*(4), 247- 256.
Kinoshita, Y. (2000). *R&D and Technology Spillovers via FDI: Innovation and Absorptive Capacity*. Working Paper Number 349.
Kulshreshtha, M., & Parikh, J. K. (2002). Study of Efficiency and Productivity Growth in Opencast and Underground Coal Mining in India: A DEA Analysis. *Energy Economics, 24*(5), 439 -453.
Kuznets, S. (1971). Nobel Prize in Economics Documents from Nobel Prize Committee. No 1971 -2.
Lee, S.-Y. T., & Guo, X. J. (2004). *Information and Communications Technology (ICT) and Spillover: A Panel Analysis*. Paper Presented at the Econometric Society 2004 far Eastern Meetings.

Lucas, R, E. (1988). On the Mechanics of Economic Development. *Journal of Monetary Economics. 22*(1), 4- 32.
Mahadevan, R., & Asafu-Adjaye, J. (2005). The productivity–Inflation Nexus: The Case of the Australian Mining Sector. *Energy Economics, 27*(1), 209- 224.
Malaysia Productivity Corporation, (2016). Productivity Report Malaysia. MPC.
Nelson, R. R., & Phelps, E. S. (1966). Investment in Humans, Technological Diffusion, and Economic Growth. *The American Economic Review, 56*(1 /2), 69- 75.
OECD. (1993). The Measurement of Scientific Activities: Proposed Standard Practice for Surveys of Research and Experimental Development. Paris.
Romer, D. (2001). *Advanced Macroeconomics*. McGraw-Hill, Irwin.
Romer, P. M. (1990). Endogenous Technological Change. *Journal of Political Economy, 98*(5, Part 2), 71- 102.
Schultz, T. W. (1961). Investment in Human Capital. *The American Economic Review, 51*(1), 1- 17.
Smith, V., Dilling-Hansen, M., Eriksson, T., & Madsen, E. S. (2004). R&D and Productivity in Danish Firms: Some Empirical Evidence. *Applied Economics, 36*(16), 1797 -1806.
Solow, R. M. (1956). A Contribution to the Theory of Economic Growth. *The Quarterly Journal of Economics, 70*(1), 65- 94.
Swan, T. W. (1956). Economic Growth and Capital Accumulation. *Economic Record, 32*(2), 334- 361.
Tilton J. (2001). Labor Productivity, Costs, and Mine Survival during a Recession. *Resources Policy 27*(1), 107 -117.

# The Role of Human Capital and R&D in Total Factor Productivity in the Mining Sector

**Alireza Amini**[1] | ar.amini@iauctb.ac.ir
**Mostafa Mohammadi**[2] | m.mohammadi@itsr.ir
**Zahra Alizadeh**[3] | zahraalizade27@yahoo.com

**Abstract** Promoting Total Factor Productivity (TFP) is one of the methods to improve the competitiveness in the mining sector. Even so, it is of great importance to find a practical solution for productivity improvement. In this study, value added was measured by an innovative method based on the Divisia quantity index for seven mineral activities for the period 1994-2016. The results of calculating TFP by Tornquist approximation of Divisia index show that the annual average of TFP growth was 2.6% over the period; Also, 29.2% of total value added growth stems from TFP growth. The highest share of TFP growth in increasing value added pertains to coal mining activity with 33.6%, and the growth of the production of mineral chemicals activity has been achieved only through increased usage of resources. Subsequently, the impact rate of human capital and R&D on TFP growth was measured by using the method of generalized method of moments (GMM) for panel data. The results of the estimation model by panel data method indicate that the graduated employees as representatives of human capital, R&D capital, and mining activity scale have a positive and significant effect on the TFP. However, R&D capital and human capital have minimum impact on TFP growth.

**Keywords:** Total Factor Productivity, Human Capital, R&D Capital, Divisia Index, Mineral Activities, Value Added.

**JEL Classification:** JO13, O47, J24.

1. Associate Professor of Faculty of Economics & Accounting, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran (Corresponding Author).
2. M.A. in Industrial Engineering, Expert in Institute for Trade and Research, Tehran, Iran.
3. M.A. in Economics, Expert in Ministry of Cooperatives, Labor and Social Welfare, Tehran, Iran.

The Journal of PLANNING & BUDGETING | Indexed In ISC | ISSN: 2251-9092 | Vol. 23 | No. 2 | Summer 2018 | PP 47-78