نشریه مهندسی منابع معدنی
Journal of Mineral Resources Engineering
(JMRE)

دانشگاه بین‌المللی امام خمینی
IMAM KHOMEINI INTERNATIONAL UNIVERSITY

دوره پنجم، شماره ٤، زمستان ۱۳۹۹، صفحه ۳۷ تا ۵۲
Vol. 5, No. 4, Winter 2021, pp. 37-52

DOI: 10.30479/jmre.2020.12360.1363

علمی-پژوهشی

تحلیل بهره‌وری نیروی کار در معادن ایران

لطفعلی عاقلی[1*]

۱- دانشیار، گروه اقتصاد، پژوهشکده اقتصاد، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

(دریافت ۱۳۹۸/۱۰/۱۱، پذیرش ۱۳۹۹/۰۳/۰۳)

چکیده

استخراج مواد معدنی بدون استفاده از نیروی کار ممکن نیست. نیروی کار در ترکیب با ماشین‌آلات و انرژی می‌تواند تولید و استخراج را تداوم بخشد. در این مقاله، با مروری بر حقایق مدون در معادن در حال بهره‌برداری، ابتدا عوامل موثر بر بهره‌وری شناسایی و سپس با تصریح یک مدل اقتصادسنجی، تاثیر این عوامل بر بهره‌وری در بازه زمانی سال‌های ۱۳۹۶-۱۳۶۲ برآورد می‌شود. با توجه به نامانایی متغیرها، آزمون هم‌انباشتگی یوهانسون-یوسلیوس وجود رابطه بلندمدت بین متغیرها را تایید می‌کند. براین اساس، سهم شاغلان ماهر، مالکیت خصوصی بر معادن، سرمایه سرانه، دستمزد و حقوق، بر بهره‌وری نیروی کار در معادن تاثیر مثبت دارند. با توجه به یافته‌ها، به‌منظور افزایش بهره‌وری نیروی کار در معادن، طراحی نظام پرداخت و پاداش متناسب با ارزش افزوده شاغلان، استفاده از فناوری‌های کاراندوز (تجهیزات پیشرفته معدنی) در استخراج معادن عمیق و پرخطر، خصوصی‌سازی معادن غیراستراتژیک کشور و افزایش سهم نیروی کار در سود و فروش مواد معدنی، توجه به روابط جانشینی/ مکملی نهاده‌های کار، انرژی و سرمایه در استخراج و فرآوری مواد معدنی توصیه می‌شود.

کلمات کلیدی

بهره‌وری معادن، سرمایه سرانه، مالکیت، اشتغال، دستمزد.

[*] نویسنده مسئول و عهده دار مکاتبات **Email: aghelik@modares.ac.ir**

CC BY

۱- مقدمه

به‌کارگیری نیروی کار در واحدهای معدنی برای انجام فعالیت‌های مرتبط از ضروریات فرآیند بهره برداری از معادن است. اشتغال در معادن علاوه‌بر نحوه مالکیت، از روندهای کلان کشور، تخصص نیروی کار و هم‌چنین تقاضای واحدهای معدنی برای نیروی انسانی ناشی می‌شود. جذب نیروی کار کارآمد اهمیت زیادی در مدیریت معادن دارد. اگر نیروی کار بدون محدودیت‌های اقتصادی و نهادی در اختیار این بخش قرار می‌گرفت، بهره‌وری نیروی کار چندان مطرح نمی‌شد اما با توجه به محدودیت نیروی کار، در صورتی‌که نیروی کار به‌طور بهینه مورد استفاده قرار نگیرد، نشان از ضعف مدیریت دارد و ادامه مسیر، خود را به صورت کاهش تولید و بهره‌وری نشان خواهد داد.

ترکیب نیروی کار ماهر و غیرماهر قابل استفاده در معادن، لزوم استفاده کارآمد از نیروی کار موجود را گوش‌زد می‌کند. شناخت عوامل موثر بر بهره‌وری نیروی کار، به تعیین سهم آنها در افزایش تولید و ارزش افزوده معادن کمک می‌کند. این تحقیق به‌دنبال بررسی روند بهره‌وری نیروی کار در معادن کشور و عوامل تعیین‌کننده آن است. اگر روند بهره‌وری نیروی کار نزولی باشد، باید دلایل گرایش‌های منفی بهره‌وری شناسایی و رفع شوند. اما در صورت فزاینده بودن این روندها، می‌توان عوامل موثر را مورد حمایت قرار داد. بهره‌وری پایین نیروی کار می‌تواند به عوامل مختلفی چون دستمزدهای پایین، بی‌رغبتی کارگران، عدم تناسب نیروی کار با تجهیزات مورد استفاده و مشکلات مدیریت و سازماندهی معادن نسبت داده شود.

سن و سابقه، سواد، مهارت، تجربه و جنسیت از جمله متغیرهای مهم بر بهره‌وری نیری کار هستند[۱]. افزایش سابقه شغلی به‌دلیل یادگیری حین کار و نیز تجربه اندوخته‌شده در سال‌های فعالیت، سبب می‌شود امور و وظایف مربوطه با سرعت و کارایی بیشتری انجام پذیرد. طبیعی است که میزان بهره‌وری نیروی کار تازه استخدام‌شده نسبت به فرد باسابقه کاری چند ساله متفاوت است.

سواد و دانش اکتسابی مربوط به سال‌های تحصیل در مدرسه، هنرستان یا دانشگاه نیروی کار، از یک‌سو سبب می‌شود نیروی کار به وظایف و تکالیف خود آشنا شود و فنون و ابزارهای تولید را درست به‌کارگیرد؛ از طرف دیگر نیروی کار تحصیل‌کرده، زمینه یادگیری بیشتری دارد و می‌تواند خود را با فنون جدیدتر، سریع‌تر تطبیق دهد. بنابراین میزان تحصیلات و دانش رسمی و ضمنی شاغلان، بر بهره‌وری نیروی کار تاثیر مستقیم دارد.

مهارت و تجربه، مولفه دیگری است که سبب می‌شود نیروی کار، میزان کار مشخص را در واحد زمانی کمتر به سرانجام رساند و یا در جریان تولید، به روش‌های جدیدی دست یابد که صرفه‌جویی هزینه و زمان را به‌دنبال دارد[۲]. البته لازمه این کار، تشویق متقابل و جبران مناسب خدمات کارکنان از سوی کارفرما است. هر اندازه شاغلان فعال در معادن از کیفیت(مهارت، تجربه، دانش و سابقه) بیشتری برخوردار باشند، می‌توان افزایش بهره‌وری نیروی کار را انتظار داشت[۳]. عوامل موثر بر کیفیت نیروی کار به‌طور غیرمستقیم بر بهره‌وری نیروی کار تاثیر می‌گذارند. به‌عنوان مثال، ارتقای سلامت شاغلان و رعایت اصول بهداشت حرفه‌ای درقالب تغذیه مناسب کارگران، اعطای مرخصی، معاینات دوره‌ای کارگران، تنظیم مناسب دما و نور در معادن، تامین وسیله رفت‌وآمد و اسکان، از جمله اقداماتی هستند که با ایجاد انگیزه وتقویت روحیه کارگران می‌تواند به افزایش بهره‌وری نیروی کار شاغل در معادن کمک کند. نقش مدیریت، مقررات دولت در حوزه‌های زیست‌محیطی و سلامت و ایمنی کارگران نیز از عوامل موثر بر بهره‌وری نیروی کار قلمداد شده است[۴]. به‌طور کلی، انتظار می‌رود که نیروی کار ماهر و مجرب در معادن نسبت به نیروی کار ساده و کم‌تجربه از بهره‌وری بیشتری برخوردار باشد.

جنسیت، دیگر متغیری است که بر بهره‌وری نیروی کار در معادن تاثیر می‌گذارد[۵]. برخی فعالیت‌های معدنی به‌دلیل سختی‌کار و شرایط محیطی خطرناک، برای زنان مناسب نیستند و عملیات استخراج ماده معدنی عمدتا متکی به نیروی کار مردان است و زنان بیشتر در فعالیت‌های اداری و دفتری یا نظارتی مرتبط مشغول می‌شوند. اگر فقط استخراج مواد معدنی مدنظر باشد، ممکن است به دلیل غلبه کار و تلاش مردانه، جنسیت در حوزه بهره‌وری نیروی کار، جذابیت تحلیل خود را از دست بدهد.

سرمایه سرانه (نسبت سرمایه به نیروی‌کار)، در بهره‌وری نیروی کار اثر مثبت دارد. اگر سرمایه سرانه و یا تراکم سرمایه به‌ازای نیروی کار بیشتر باشد، بهره‌وری نیروی کار بیشتر خواهد بود[۶]. به عبارت دیگر، درصورتی‌که فرایند تولید سرمایه‌برتر باشد، بهره‌وری نیروی کار افزایش خواهد یافت. واضح است که فعالیت‌های استخراج عمدتا سرمایه‌بر هستند

تا کاربر. به سرمایه‌سرانه، شدت سرمایه نیز گفته می‌شود [۷]. مطالعه توابع تقاضا برای نهاده مختلف در معادن آمریکا[۸]، نشان می‌دهد اشتغال کارگران ماهر در عملیات معدن‌کاری، ممکن است در جایگزینی با سرمایه، دچار مشکل شود. در این مطالعه، استفاده از سرمایه انرژی‌اندوز[۱] (تجهیزات و ماشین‌آلاتی که انرژی کمتری مصرف می‌کنند) به‌جای سرمایه کاراندوز[۲] (تجهیزات و ماشین‌آلاتی که نیاز به نیروی کار کمتری دارند) در استخراج معدنی، آسان‌تر ارزیابی شده است. در درازمدت، با توجه به جایگزینی سرمایه به‌جای نیروی‌کار، سرمایه‌گذار در عملیات استخراج، تمایلی به صرفه‌جویی در مخارج نیروی کار ندارد، در این راستا کمبود کارگران ماهر ممکن است به تهدید حیات معدن‌کاری بدون الزامات کاراندوز ادامه دهد.

نوع فناوری نیز بر بهره‌وری نیروی کار اثر دارد. چون در طول زمان فناوری‌ها رو به بهبود می‌روند و فنون تولید، پیشرفته‌تر می‌شوند، اثر کلی پیشرفت فناوری بر تولید و بهره-وری نیروی کار، مثبت است[۹]. در بخش معادن، پیشرفت فناوری ممکن است به‌شکل کاهش زمان استخراج، افزایش سرعت استحصال مواد معدنی و صرفه جویی در انرژی مصرفی و یا موارد دیگر تبلور یابد.

در ابعاد اقتصادی، حقوق، دست‌مزد و پاداش پرداختی به شاغلان از مهم‌ترین عوامل موثر بر بهره‌وری نیروی کار هستند [۱۰]. با توجه به‌این‌که پول(به مفهوم عام) نزد نیروی کار حاوی مطلوبیت مثبت است، انگیزه، تلاش، و پشتکار نیروی کار با پرداخت به‌موقع حقوق و مزایا، افزایش می یابد؛ به‌ویژه اگر سبب افزایش در قدرت خرید واقعی و ارتقای سطح رفاهی کارگران شود. از سوی دیگر، نیروی کار زمانی به مشارکت بیشتر در فرایند تولید تشویق می‌شود که تبعیض در پرداخت‌ها صرفا براساس میزان مشارکت و نقش سازنده در تولید باشد، اما وقتی معیارهای دیگر از جمله مناسبات و روابط شخصی کارگر-کارفرما، بر پرداخت‌ها حاکم شود، موجب دل‌سردی و کاهش رغبت در کارگران فعال می‌شود و اثر منفی بر بهره‌وری نیروی کار خواهد گذاشت.

تاثیر دستمزد بر بهره‌وری در مطالعات مختلفی تحلیل شده است. در استخراج زغال‌سنگ در چین، اثر مثبت متوسط دستمزد بر بهره‌وری نیروی کار تایید شده است[۷]. در مطالعه [۱۱] افزایش بهره‌وری نیروی کار در معادن روباز پرو طی سال‌های۲۰۰۴-۱۹۹۲، حاصل افزایش دستمزدها بوده است. اما در مطالعه[۱۲]، بهره‌وری نیروی کار صنایع مس شیلی از دست‌مزد واقعی، تاثیر منفی پذیرفته است. مطالعه اثر آزادسازی بر بهره‌وری در معادن زغال‌سنگ هند طی دوره زمانی سال‌های ۱۹۸۸-۲۰۱۴، نشان داد که نظام پرداخت و پاداش مناسب در افزایش انگیزه کار و فعالیت در معادن بسیار مهم است و می‌تواند نیروی کار را به فعالیت موثر و متناسب با مجازات یا پاداش وادارد[۱۳]. تجزیه و تحلیل داده‌های آماری معادن زغال سنگ در لهستان در سال‌های ۲۰۰۴- ۲۰۱۵، نشان می‌دهد افزایش ۵درصدی بهره‌وری نیروی کار، با ۳۱درصد افزایش دست‌مزد همراه بوده، درحالی‌که کاهش ۷ درصدی بهره‌وری با افزایش کمتر دستمزدها(حدود ۱۵درصد) همراه بوده است [۱۰].

علاوه‌بر نظام پرداخت عادلانه که روی بهره‌وری نیروی کار اثر مثبت دارد، بیمه شاغلان نیز ضمن ایجاد آسایش فکری و ذهنی برای آنها، نقش انگیزشی هم در افزایش بهره‌وری نیروی کار دارد. ممکن است برخی کارفرمایان به‌ویژه در معادن کوچک از ارایه خدمات بیمه‌ای به شاغلان خود سرباز زنند، اما اگر حقوق و مزایای پرداختی به‌اندازه‌ای بالا باشد که شاغلان از طرح‌های بیمه خویش‌فرمایی استفاده کنند، باز می‌توان انتظار اثر مثبت بر بهره‌وری نیروی کار را داشت. به بیان‌دیگر، بسته‌های حمایتی و رفاهی فراهم‌شده برای کارگران شاغل در معادن، موجب افزایش بهره‌وری نیروی کار در فعالیت‌های معدنی خواهد بود.

در صورت وجود ظرفیت بلااستفاده در معادن و عدم تعدیل نیروی کار، معادن با مازاد نیروی کار و بیکاری پنهان مواجه خواهند شد. در این حالت، به‌دلیل کاهش تولید و افزایش تراکم نیروی کار، بهره‌وری نیروی کار، کاهش می‌یابد. افزایش ظرفیت بیکار، به‌طور عمده ناشی از کاهش تقاضای موثر برای مواد معدنی است که خود از مولفه‌های دیگری هم‌چون فقدان سرمایه در گردش، وقفه و اختلال در عرضه مواد اولیه، سوخت، تجهیزات و ماشین‌آلات معدنی، کاهش درآمد سرانه به‌دلیل رکود اقتصادی فراگیر و عوامل مشابه نشات می‌گیرد[۱۴].

انرژی، در معادن به‌عنوان نهاده مکمل نیروی انسانی و سرمایه است. با افزایش راندمان انرژی و تحویل و عرضه به‌موقع آن، ماشین‌آلات معدنی کمتر معطل می‌ماند و تولید، با وقفه کمتری تحقق می‌یابد. در نتیجه، میزان ارزش افزوده معادن افزایش می‌یابد که یقینا در بهره‌وری نیروی کار، تاثیر مثبت خواهد گذاشت.

با توجه به مقدمه فوق، سوال اصلی پژوهش عبارت است از:

روند بهره‌وری نیروی کار در معادن چگونه است؟ و در راستای آن، سوالات فرعی تحقیق شامل:

الف- درجه مهارت شاغل‌ان چه اثری بر بهره‌وری نیروی کار در معادن دارد؟

ب- نحوه مالکیت چه اثری بر بهره‌وری نیروی کار در معادن دارد؟

ج- سرمایه سرانه چه اثری بر بهره‌وری نیروی کار در معادن دارد؟

د- دست‌مزد و حقوق پرداختی چه اثری بر بهره‌وری نیروی کار در معادن دارد؟

۲- مواد و روش‌ها

داده‌های آماری مربوط به تعداد معادن، تولید، سرمایه‌گذاری، اشتغال، حقوق و دستمزد در معادن فعال از مرکزآمار ایران [۱۵] و داده‌های موجودی سرمایه از بانک مرکزی[۱۶] اخذ شده‌اند. دوره تحقیق، بازه زمانی سال‌های ۱۳۹۶-۱۳۶۲ است. ابتدا روند داده‌ها در قالب نمودار بررسی و سپس با ارایه مدل تحقیق، میزان اثرگذاری عوامل موثر بر بهره‌وری نیروی کار برآورد شد.

۲-۱- تعداد معادن

تعداد کل معادن فعال کشور در دوره ۱۳۶۲-۱۳۹۶، روند عمومی فزاینده داشته است و ۲۳۷ واحد معدنی فعال در ابتدای دوره، به حدود ۵۳۵۳ معدن در پایان دوره رسیده است. به بیان دیگر تعداد کل معادن در این مدت بیش از ۲۲ برابر شده است.

ترکیب معادن به تفکیک واحدهای عمومی و خصوصی به گونه‌ای بوده است که در طول زمان تعداد معادن بخش خصوصی افزوده شده و از ۷۱ معدن در سال ۱۳۶۲ به ۵۱۵۸ معدن در سال ۱۳۹۶ افزایش یافته است. در واقع، ضرورت‌های دوره دفاع مقدس(۱۳۵۹-۱۳۶۷) و نیز سیاست ملی‌سازی صنایع و معادن در دهه اول پس از پیروزی انقلاب، سبب سلطه بخش عمومی بر معادن کشور بوده، درحالی‌که در طول برنامه های ملی توسعه(شروع از سال ۱۳۶۸) تاکنون، با توجه به سیاست‌های خصوصی‌سازی و افزایش نقش بازار آزاد در اقتصاد ملی، میزان دخالت مستقیم دولت در بخش معدن کاهش محسوس داشته است.

از سوی دیگر، مقایسه وضعیت کلی معادن بر حسب مالکیت (جدول ۱)، نشان می‌دهد که از ۵۳۵۳ معدن فعال در سال ۱۳۹۶، تعداد ۵۱۵۸ معدن(۹۶٫۴ درصد) در تملک بخش خصوصی بوده است. هم‌چنین۶۷٫۶۱۶ نفر شاغل(۷۰٫۶ درصد شاغلان) در معادن بخش خصوصی فعالیت داشته، ارزش افزوده معادن بخش خصوصی ۷۱٫۴۲۶ میلیارد ریال(۳۶٫۶ درصد کل ارزش افزوده معادن) و سرمایه‌گذاری بخش خصوصی ۱۱٫۵۱۷ میلیارد ریال(۵۳٫۱ درصد کل سرمایه‌گذاری معدنی) بوده است. میزان کل پرداخت به شاغلان در معادن بخش خصوصی ۱۵٫۶۰۷میلیارد ریال بوده که ۵۲٫۲ درصد کل پرداخت‌های شاغلان معادن کشور است. بنابراین، به‌جز معیار ارزش افزوده، در سایر معیارها (اشتغال، سرمایه‌گذاری، جبران خدمات کارکنان)، سهم بخش خصوصی بیشتر از سهم بخش دولتی بوده است.

جدول ۱: وضعیت کلی معادن کشور بر حسب مالکیت در سال ۱۳۹۶ [۱۵]

شرح	جمع	دولتی	خصوصی
تعداد معادن	۵۳۵۳	۱۹۵	۵۱۵۸
تعداد شاغلین(نفر)	۹۵۸۳۱	۲۸۲۱۵	۶۷۶۱۶
ارزش افزوده (میلیاردریال)	۱۹۵۱۱۵	۱۲۳۶۸۹	۷۱۴۲۶
سرمایه‌گذاری (میلیاردریال)	۲۱۶۹۴	۱۰۱۷۷	۱۱۵۱۷
جبران خدمات (میلیاردریال)	۲۹۸۵۷	۱۴۲۵۰	۱۵۶۰۷

۲-۲- تولید سرانه

از آن‌جاکه بین صنایع و فعالیت‌های مختلف اقتصادی، ارقام کلان کارایی کافی ندارند، از نسبت‌ها و متغیرهای سرانه استفاده می‌شود. تولید سرانه در مورد صنایع معدنی نشان می‌دهد که در بین کل معادن مورد بهره‌برداری، هر شاغل به طور متوسط چه‌قدر تولید داشته است. بدیهی است افزایش تولید سرانه، نشان‌دهنده افزایش تولید نسبت به افزایش تعداد شاغلان است که می‌تواند حاصل تراکم سرمایه، مکانیزاسیون و بهبود مدیریت در واحدهای معدنی باشد. تولید سرانه، معیار سنجش بهره‌وری متوسط نیروی کار است و هرچه مقدار آن بالاتر باشد به‌معنی متوسط بهره‌وری بیشتر است.

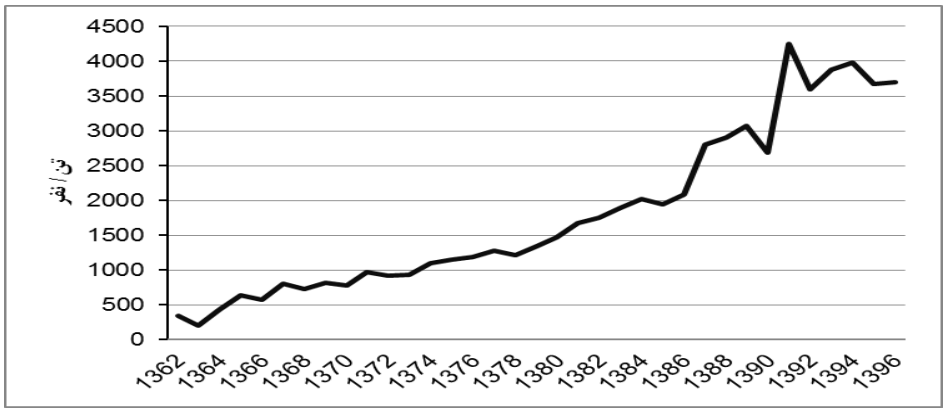
براساس شکل۱، تولید سرانه در معادن کشور از سال ۱۳۶۲ تا۱۳۹۰روند تقریبا فزاینده پیوسته‌ای را تجربه و در

سال ۱۳۹۰ به‌حداقل ۲.۶۸۱ تن برای هر نفر افت کرده است. ولی در سال ۱۳۹۱ مجدد روند صعودی را دنبال کرده و در دوره ۱۳۹۲-۱۳۹۶ در محدوده ۳.۵۰۰ تا ۴.۰۰۰ تن به ازای هر شاغل نوسان داشته است. به‌این ترتیب، در بازه سال‌های ۱۳۶۲-۱۳۹۶، تولید سرانه ازحدود ۳۴۶ تن برای هر نفر به تقریبا ۳۷۰۰ تن برای هر شاغل افزایش یافته است. افزایش بیش از ۱۰برابری تولید سرانه از افزایش سرمایه‌گذاری، عوامل انگیزشی (پاداش و دستمزد) و فناوری(به‌کارگیری ماشین‌آلات جدید در بخش معدن) حاصل شده است. در این مدت، رشد تولید سرانه، حدود ۷٫۲ درصد در سال بوده است.

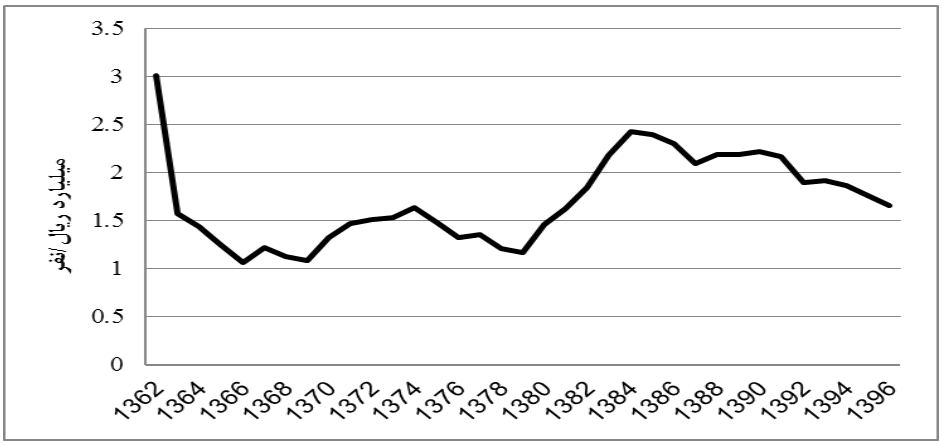
۲-۳- سرمایهٔ سرانه حقیقی

تولید سرانه با سرمایهٔ سرانه، ارتباط نزدیکی دارد. براساس مبانی اقتصاد نئوکلاسیک[۱۷]، تولید به دو عامل اصلی نیروی کار و سرمایه وابسته است و در کوتاه مدت، حداقل یکی از این عوامل ثابت فرض می‌شود اما در بلندمدت، هر دو متغیر می‌باشند. بنابراین، با تغییر عوامل تولید، مقدار تولید هم تغییر می‌کند. حال اگر تولید بر نیروی کار تقسیم شود، سرمایه هم بر نیروی کار تقسیم می‌شود که سرمایه سرانه را به‌دست می‌دهد. چون موجودی سرمایه‌درمعادن براساس روش موجودی گیری دایمی گزارش می‌شود، باتوجه به تعداد شاغلان، روند سرمایه سرانه حقیقی (تورم‌زدایی‌شده) در شکل ۲ رسم‌شده است.

براساس شکل ۲، سرمایهٔ سرانه از بیش از ۳ میلیارد ریال به‌ازای هر شاغل معدن در سال ۱۳۶۲ با نوسانات قابل توجه در سال ۱۳۹۶، به حدود ۱٫۶۵ میلیارد ریال برای هر نفر رسیده است. با توجه به افزایش تعداد شاغلان معادن، نوسانات سرمایه سرانه از نوسانات خود سرمایه تاثیر پذیرفته است.



شکل ۱: تولید سرانه معادن در ایران در بازه زمانی ۱۳۹۶- ۱۳۶۲ [۱۵]



شکل ۲: سرمایه سرانه حقیقی معادن در ایران در بازه زمانی ۱۳۹۶-۱۳۶۲ [۱۶]

۲-۴- جبران خدمات کارکنان

دستمزد و حقوق پرداختی به کارکنان ماهر و غیرماهر در آمارهای معدنی به «جبران خدمات کارکنان» معروف است. کارکنان معدن در دو گروه اصلی کارکنان استخراج و کارکنان پشتیبانی و اداری قرار می‌گیرند. دستمزد و حقوق، پاداشی است که در برابر خدمات فیزیکی و ذهنی نیروی کار پرداخته می‌شود. در نظریه اقتصاد خُرد، در صورتی‌که پرداخت به عوامل تولید از جمله نیروی کار، متناسب با میزان اضافه‌شده به تولید (بهره‌وری) باشد، با «نظریه توزیع بر مبنای بهره‌وری نهایی»[۳] سازگار است. در این نظریه، هر عامل تولید که بهره‌وری نهایی بیشتری داشته باشد، پاداش بیشتری خواهد گرفت[۱۸].

از آنجاکه «جبران خدمات کارکنان» به‌صورت اسمی گزارش می‌شود، از تقسیم آن، بر شاخص قیمت مصرف‌کننده (CPI[۴])، «جبران خدمات کارکنان به صورت حقیقی» به‌دست می‌آید و اثر تورم، خنثی می‌شود. نرخ رشد جبران خدمات کارکنان در بخش معدن در دوره سال‌های ۱۳۹۶-۱۳۶۲، حدود ۲۳٫۷ درصد در سال بوده است. در همین دوره، شاخص عمومی قیمت‌ها (بر مبنای قیمت خرده‌فروشی کالاها و خدمات در نقاط شهری)، به‌طور متوسط ۱۸٫۷ درصد در سال رشد داشته است. مقایسه میزان رشد حقوق و دستمزد پرداختی به کارکنان معادن و میزان رشد سطح عمومی قیمت‌ها (نرخ تورم) در شکل ۳ دلالت بر این دارد که در دوره‌هایی که نرخ رشد جبران خدمات کارکنان(خط مشکی) بالاتر از نرخ تورم (خط خاکستری) قرار گرفته، رفاه کارکنان معادن بهبود یافته است.

در تمام معادن کشور، میزان حقوق و دستمزد پرداختی به شاغلان در سال ۱۳۶۲، معادل ۲۱٫۳۲۹ میلیون ریال بوده که در سال ۱۳۹۶ با حدود ۱۴۰۰ برابر افزایش، به رقم ۲۹٫۸۵۷ میلیارد ریال رسیده است. شکل ۴، جبران خدمات کارکنان را به قیمت حقیقی (برمبنای سال پایه۱۳۶۱) در دوره زمانی ۱۳۹۶-۱۳۶۲ ترسیم کرده است. این نمودار، گویای آن است که حقوق و دستمزد حقیقی پرداخت‌شده به کارکنان معادن کشور در دوره مطالعه، از یک روند نقریبا فزاینده برخوردار بوده و از ۱۸٫۶ میلیارد ریال در سال ۱۳۶۲ به ۷۵٫۷ میلیارد ریال در سال ۱۳۹۶ رسیده است. میزان جبران خدمات کارکنان به قیمت‌های پایه سال ۱۳۶۱ از متوسط رشد سالانه ۴٫۲ درصد برخوردار بوده است. این روند می‌تواند به‌مثابه افزایش قدرت خرید کارکنان بخش، تفسیر شود و تایید دیگری بر افزایش حقوق و دستمزدها در معادن نسبت به رشد عمومی قیمت‌ها (تورم) است.

۲-۵- مدل تحقیق

براساس ادبیات تحقیق و منابع[۶] و[۱۰] تا [۱۲]، رابطه ۱، متغیرهای اصلی موثر بر بهره‌وری نیروی کار را معرفی می‌کند:

$$AP_L = f(Skil, Own, KL, W) \quad (۱)$$

که در آن:

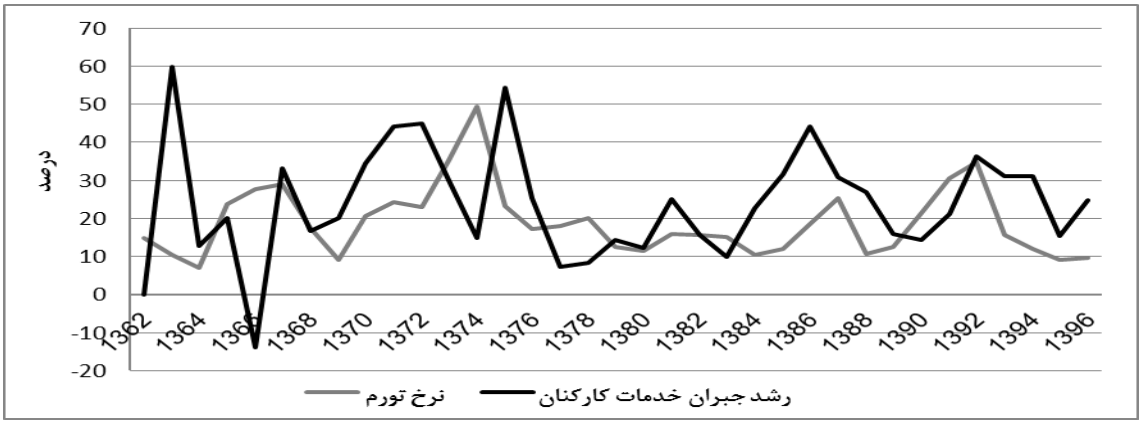
AP_L: بهره‌وری متوسط نیروی کار، به‌عنوان متغیر وابسته

$Skil$: نسبت شاغلان ماهر به ساده در معادن

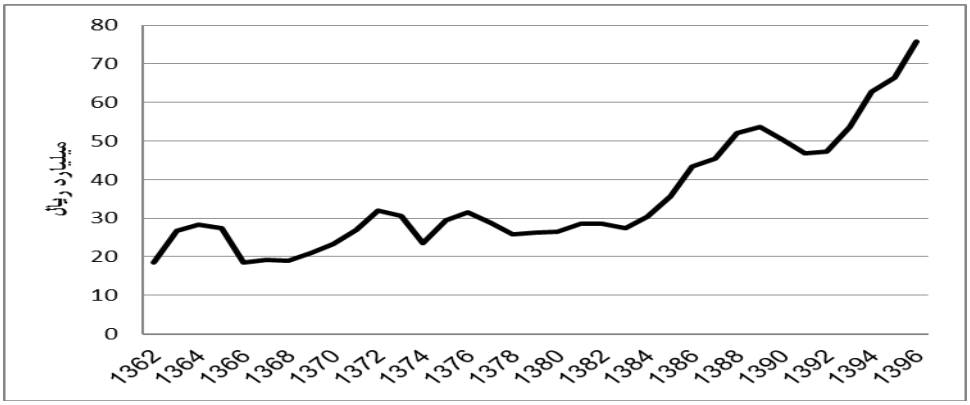
Own: شیوه مالکیت معادن(سهم مالکیت خصوصی معادن به درصد)

KL: سرمایه سرانه(شدت سرمایه)

W: دستمزد و حقوق پرداختی به شاغلان معادن، توضیح‌دهنده مدل هستند.



شکل ۳: رشد جبران خدمات کارکنان معادن و نرخ تورم [۱۵]



شکل ۴: جبران خدمات کارکنان در کل معادن به قیمت های ۱۳۶۱ [۱۵]

چون تولید در معادن و نیروی انسانی شاغل، متغیرهای حقیقی(غیرپولی) محسوب می‌شوند، بهره‌وری متوسط نیروی کار از تقسیم میزان تولید به تعداد نیروی کار شاغل در معادن محاسبه شده است. علاوه‌بر این، سرمایه سرانه، از تقسیم موجودی سرمایه متوسط به تعداد شاغلان به‌دست آمده است. در برآورد مدل، از نرم افزار Eviews استفاده شد. این نرم افزار تحتِ ویندوز، در سال ۱۹۹۴، جایگزین بسته نرم‌افزاری Micro TSP[۵] شد. در این نرم‌افزار، امکانات و قابلیت‌های زیادی برای پیش‌بینی آماری، تصریح و تخمین مدل‌های اقتصادسنجی(در قالب سری‌های زمانی یا داده‌های مقطعی و یا ترکیب آنها)، داده‌کاوی، برنامه‌نویسی و سناریوسازی اقتصادی تعبیه شده است[۱۹].

۳- نتایج و بحث

با توجه به اینکه سه متغیر توضیحی در رابطه ۱ به‌صورت سهم و نسبت تعریف شده‌اند، برای ایجاد همسنگی در متغیرهای تحقیق، دو متغیر تولیدسرانه(شاخص بهره‌وری نیروی کار) و دستمزد پرداختی به شاغلان به شکل لگاریتمی در مدل گنجانده شدند. استفاده از شکل لگاریتمی برای کاهش واریانس متغیرها و تفسیر نتایج برحسب کشش[۶] و رهایی از تغییر واحدهای سنجش بوده است.

مدل رابطه ۱، به شکل سری زمانی برآورد می‌شود. یک سری زمانی($x_1, x_2, \ldots, x_t$)، "مانا"[۷] است اگر میانگین و واریانس آن(و در حالت اکید، تمام گشتاورهای توزیع احتمال آن) با گذشت زمان ثابت باشند. اگر این گشتاورها در طول زمان تغییر کنند، آن‌گاه سری زمانی، نامانا خواهد بود و یا گفته می‌شود ریشه واحد[۸] دارد که در این صورت، نتایج یک سری زمانی، قابل تعمیم به دیگر دوره‌ها نیست[۲۰]. اغلب سری‌های زمانی در معرض نامانایی احتمالی قرار دارند و ضرورت دارد ابتدا آزمون "ریشه واحد دیکی-فولر تعمیم‌یافته"[۹] [۲۱] روی آنها انجام شود. برای انجام این آزمون، ابتدا رابطه رگرسیونی ۲ تصریح می‌شود:

$$x_t = \rho x_{t-1} + \varepsilon_t \qquad (۲)$$

که در آن:

عامل ρ: باید تخمین‌زده شود.

ε: خطای رگرسیون است.

با کم‌کردن جمله x_{t-1} از طرفین رابطه ۲ می‌توان نوشت:

$$\Delta x_t = (\rho - 1)x_{t-1} + \varepsilon_t \qquad (۳)$$

که در آن:

Δ: نماد تغییرات است.

آزمون ریشه واحد مبتنی بر فرضیه‌های صفر و مقابل(آلترناتیو) زیر است:

$$\begin{cases} H_O : \rho = 1 \\ H_A : \rho < 1 \end{cases} \qquad (۴)$$

رد فرضیه صفر(احتمال متناظر با آماره آزمون زیر ۵٪)، به معنای مانایی سری زمانی است و پذیرش آن، به مفهوم نامانایی است. اگر سری زمانی در سطح خود مانا باشد، گفته می‌شود، سری زمانی انباشته[۱۰] از درجهٔ صفر، $I(0)$ است، اما ممکن است در سطح مانا نبوده و در تفاضل مرتبه اول، مانا باشد. در این حالت گفته می‌شود، سری مورد نظر، $I(1)$ است.

جدول ۲: نتایج آزمون ریشه واحد دیکی-فولرتعمیم یافته (*ADF*)

متغیر	سطح متغیرها		تفاضل اول		درجه مانایی
	آماره *ADF*	احتمال	آماره *ADF*	احتمال	
$Log(AP_L)$	-۳٫۳۵۷	۰٫۰۷۲	-۱۰٫۳۹۶	۰٫۰۰	*I(1)*
Skil	-۲٫۷۵۴	۰٫۲۲۲	-۶٫۲۳۱	۰٫۰۰	*I(1)*
Own	-۰٫۱۴۳	۰٫۹۹۱	-۵٫۹۱۹	۰٫۰۰	*I(1)*
KL	-۲٫۸۵۹	۰٫۱۸۸	-۱۴٫۴۳۹	۰٫۰۰	*I(1)*
Log(W)	-۱٫۹۶۶	۰٫۵۹۸	-۵٫۴۲۱	۰٫۰۰	*I(1)*

نکته: تمام آزمون‌ها با لحاظ عرض از مبدا و روند صورت گرفته‌اند.

جدول ۲، نتایج آزمون ریشه واحد روی لگاریتم بهره‌وری متوسط نیروی کار (AP_L) و لگاریتم دستمزد و حقوق پرداختی به شاغلان معادن (W) و سطح متغیرهای دیگر، یعنی سهم شاغلان ماهر در معادن (*Skil*)، شیوه مالکیت معادن (*Own*) و سرمایه سرانه (KL) را نشان می‌دهد.

با توجه به جدول۲، تمام متغیرهای تحقیق، در تفاضل مرتبه اول خود، مانا بوده یا به‌عبارت دیگر همگی *I(1)* هستند. در این شرایط تخمین مدل رابطه ۱، موجب افزایش ضریب ساختگی R^2 (ضریب تعیین‌شده) و به‌دنبال آن معنادارشدن اشتباهی ضرایب رگرسیون می‌شوند. برای رهایی از این وضعیت، نظریه هم‌انباشتگی(هم‌جمعی[۱۱]) ارایه شد، به این معنا که اگر دو یا چند سری زمانی *I(1)* باشند، ممکن است ترکیب خطی آنها مانا یا *I(0)* باشند، یعنی در بلندمدت متغیرهای هم‌انباشته، هم‌دیگر را به‌خوبی دنبال می‌کنند[۲۰].

در این مقاله، برای اطمینان از وجود رابطه بلندمدت بین متغیر وابسته و متغیرهای توضیحی از آزمون هم‌انباشتگی "یوهانسن-یوسلیوس"[۱۲][۲۲] استفاده شد. این آزمون، مبتنی بر دو آماره "اثر"[۱۳] و "حداکثر مقدار ویژه"[۱۴] است. فرضیه صفر آزمون، نشان‌گر فقدان رابطه بلندمدت (بردار یا معادله هم‌انباشتگی) بین متغیرهای مورد بررسی است و فرضیه مقابل، دلالت بر وجود رابطه بلندمدت بین آنها دارد. در این آزمون، وجود چندین معادله هم‌انباشتگی بررسی می‌شود. اگر آماره اثر یا آماره حداکثر مقدار ویژه به‌ازای هر تعداد از معادلات هم‌انباشتگی(صفر، حداقل یک، حداقل ۲ و...) از مقدار بحرانی آزمون در سطح معنی‌داری ۵٪ بزرگ‌تر باشد، فرضیه صفر رد و فرضیه مقابل، پذیرفته می‌شود. نتایج این آزمون در جدول ۳ ارایه شده است.

جدول ۳: آزمون‌های اثر و حداکثر مقدار ویژه در بررسی درجه هم‌انباشتگی بین متغیرها

آماره اثر				
تعداد معادلات هم‌انباشتگی	مقدار ویژه	آماره اثر	مقدار بحرانی در سطح ۰٫۰۵	احتمال**
صفر*	۰٫۷۳۵	۸۰٫۸۰۱	۶۹٫۸۱۸	۰٫۰۰۵
حداقل۱	۰٫۴۲۸	۳۶٫۸۷۶	۴۷٫۸۵۶	۰٫۳۵۳
حداقل۲	۰٫۲۶۷	۱۸٫۴۲۳	۲۹٫۷۹۷	۰٫۵۳۵
حداقل۳	۰٫۲۰۵	۸٫۱۶۲	۱۵٫۴۹۴	۰٫۴۴۸
حداقل۴	۰٫۰۱۷	۰٫۵۸۷	۳٫۸۴۱	۰٫۴۴۳
آماره حداکثر مقدار ویژه				
تعداد معادلات هم‌انباشتگی	مقدار ویژه	آماره حداکثر مقدارویژه	مقدار بحرانی در سطح ۰٫۰۵	احتمال**
صفر*	۰٫۷۳۵	۰٫۹۲۵	۳۳٫۸۷۶	۰٫۰۰۲
حداقل۱	۰٫۴۲۸	۱۸٫۴۵۳	۲۷٫۵۸۴	۰٫۴۵۷
حداقل۲	۰٫۲۶۷	۱۰٫۲۶۱	۲۱٫۱۳۱	۰٫۷۱۹
حداقل۳	۰٫۲۰۵	۷٫۵۷۵	۱۴٫۲۶۴	۰٫۴۲۳
حداقل۴	۰٫۰۱۷	۰٫۵۸۷	۳٫۸۴۱	۰٫۴۴۳

* رد فرضیه هم‌انباشتگی در سطح معنی‌داری ۵٪
** مقادیر بحرانی مکینون، هاگ و میشلیس [۲۳]

براساس هر دو آماره اثر و حداکثر مقدار ویژه، وجود یک معادله هم‌انباشتگی بین متغیرهای مورد بررسی، تایید می‌شود؛ زیرا مطابق با هر دو آماره، عدم هم‌انباشتگی(r=0) در برابر r=1 (وجود حداقل یک معادله هم‌انباشتگی(r=1) در سطح معنی‌داری ۵٪ رد می‌شود و هم‌زمان وجود یک معادله هم‌انباشتگی در برابر وجود ۲ معادله هم‌انباشتگی و ... تایید می‌شود. این معادله هم‌انباشتگی نرمال‌شده به فرم زیر است:

(۵)

$$\underset{(0.0031)\ (0.0018)\ \ (0.113)\ \ (0.072)}{\text{Log(APL)} = 0.018\text{Skil}+0.045\text{Own}+0.46\text{KL}+0.216\text{Log(W)}}$$

در رابطه ۵، اعداد داخل پرانتز خطای معیار ضرایب را نشان می‌دهند. با توجه به ضرایب متغیرها و خطاهای معیار آنها در رابطه ۵، همه متغیرها در سطح معنی‌داری ۵٪ معنی‌دار هستند و بین متغیر وابسته و متغیرهای توضیح‌دهنده، یک رابطه بلندمدت برقرار است.

تمام ضرایب علاوه‌بر معنی‌دار بودن، از نظر تیوری، علامت انتظاری را دارند. بنابراین، در صورت ثبات سایر شرایط، با افزایش یک واحد نسبت شاغلان ماهر به کل شاغلان معادن، بهره‌وری نیروی کار تقریبا ۰٫۰۲ درصد افزایش می‌یابد. اگر سهم مالکیت خصوصی معادن یک واحد زیاد شود، با ثابت‌ماندن سایر شرایط، بهره‌وری متوسط نیروی کار، حدود ۰٫۰۵ درصد افزایش می‌یابد. هم‌چنین، با افزایش سرمایه سرانه(شدت سرمایه)، میزان افزایش در بهره‌وری نیروی کار تقریبا ۰٫۵ درصد خواهد بود. از طرف دیگر، وقتی حقوق و دستمزد پرداختی به شاغلان یک درصد اضافه شود، حدود ۰٫۲۲ درصد بر بهره‌وری نیروی کار افزوده می‌شود.

نتایج تحقیق، مبتنی بر داده‌های آماری معادن ایران در بازه زمانی سال‌های ۱۳۶۲-۱۳۹۶ است. این نتایج ممکن است از نظر اندازه عددی ضرایب و نیز علامت آنها، با سایر مطالعات متفاوت باشد. در ادامه به‌وجوه تشابه و هم‌سویی مطالعه حاضر و سایرتحقیقات موجود اشاره می‌شود:

از بحث مالکیت معلوم شد که مالکیت خصوصی بر معادن می‌تواند اثر مثبت بر بهره‌وری نیروی کار داشته باشد. این یافته با نتایج مرجع[۷] در مورد صنعت استخراج زغال‌سنگ در چین سازگار است. طبیعی است که نیروی کار به‌دلیل احساس تعلق خاطر به مواد استخراج‌شده، انگیزه و تمایل بیشتری به کار و فعالیت در معادن خصوصی دارد.

در مورد سرمایه سرانه، نتایج حاکی از این بود که سرمایه سرانه تاثیر مثبت بر بهره‌وری نیروی کار دارد. براساس مرجع [۴] در بازه زمانی سال‌های ۱۹۹۹-۱۹۸۰، بیشترین رشد بهره‌وری نیروی کار صنعت مس ایالات متحده در دوره‌های افزایش سرمایه سرانه رخ داده است. هم‌چنین فناوری نوین و سایر فعالیت‌های نوآورانه(بهبود شیوه استخراج، سیستم ریلی برای جابه‌جایی سنگ معدن، زمان‌بندی دقیق کار کامیون‌ها و کنترل فرایندها در دستگاه‌های سنگ شکن، کامیون ها و بیل‌های مکانیکی و مته‌های قوی و مواد منفجره موثر)سبب افزایش بهره‌وری نیروی کار شده است. طبق این مطالعه، اثر تعمیق سرمایه بر بهره‌وری نیروی کار(افزایش سرمایه سرانه)، در واقع بازتابی از اثر فناوری نوین بر بهره‌وری است. نتیجه مطالعه[۷] در مورد صنعت استخراج زغال‌سنگ در چین هم نشان می‌دهد که شدت سرمایه، اثر مثبتی در بهره‌وری نیروی کار دارد؛ زیرا بخش معدن نیاز به سرمایه‌گذاری کلان دارد. در مرجع[۱۲] با روش هم‌انباشتگی و در دوره زمانی سال‌های ۲۰۱۳-۱۹۸۶ نتیجه گرفته شد که بهره‌وری نیروی کار در صنایع مس شیلی، تحت تاثیر مستقیم سرمایه سرانه قرار دارد.

نتایج مطالعه حاضر با یافته‌های مطالعه[۸] روی اشتغال و سرمایه‌گذاری در معادن آمریکا سازگار نیست. در آن مطالعه، استفاده از سرمایه انرژی‌اندوز (کاهش مصرف انرژی در ماشین‌آلات و تجهیزات) به‌جای سرمایه کاراندوز(کاهش نیروی کار به ازای ماشین‌آلات) در استخراج معدنی، آسان‌تر است و در نتیجه سرمایه‌گذاری در معادن، موجب صرفه‌جویی در هزینه‌های نیروی کار نمی‌شود.

تاثیر مثبت دستمزد بر بهره‌وری نیروی کار در معادن ایران با نتایج مطالعات[۷] و [۱۰] و [۱۱] هم‌خوانی دارد، اما بر خلاف یافته‌های مطالعه [۱۲] است.

۴- نتیجه گیری

افزایش سهم شاغلان ماهر از کل شاغلان معادن، افزایش سهم مالکیت خصوصی معادن، افزایش سرمایه سرانه(شدت سرمایه) و افزایش حقوق و دستمزد پرداختی به شاغلان، از متغیرهای اصلی موثر بر بهره‌وری نیروی کار در معادن ایران هستند.

برای افزایش بهره‌وری نیروی کار در معادن کشور به استناد نتایج تجزیه و تحلیل می‌توان پیشنهادهای زیر را ارایه داد:

الف- طراحی نظام پرداخت در معادن، به‌گونه‌ای‌که تمام پرداخت‌ها (حقوق و دستمزد، پاداش و اضافه‌کار) به عوامل تولید (به‌ویژه نیروی کار)، به ارزش افزوده آنها مرتبط باشد.

ب- استفاده از فناوری‌های کاراندوز(تجهیزات پیشرفته معدنی) در استخراج معادن به ویژه معادن عمیق و پرخطر.

پ- خصوصی‌سازی معادن غیراستراتژیک کشور و افزایش سهم نیروی کار در سود و فروش مواد معدنی.

ت- بهینه‌سازی ترکیب نیروی کار (کارکنان دفتری،

نیروهای ساده و ماهر معادن) با هدف کاهش هزینه‌ها.

ث- توجه به روابط جانشینی/ مکملی نهاده‌های کار، انرژی و سرمایه در استخراج و فرآوری مواد معدنی.

ج- سرمایه‌گذاری در فرآوری مواد معدنی، به‌منظور تشویق استخراج و تولید.

۵- سپاس‌گزاری

این مقاله برگرفته از طرح پژوهشی به‌شماره ۹۰۰۰۷۱۷۸ با کارفرمایی«صندوق حمایت از پژوهش‌گران و فناوران کشور» است. نگارنده از حمایت مالی صندوق و از دانشگاه متبوع خود به‌دلیل فراهم‌سازی دسترسی به منابع کتابخانه‌ای و اینترنت قدردانی می‌نماید.

۶- مراجع

[1] Islam, S., and Syed Shazali, S. T. (2011). *"Determinants of manufacturing productivity: pilot study on labor-intensive industries"*. International Journal of Productivity and Performance Management, 60(6): 567-582.

[2] Wellmer, F. W., Dalheimer, M., and Wagner, M. (2007). *"Economic Evaluations in Exploration"*. Second Edition, Springer Science & Business Media, Heidelberg.

[3] Garcia, P., Knights, P. F., and Tilton, J. (2001). *"Labor productivity and comparative advantage in mining: The copper industry in Chile"*. Resources Policy, 27: 97-105.

[4] Tilton, J. E., and Landsberg, H. H. (1999). *"Innovation, productivity growth, and the survival of the US copper industry"*. In Productivity in Natural Resource Industries: Improvement Through Innovation, David Simpson R. Ed., Routledge, New York, Chapter 4, 109-139.

[5] Kotsadam, A., and Tolonen, A. (2015). *"African mining, gender, and local employment"*. The World Bank, Policy Research Working Paper, 7251:pp. 45.

[۶] امینی، ع.؛ ۱۳۸۳؛ "**اندازه گیری و تحلیل عوامل موثر در بهره وری کل عوامل در بخش صنعت و معدن**". پیک نور- علوم انسانی زمستان، سال دوم، شماره ۴، ص ۷۳-۴۷.

[7] Sun, S., and Anwar, S. (2015). *"R&D status and the performance of domestic firms in China's coal mining industry"*. Energy Policy, 79: 99-103.

[8] Suh, D. H. (2018). *"Exploring the US mining industry's demand system for production factors: Implications for economic sustainability"*. Resources Policy, https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2018.06005.

[۹] عاقلی، ل.؛ ۱۳۸۵؛ "**برآورد تابع تولید معادن کشور**". فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی، دوره ششم، شماره ۱، ص ۴۹-۳۳.

[10] Wyganowska, M. (2018). *"Analysis of the motivational nature of remuneration in the light of production and efficiency in hard coal mining in Poland"*. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 198(1): 012017.

[11] Jara, J. J., Pérez, P., and 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.

[12] De Solminihac, H., Gonzales, L. E., and Cerda, R. (2018). *"Copper mining productivity: Lessons from Chile"*. Journal of Policy Modeling, 40: 182-193.

[13] Sahoo, A. K., Sahu, N. C., and Sahoo, D. (2018). *"Impact of policy reforms on the productivity growth of Indian coal mining: A decomposition analysis"*. Resources Policy, 59: 460-467.

[14] Tilton, J. (2001). *"Labor productivity, costs, and mine survival during a recession"*. Resources Policy, 27(2): 107-117.

[۱۵] مرکز آمار ایران؛ "**نتایج آمارگیری از معادن در حال بهره‌برداری کشور**". سال‌های مختلف.

[۱۶] بانک مرکزی؛ ۱۳۹۶؛ "**موجودی سرمایه در اقتصاد ایران (۱۳۹۴-۱۳۵۳)**". اداره حساب های اقتصادی، ۱۵۵صفحه.

[17] Nicholson, W., and Snyder, C. M. (2018). *"Microeconomic theory: Basic principles and extensions"*. 10th Edition, Thomson South-Western, pp. 763.

[18] Felipe, J., and McCombie, J. S. (2015). *"Can the Marginal Productivity Theory of Distribution be Tested?"*. Review of Radical Political Economics, 47(2): 274-291.

[19] EViews 11: Innovative Solutions for Econometric Analysis, Forecasting and Simulation. Available at: https://www.eviews.com/general/about_us.html.

[20] Gujarati, D. N., and Porter, D. C. (2016). *"Basic Econometrics"*. McGraw-Hill, UK Edition, pp. 960.

[21] Dickey, D. A., and Fuller, W. A. (1979). *"Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root"*. Journal of the American Statistical Association, 74(366a): 427-431.

[22] Johansen, S., and Juselius, K. (1990). *"Maximum likelihood estimation and inference on cointegration—with applications to the demand for money"*. Oxford Bulletin of Economics and Statistics, 52(2): 169-210.

[23] MacKinnon, J. G., Haug, A. A., and Michelis, L. (1999). *"Numerical distribution functions of likelihood ratio tests for cointegration"*. Journal of Applied Econometrics, 14(5): 563-577.

---

[1] Energy-saving capital

[2] Labor-saving capital

[3] Marginal Productivity Theory of Distribution

[4] Consumer price Index (CPI)

[5] Micro Time-Series Package (Micro TSP)

[۶] کشش، خارج قسمت تغییرات نسبی یک متغیر به تغییرات نسبی متغیر دیگر تعریف می‌شود و بدون بُعد(فاقد واحد اندازه‌گیری) است.

[7] Stationary

[8] Unit Root

[9] Augmented Dickey-Fuller (ADF)

[10] Integrated

[11] Cointegration

[12] Johansen-Juselius cointegration test

[13] Trace Statistic

[14] Max Eigen Value

Imam Khomeini International University
Vol. 5, No. 4, Winter 2021, pp. 10-14

نشریه مهندسی منابع معدنی
Journal of Mineral Resources Engineering
(JMRE)

DOI:10.30479/jmre.2020.12360.1363

Research Paper

Analyzing Labor Productivity in Iranian Mines

Agheli L.[1*]

1- Associate Professor, Dept. of Economics, Economic Research Institute, Tehran, Iran
aghelik@modares.ac.ir

(Received: 01 Jan. 2020, Accepted: 23 May 2020)

Abstract: Mining is impossible without employing labor. The production and extraction of minerals require a combination of labor, machinery and energy. In this paper, through a review of the stylized facts of the Iranian mines under operation, first the factors affecting labor productivity are identified, and then, by specifying an econometric model, their effects on productivity are estimated over the period 1983-2017. Given the non-stationary variables, the Johansen-Juselius co-integration test confirms the existence of a long-term relationship among the variables. Accordingly, the share of skilled labor, private ownership of mines, capital-labour ratio, and wages and salaries positively influence labor productivity. According to the findings, designing a payment and reward system related to the added value of employees, using labor-saving technologies (advanced mining equipment) in the extraction of deep and high-risk mines, privatization of non-strategic mines, increasing the share of the labour force in the profit and sale of minerals, paying attention to the substitution and complement inputs(labor, energy and capital) in mineral extraction and processing are recommended to increase labor productivity in mines.

Keywords: Productivity of Mines, Per capita capital, Ownership, Employment, Wage.

INTRODUCTION

Employing labor in mining and quarrying firms is inevitable. The employment in mining sector stems from the national macroeconomic trends, the specialized workforce, the demand for labour and ownership structure.

Identifying labor productivity determinants helps to measure the share of various factors in mines' production and value-added. This study seeks to examine the trend of labor productivity in Iranian mines. The labor productivity depends on different variables such as wage level, employee morale, skilled labor, managing and organizing strategies.

Age, literacy and gender are important variables affecting labor productivity [1]. The skilled and experienced workforce can perform a certain amount of work in a short period, or may achieve new cost-reducing methods in the process of production [2]. The role of management, environmental health regulations, and occupational health and safety are among the factors influencing labor productivity [3]. Women cannot act in most mining projects due to poor working conditions and hazardous environment, so the minerals is extracted mainly by men [4].

An increase in capital-labour ratio (K/L) increases the labor productivity [5]. A study of the demand functions for different inputs in the US mines [6] has concluded that the employment of skilled workers in mining operation may be difficult to replace with capital.

Technology also affects labor productivity. The production techniques advance over time and the overall effect of technological advancement on labor productivity is positive [7].

In economic dimensions, wage and salary paid to employees contribute to the labor productivity [8]. The motivation, effort, and diligence of the workforce increase with the timely payment of salaries and benefits, especially if it raises the real purchasing power of worker. In coal mining of China, the average wage had positive effect on labor productivity [9]. In the open-pit mines of Peru during 1992-2004, the increasing wages resulted in higher labor productivity [10].

If energy efficiency is increased and energy is supplied without lags, then mining machinery will be less idled, and mining can be continued. As a result, the value added of the mines will increase and influence labor productivity directly.

This research tries to answer the following questions:

1. How is the trend of labor productivity in Iranian mining sector?
1. What is the effect of the skilled labour on the labour productivity in the mining sector?
2. How does ownership affect labour productivity in the mining sector?
3. What is the effect of per capita capital on labour productivity in the mining sector?

In order to reply the mentioned questions, this study uses a times-series regression and con-integration analysis. The findings confirm the positive effects of skilled workers, private mines, capital intensity and wage level on average labor product.

METHODS

This research is of descriptive-analytical nature. First, it presents some stylized facts of Iranian mines focusing on the number of mines, production, investment, employment and wages. Then, it applies an econometric analysis to explain labor productivity determinants in Iran. Statistical data of operating mines are extracted from Statistical Center of Iran [11], and capital stock data are obtained from the Central Bank of Iran [12]. This research covers the period 1983-2017. A brief description of data is as follows:

The total number of operating mines has reached from 237 mining units in 1983 to 5353 mines in 2017. The number of mines under private sector operation has increased from 71 mines to 5,158 mines. As shown in Figure 1, per capita production has experienced an almost increasing trend from about 346 tons per worker in 1983 to approximately 3700 tons per worker in 2017. During this period, per capita production growth rate was about 7.2 percent per annum.

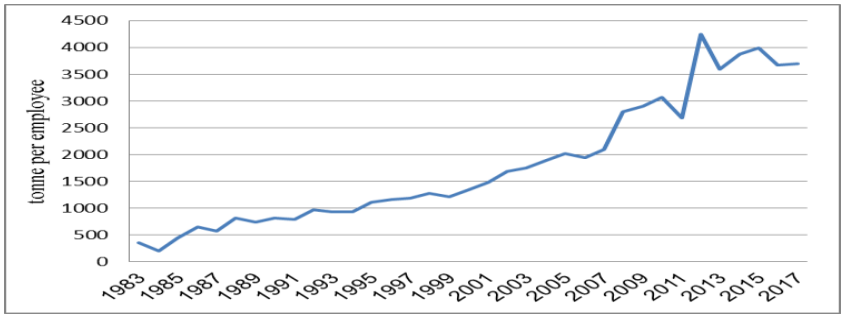


Figure 1. Per capita production of mines in Iran (Source of data[11])

In addition, capital-labor ratio has increased from more than 3 billion rials per worker in 1983 to about 1.65 billion rials per worker in 2017. Furthermore, the wages and salaries paid to the employees have been increasing. The compensation for employee services has increased by 23.7 percent per annum, on average, which is higher than average inflation rate (18.7 percent). This trend indicates an increase in purchasing power of mining workers.

Based on the literature review [5,8,10,13], Equation 1 introduces the main variables affecting labor productivity:

$$AP_L = f\,(Skil, Own, KL, W) \quad (1)$$

Where, AP_L denotes the average productivity of the labor force, as dependent variable. *Skil* defines the ratio of the skilled to total workers in mines. *Own* indicates the ownership type of mines (ratio of private to total mines). *KL* is a proxy for per capita capital (capital intensity), and *W* measures wage and salary paid to mine employees.

AP_L is calculated by dividing production volume into the number of the mines' employees. In addition, per capita capital is obtained by dividing the capital stock into the number of employees. Eviews software is used to estimate the model. This software is of many features and capabilities for statistical forecasting, specifying and estimating various econometric models, data mining, programming and economic scenario building [14].

FINDINGS AND DISCUSSION

Since three explanatory variables, i.e., *Skil*, *Own* and *KL*, are included within Equation 1 in ratio forms, to create consistency in the variables, the logarithms of AP_L and *W* variables are incorporated in Equation 1. This strategy can reduce variance of variables and help to interpret of the results in terms of elasticity.

Since the Equation 1 is estimated as a time series regression, it will be stationary if its mean and variance (and in the extreme case, all higher-order momentums) are constant over time. If the momentums change over time, the time series will be non-stationary, or will have a "unit root". In this case, the results cannot be generalized to other periods. Most time series are exposed to risk of being non-stationary and should be tested against unit root [15]. The null hypothesis presumes the existence of unit root in variable under study. Rejection of the null hypothesis indicates a stationary time series. If the time series is stationary at its level, it is said that it is integrated of order zero, or I(0), but if it gets stationary in its first difference, it is said "integrated of degree one", or I (1).

Table 1 reports the results of the unit root test. All variables are stationary in their first-order difference, so, they are I (1). In this case, estimation of Equation 1 leads to a greater R^2 (determination coefficient) spuriously, and the regression coefficients become significant erroneously. To get rid of the spurious regression, the theory of co-integration argues that if two or more time series are I (1), their linear combination may be stationary, or I (0). In other words, all variables will follow each other in the long-run [15].

Table 1. Results of the Augmented Dickey-Fuller (ADF) Unit Root Test

Var.	Level of variable		First difference		Stationary order
	ADF-stat.	Prob.	ADF-Stat.	Prob.	
Log(APL)	-3.357	0.072	-10.396	0.00	I(1)
Skil	-2.754	0.222	-6.231	0.00	I(1)
Own	-0.143	0.991	-5.919	0.00	I(1)
KL	-2.859	0.188	-14.439	0.00	I(1)
Log(W)	-1.966	0.598	-5.421	0.00	I(1)

Note: var, stat and prob. denote variable, statistic and probabality, respectively.

In this paper, the Johansen-Juselius co-integration test is used to warrant the existence of unique long-term relationship between the variables. This test is based on two statistics of trace and maximum eigenvalue. The null hypothesis of the test indicates the lack of a long-term relationship between the variables. This test examines the existence of several co-integrating vectors. If the trace statistic or maximum eigenvalue statistic for each number of co-integrating vectors (zero, at least one, at least 2 and so forth) is greater than the critical value of the test at 5% level of significance, the null hypothesis will be rejected. Both statistics confirm the existence of one co-integrating vector between the variables under study. The normalized co-

integrating vector is as follows:

$$Log(AP_L) = 0.018Skil + 0.045Own + 0.463KL + 0.216Log(W) \quad (2)$$
$$(0.0031)\quad (0.0018)\quad (0.113)\quad (0.072)$$

In Equation 2, the numbers in parentheses denote the standard errors. All coefficients are statistically significant at 5%, and there is a long-term relationship between the variables. They also have the expected signs theoretically. Therefore, if other things are being equal, the labor productivity will increase by approximately 0.02 percent for one-unit increase in the ratio of the skilled to the total workers. If the share of private ownership of mines (*Own*) increases by one percent, the average productivity of the labor will increase by about 0.05 percent, *ceteris paribus*. Also, for one-unit increase in capital-labor ratio, the labor productivity will increase by roughly 0.5 percent. On the other hand, if the wage levels increase by one percent, labor productivity will increase by about 0.22 percent.

CONCLUSIONS

As econometric analysis indicates, private ownership of mines has a positive effect on labor productivity. This finding is consistent with the results of study [9] on the coal mining industry in China. The workers are usually more motivated and willing to work in private mines due to the belongingness to the extracted minerals.

The capital-labour ratio positively affects labor productivity. As a result, capital deepening increases the labor productivity because of using new technology. This finding is compatible with the labor productivity growth in the US copper industry, in which the highest growth occurred during the increasing phases of per capita capital over the period 1980-1999 [3]. Also, in the Chilean copper industries during the period 1986-2013 [13], labor productivity directly affected by per capita capital.

The increasing wages result in higher labor productivity in Iran's mines. This finding is consistent with the results of studies [8-10], but it is contrary to the findings of the study [13].

In order to increase the labor productivity in Iranian mines, it is recommended that:

a. the payment system in the mines be designed in such a way that all payments to the factors of production (especially labor) are related to their value-added;

b. labor-saving technologies (advanced mineral equipment) be used in mining, especially in deep and high-risk mines;

c. government should privatize non-strategic mines of the country and increase the share of the labor in the profits and sales of minerals;

d. the composition of the labor force (office workers, unskilled and skilled workers) be optimized in order to reduce costs;

e. the substitution / complementary relations of labor, energy and capital inputs should be paid attention in mineral extraction and processing; and

f. mining firms should invest in mineral processing in order to encourage extraction.

REFERENCES

[1] Islam, S., and Syed Shazali, S. T. (2011). *"Determinants of manufacturing productivity: pilot study on labor-intensive industries*". International Journal of Productivity and Performance Management, 60(6): 567-582.

[2] Wellmer, F. W., Dalheimer, M., and Wagner, M. (2007). *"Economic Evaluations in Exploration"*. Second Edition, Springer Science & Business Media, Heidelberg.

[3] Tilton, J. E., and Landsberg, H. H. (1999). *"Innovation, productivity growth, and the survival of the US copper industry"*. Productivity in Natural Resource Industries, 109-139.

[4] Kotsadam, A., and Tolonen, A. (2015). *"African mining, gender, and local employment"*. The World Bank, Policy Research Working Paper, 7251:pp. 45.

[5] Amini, A. R. (2005). *"Measurement and Analysis of Factors Affecting Total Factor Productivity (TFP) in Industry and Mining Sector"*. Peyke Noor Journal, 2(4): 27-73.

[6] Suh, D. H. (2018). *"Exploring the US mining industry's demand system for production factors: Implications for economic sustainability"*. Resources Policy, https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2018.06005.

[7] Agheli, L. (2006). "*Estimation of Production Function of Iran's Mines"*. The Quarterly Journal of Economic Research, 6(1): 33-49**.**

[8] Wyganowska, M. (2018). *"Analysis of the motivational nature of remuneration in the light of production and efficiency in hard coal mining in Poland"*. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 198(1): pp. 012017.

[9] Sun, S., and Anwar, S. (2015). *"R&D status and the performance of domestic firms in China's coal mining industry"*. Energy Policy, 79: 99-103.

[10] Jara, J. J., Pérez, P., and 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.

[11] Statistical Center of Iran (SCI). *"The results of the statistical survey of mines in operation in the country"*. Various issues.

[12] Central Bank of Iran. (2017). *"Capital stock in the Iranian economy (1954-2015)"*. Department of Economic Accounts.

[13] De Solminihac, H., Gonzales, L. E., and Cerda, R. (2018). "*Copper mining productivity: Lessons from Chile"*. Journal of Policy Modeling, 40: 182-193.

[14] EViews 11: Innovative Solutions for Econometric Analysis, Forecasting and Simulation. Available at: https://www.eviews.com/general/about_us.html.

[15] Gujarati, D. N., and Porter, D. C. (2016). *"Basic Econometrics"*. McGraw-Hill, UK Edition, pp. 960.