# اندازه‌گیری و تحلیل شاخص مالم‌کوئیست برای صنایع فلزات اساسی ایران

محمد صادق علی پور[1]
کامبیزهژبرکیانی[2]
زهرا شیدایی[3]

دریافت: ۱۳۹۱/۴/۱۳ پذیرش: ۱۳۹۱/۶/۱۸

## چکیده

با توجه به شرایط روز افزون فرایند جهانی شدن اقتصاد و ضرورت ارتقا رقابت در صنایع کارخانه ای ایران، تحلیل پیرامون نقش کارایی و بهره‌وری و تاثیرگذاری نسبی عناصر هر یک از آن ها ضروری است. با توجه به اهمیت موضوع لازم است تا در این زمینه مطالعه جامعی صورت گیرد تا موضوع با دقت بیشتر و تحلیل دقیق‌تری مورد توجه قرار گیرد.

در این تحقیق با استفاده از روش تحلیل پوششی داده ها(DEA) و شاخص مالم‌کوئیست به تخمین و ارزیابی تغییرات بهره‌وری کل و عناصر تعیین کننده آن در صنایع فلزات اساسی کارخانه‌ای ایران پرداخته‌ایم و با استفاده از داده‌های تلفیقی آمار کارگاه‌های صنعتی ده نفر کارکن و بیشتر مرکز آمار ایران، پیشرفت فنی، تغییرات کارایی فنی، تغییرات کارایی فنی خالص، تغییرات کارایی مقیاس و تغییرات بهره‌وری کلرا برای صنایع مختلف در این صنعت محاسبه شده است. نتایج تحقیق برای دوره ۱۳۷۴-۱۳۸۶ نشان می‌دهد که به طور متوسط سالانه رشد بهره‌وری ۲/۲ درصد بوده است. متوسط تغییرات عناصر بهره‌وری کل یعنی کارایی فنی و تکنولوژی به ترتیب ۱۴ و ۸۶ درصد برآورد شده است. شایان ذکر است که عناصر تعیین کننده کارایی فنی یعنی کارایی مقیاس و کارایی خالص(مدیریتی) به ترتیب رشدی در حدود ۲۱ و ۷- درصد داشته‌اند. بنابر این تاثیرگذار ترین عامل در تغییرات بهره‌وری کل در صنایع فلزات اساسی ایران، تغییرات تکنولوژیکی بوده است که آن هم از رشد متوسط سالیانه مثبت برخوردار بوده است.

**واژگان کلیدی**: بهره وری، شاخص مالم کوئیست، کارایی فنی، تحلیل پوششی داده ها
**طبقه بندی JEL** : L61 , D24 , O47 , O33 , O14

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

۱. استادیار پژوهشکده آمار (نویسنده مسئول)، Email: msalipour@hotmail.com
۲. استاد دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات
۳. کارشناس ارشد اقتصاد

## ۱. مقدمه

جهان در قرن بیست و یکم، دنیایی آکنده از رقابت، توسعه بازارها، ظهور و رواج تکنولوژی های برتر و گسترش تجارت است که شرط توفیق در این عرصه، بهره‌گیری از فرصت ها و رویارویی با چالش های پیش رو است. کشورهای نوخاسته صنعتی در مسیر رشد و توسعه، چهار مرحله را تجربه نموده اند:

مرحله خودکفایی صنعتی یا جایگزینی واردات از طریق سرمایه گذاری مبتنی بر تکنولوژی نسبتا ساده در تولید کالاهای مصرفی.

مرحله توسعه صادرات محصولات کاربر که تقاضا برای آنها در بازاهای جهانی وجود داشته و بخش عمده ای از این تولیدات، مشابه تولیدات مرحله نخستین ولی با کیفیت بالاتر بوده است.

مرحله ایجاد صنایع سنگین، صنایع شیمیایی و پتروشیمی و حرکت تدریجی از صنایع واسطه ای سرمایه بر به صنایع با تکنولوژی بالاتر.

مرحله آزادسازی و حرکت به سمت تولیدات مبتنی بر روش های پیشرفته و ورود به عرصه رقابت گسترده صادراتی در بازاهای بین المللی.

شایان توجه است که راز موفقیت این کشورها در هر یک از مراحل چهارگانه مذکور توجه به بهبود کارایی و بهره‌وری بوده است. بنابراین، تلاش در جهت شناخت دقیق مفاهیم بهره‌وری و تعیین عوامل موثر در افزایش آن یکی از شرایط ضروری برای تحقق رشد،توسعه و رفاه اقتصادی جامعه می باشد.

امروزه مردم کشورها سطح زندگی خود را دیگر با زندگی گذشتگان و حتی با گذشته خود مقایسه نمی‌کنند، گرچه افزایش توقعات هر نسل نسبت به گذشته امری طبیعی است. در عصر حاضر، به دلیل توسعه وسائل ارتباط جمعی و رسانه‌های گروهی، آهنگ گسترش توقعات افراد به شدت تسریع شده است. مدت زمان زیادی لازم نیست تا مردم جهان از وجود یک کالا یا خدمت جدید آگاه شده و نیاز به آنرا حس نموده و برای دستیابی به آن تلاش نمایند. در نتیجه، مجموعه نیازهای فردی و جمعی به طور سرسام آوری رو به افزایش است. از طرف دیگر منابع لازم برای تولید کالاها و خدمات به منظور تامین نیاز و

خواسته افراد، محدود می‌باشد. لذا همواره شکافی بین عرضه و تقاضا وجود داشته که برای کم کردن این شکاف سه راه حل وجود خواهد داشت:

۱. توسعه فیزیکی منابع و نهاده‌ها (به ویژه سرمایه)

۲. کاهش مصرف

۳. افزایش بهره وری

راه اول از دو طریق امکان پذیر است، یکی از طریق اخذ وام های بین المللی که می تواند منجر به آثار منفی ایجاد وابستگی گردد و یا جلب و هدایت سرمایه‌های داخلی که نسبتا با محدودیت روبرو است. در گزینه دوم، کاهش مصرف نیز از دو طریق کنترل رشد جمعیت و یا کاهش مصرف سرانه امکان پذیر است که کنترل جمعیت تا حد معینی عملی و مطلوب است و کاهش مصرف هم باعث کاهش رشد و رفاه اقتصادی خواهد شد. بنابراین کارشناسان اقتصادی ثابت کرده اند که راه حل های اول و دوم، راه حل های کم تاثیر و دشواری هستند و برعکس راه حل سوم یعنی افزایش بهره روی، راه حلی سریع و قاطع است.

از دیدگاه اقتصادی، شاخص بهره‌وری مطلوبترین معیار سنجش عملکرد و به عنوان محکی در تمامی ارزیابی‌ها مدنظر قرار می گیرد. اقتصاددانان کوشش نموده اند که دلایل واقعی رشد و توسعه واقعی کشورها را کشف کنند. کشورهایی که برای توسعه اقتصادی به افزایش بهره‌وری بیش از افزایش منابع طبیعی و فیزیکی خود توجه کرده‌اند، رشد سریع‌تری داشته اند. به طور کلی کشورهای در حال توسعه که برای تحقق اهداف رشد و توسعه اقتصادی خود بر افزایش منابع و سرمایه‌های فیزیکی چشم دوخته اند، آینده چندان روشنی نخواهند داشت.

اگر چه در مورد کارایی و بهره‌وری در بعضی از فعالیت ها نظیر صنعت برق یا سیستم بانکی در ایران مطالعاتی صورت گرفته اما در مورد صنایع کارخانه‌ای و مقایسه عملکرد صنایع و اندازه گیری شاخص مالم کوئیست مطالعه علمی و جامع انجام نشده است. اما در سطح جهان تحقیقات گسترده‌ای در کشورهای اسپانیا (سال ۲۰۰۳Marcos and Galves)، سنگاپور (سال ۲۰۰۰Mahadevan)، فیلیپین (سال ۲۰۰۰Mini and Rodriguez)، کنیا(Lundvall and Battese)، آمریکا (سال ۲۰۰۳ Kaynak and Pagan)، کره (سال

Kim ۲۰۰۳)، استرالیا (سال ۲۰۰۴ Wadud) و اندونزی (سال ۲۰۰۴ Heru Margon) صورت گرفته است. بنابراین این مطالعه می تواند خلا موجود را پر نماید.

## ۲. ادبیات نظری ومفاهیم اندازه‌گیری کارایی

هدف این بخش این است که تعدادی از روش های معمول استفاده شده برای اندازه‌گیری کارایی را تشریح کرده و این که چگونه این محاسبات با تکنولوژی کارآمد که عموماً به وسیله فرم هایی از توابع حدی نشان داده می‌شود، ارتباط دارد را مورد بحث قرار دهیم.

توابع حدی[1] در ۴۰ سال گذشته با روش های مختلفی تخمین زده شده است، اما دو روش اساسی عبارتند از:

۱. تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)[2]

۲. توابع حدی تصادفی[3]

که به ترتیب از روش‌های برنامه ریزی خطی و اقتصادسنجی برای محاسبه استفاده می کنند. نرم افزارdeapWin برای روش اول و نرم افزار Frontier برای روش دوم طراحی شده است که Frontier با استفاده از تخمین های اقتصاد سنجی و deapWin با مدل‌های برنامه ریزی خطی محاسبات کارایی را انجام می دهد. ما در این مقاله از روش تحلیل پوششی داده‌ها برای تحلیل کارائی و بهره‌وری استفاده خواهیم کرد.

اندازه‌گیری کارایی به شکل مدرن در سال ۱۹۵۷ توسط فارل[4] و کوپمنز[5] آغاز شد، فارل اعتقاد داشت کارایی یک بنگاه شامل دو جزء است: ۱- کارایی فنی که توانایی یک بنگاه را برای بدست آوردن حداکثر تولید از یک مجموعه داده شده از نهاده‌ها را نشان می دهد، ۲- کارایی تخصیصی که توانایی یک بنگاه را در استفاده متناسب از نهاده‌ها در مجموعه قیمت های عوامل داده شده نشان می دهد. سپس این دو اندازه‌ها با هم ترکیب شده و اندازه کارایی اقتصادی کل را نتیجه می‌دهد.

1. Frontier function
2. Data envelopment analysis
3. Stochastic frontiers
4. Farrell
5. Koopmans

### ۲-۱. تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)

DEA یک روش برنامه ریزی خطی ناپارامتریک برای تخمین تابع حد مرزی است. روش منحنی محدب خطی-قطعه‌ای که توسط فارل پیشنهاد شد(۱۹۵۷) در دو دهه بعد از ارائه مقاله فارل تنها توسط تعداد کمی از محققان مورد استفاده قرار گرفت، محققانی نظیر بولز[1] ۶ (۱۹۶۶) و افریات[2] ۷ روش برنامه ریزی خطی را پیشنهاد دادند. اما این روش توجه زیادی را به خود جلب نکرد تا زمانی که مقاله چارنس، کوپر و رودز[3] ۸ (۱۹۷۸) واژه تحلیل پوششی داده‌ها را به آن نسبت داد، از آن پس مقالات زیادی وجود دارد که متدلوژی DEA را به کار برده و بسط داده‌اند.

هدف DEA ساختن یک تابع حد مرزی پوششی ناپارامتریک بر نقاط داده شده است، به طوری که تمام نقاط مشاهده شده زیر یا روی تابع حد مرزی تولید قرار گیرد. بهترین راه برای تولید DEA این است که برای هر صنعت نسبتی از همه محصولات به‌همه نهاده‌ها مانند $u'y_i / v'x_i$ بدست آوریم که u یک بردار $M\times 1$ از وزن محصولات و v یک بردار $K\times 1$ از وزن نهاده‌هاست. برای انتخاب وزن های بهینه از برنامه ریزی خطی استفاده کرده و مسئله را به شکل زیر ایجاد می کنیم:

$$\max_{u,v}(u'y_i / v'x_i)$$
$$s.t. \quad u'y_j / v'x_j \le ۱ \qquad j = ۱,۲,...N$$
$$u, v \ge ۰$$

این مسئله برنامه ریزی خطی مربوط به پیدا کردن ارزش های u و v است، آن چنان که کارایی iامین بنگاه با توجه به محدودیتی که‌همه کارایی ها باید کمتر یا مساوی یک باشند، حداکثر شود. یک مسئله با این مشخصات می تواند تعدادی جواب نامعین داشته باشد، برای اجتناب از این حالت می توانیم محدودیت $v'x_i = ۱$ را به مدل اضافه کنیم:

1. Boles
2. Afriat
3. Charnes, Cooper and Rhodes

$$\max_{\mu,\nu} (\mu' y_i)$$
$$s.t. \qquad \nu' x_i = ۱$$
$$\mu' y_j - \nu' x_j \le ۰ \qquad j = ۱,۲,\dots N$$
$$\mu, \nu \ge ۰$$

با استفاده از مسئله دوگانگی در برنامه ریزی خطی می توانیم یک فرم پوششی یکسان با این مسئله را ایجاد کنیم:

$$\min_{\theta,\lambda} \theta$$
$$s.t. \quad -y_j + Y\lambda \ge ۰$$
$$\theta x_i + X\lambda \ge ۰$$
$$\lambda \ge ۰$$

در این مسئله $\theta$ یک عدد و $\lambda$ یک بردار $N\times 1$ از ضرایب ثابت است.

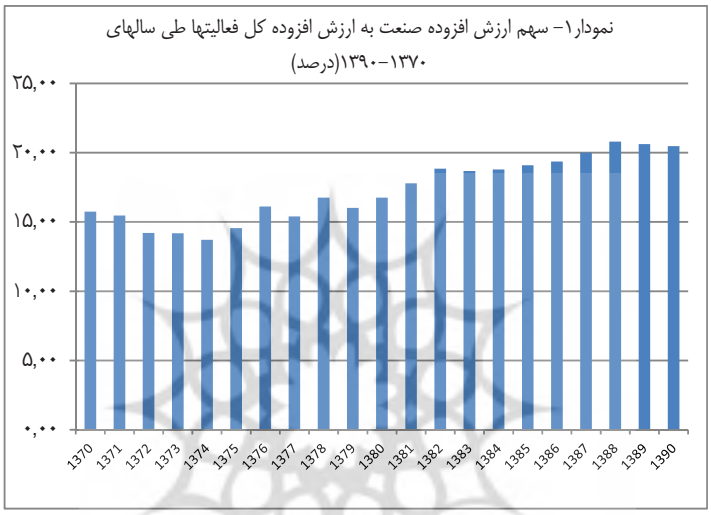
این فرم پوششی محدودیت کمتری نسبت به فرم بالا دارد $(K+M<N+1)$ بنابراین این فرم برای حل کردن ترجیح داده می‌شود. ارزش $\theta_i$ بدست آمده کارایی iامین صنعت خواهد بود، روشن است که $\theta \le ۱$ ،و ارزش یک، نشان دهنده یک نقطه روی تابع حد مرزی خواهد بود و با توجه به تعریف فارل آن صنعت، کارای فنی خواهد بود. مسئله برنامه ریزی خطی فوق N بار حل می‌شود تا بردار $\theta$ یعنی کارایی N صنعت محاسبه شود.

## ۳. بررسی ارزش افزوده صنعت وصنایع فلزات در ایران

بخش صنعت در کشور با توجه به پتانسیل های موجود می تواند به عنوان موتور رشد اقتصادی، باعث ارتقای قابل ملاحظه ای در رشد اقتصادی شود. توانمند ساختن و تقویت این بخش نه تنها رشد اقتصادی، بلکه صادرات صنعتی و اشتغال را نیز به عنوان دو هدف از اهداف برنامه‌های توسعه کشور محقق می سازد.

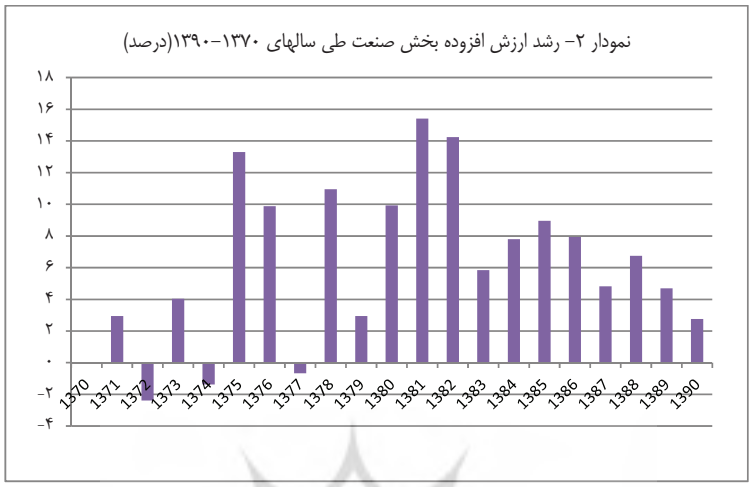
جدول۱ (پیوست) سهم و رشد ارزش افزوده بخش صنعت به کل جمع ارزش افزوده طی سال های ۱۳۷۰- ۱۳۹۰ و همچنین صنایع فلزات اساسی را نشان می‌دهد، طی این سال ها اگر چه سهم صنعت از کل ارزش افزوده افزایش یافته است اما لزوم رشد سالانه دو رقمی

بخش صنعت برای توسعه صنعتی طی سال های آینده کاملا قابل احساس است. کم بودن سهم صنعت از GDP و رشد یک رقمی آن نشان عملکرد کمتر از توان بالقوه این بخش است، به عبارت دیگر بخش صنعت از لحاظ میزان و کیفیت تولید و همچنین میزان صادرات بسیار پایین تر از جایگاه اصلی خود در اقتصاد عمل می کند.




نمودار ۱ سهم ارزش افزوده صنعت به ارزش افزوده کل فعالیتها را طی سالهای ۱۳۷۰-۱۳۹۰ نشان می دهد. این سهم طی مقاطعی در سالهای ۱۳۷۲ تا ۱۳۷۴ با کاهش مواجه بوده ولی بتدریج بطور متوسط سهم ارزش افزوده صنعت افزایش یافته است.

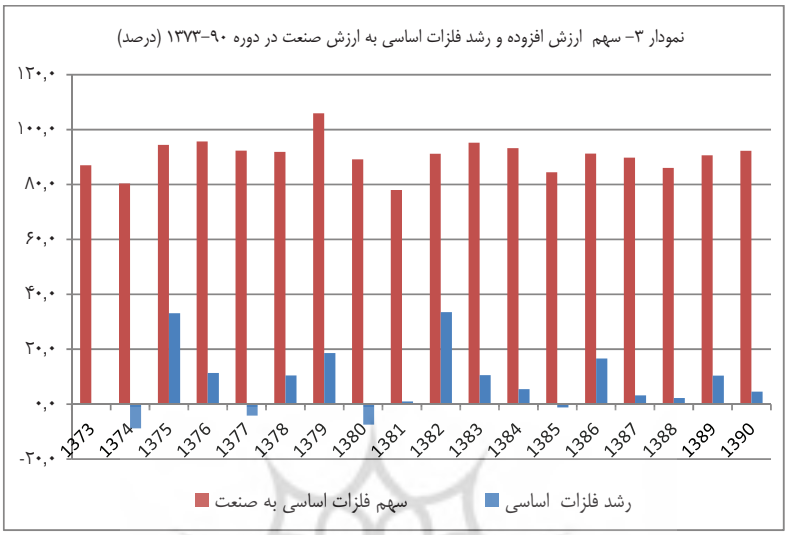
نمودار ۲ نیز به روشنی نشان می دهد که در سالهای ۱۳۷۲، ۱۳۷۴ و ۱۳۷۷اقتصاد ایران یک رشد منفی در ارزش افزوده در صنعت را شاهد بوده است.




نمودار ۲ همچنین نشان می دهد که رشد ارزش افزوده صنعت در سالهای ۱۳۷۵ ، ۱۳۸۱ و ۱۳۸۲ با آنکه یک رشد ۲ رقمی را تجربه کرده است ولی از سال ۱۳۸۳ به بعد این رشد تک رقمی شده است.

نمودار ۳ سهم و رشد ارزش افزوده صنایع فلزات اساسی را به کل ارزش افزوده صنعت طی سالهای ۱۳۷۳-۱۳۹۰ نشان می دهد. سهم فلزات اساسی به صنعت در سال۱۳۷۹ بالاترین سهم را داشته ودر سال ۱۳۸۱نیز با کاهش مواجه بوده ولی بتدریج بطور متوسط سهم این بخش از صنعت افزایش یافته است. این نمودار همچنین به وضوح نشان می دهد که در سالهای ۱۳۷۴، ۱۳۷۷ و۱۳۸۰ اقتصاد ایران یک رشدمنفی در صنایع اساسی فلزات را شاهد بوده است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی




## ۴. روش تحقیق وداده ها

در این تحقیق با استفاده از روش تحلیل پوششی داده ها(DEA) به تخمین و ارزیابی بهره-وری و کارایی در صنایع فلزات اساسی کارخانه‌ای ایران پرداخته‌ایم. در این تحقیق با استفاده از داده‌های تلفیقی آمار کارگاه‌های صنعتی ده نفر کارکن و بیشتر مرکز آمار ایران برای دوره زمانی ۱۳۷۴-۱۳۸۶ و با استفاده از شاخص مالم‌کوئیست، پیشرفت فنی، تغییرات کارایی فنی، تغییرات کارایی فنی خالص، تغییرات کارایی مقیاس و تغییرات بهره‌وری کل را برای صنایع فلزات اساسی برای دوره زمانی ۱۳۷۴-۱۳۸۶ محاسبه کرده‌ایم. که برای هر صنعت یک ستاده و چهار نهاده در نظر گرفته ایم ستاده (yt)، معادل کل ارزش تولیدات هر صنعت و نهاده ها (xt)، موجودی سرمایه، هزینه نیروی کار ، هزینه مواد اولیه و هزینه انرژی می باشد .گفتنی است در هر یک از صنایع کمتر از یک بودن شاخص مالم کوئیست و یا هر یک از تعیین کننده‌های آن دال بر پسرفت و بدتر شدن کارایی است در حالی که ارزش بزرگتر از یک بر بهبودکارایی دلالت دارد. البته این نکته را باید در ذهن داشته باشیم که اندازه‌گیری کارایی به این روش نسبی و در مقایسه با بهترین عملکرد صورت می گیرد.

که بهترین عملکرد نشان دهنده تابع حد مرزی صنایع بوده و صنایع به عنوان کل صنایع فلزات اساسی کارخانه‌ای ایران بر اساس طبقه بندی ISIC تعریف می‌شود.

### ۴-۱. تغییرات بهره‌وری کل

وقتی که داده های تلفیقی داشته باشیم، می توانیم با استفاده از برنامه ریزی خطی DEA و یک شاخص بهره وری کلی عوامل(TFP) مالم کوئیست، تغییرات بهره‌وری را اندازه گیری کنیم و این تغییرات بهره‌وری را به پیشرفت فنی و تغییرات کارایی فنی تفکیک کنیم.

درسال ۱۹۹۴ فار و دیگران۹ شاخص تغییرات بهره‌وری مالم‌کوئیست را به شکل زیر معرفی کرد:

$$m_{۰}(y_{t+۱}, x_{t+۱}, y_t, x_t) = \left[ \frac{d_{۰}^{t}(x_{t+۱}, y_{t+۱})}{d_{۰}^{t}(x_t, y_t)} \times \frac{d_{۰}^{t+۱}(x_{t+۱}, y_{t+۱})}{d_{۰}^{t+۱}(x_t, y_t)} \right]^{۱/۲} \qquad (۱)$$

این نشان می دهد که بهره وری نقطه تولید $(x_{t+۱}, y_{t+۱})$ به نقطه تولید $(x_t, y_t)$ بستگی دارد که‌هر چه مقدار $m_0$ بزرگتر باشد بر رشد مثبت TFP از دوره t به دوره t+1 اشاره دارد. در حقیقت این شاخص میانگین هندسی دو شاخص TFP مالم کوئیست است. برای محاسبه معادله ۱ ما باید ۴ تابع مسافت تشکیل دهنده که شامل ۴ برنامه‌ریزی خطی که به صورت زیر می‌باشد را محاسبه کنیم.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

$$\left[d_{\cdot}^{t}(x_t, y_t)\right]^{-1} = \max_{\varphi,\lambda} \varphi \,, \quad (1)$$
$$s.t. \quad -\varphi y_{it} + Y_t\lambda \geq 0$$
$$x_{it} - X_t\lambda \geq 0$$
$$\lambda \geq 0$$

$$\left[d_{\cdot}^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})\right]^{-1} = \max_{\varphi,\lambda} \varphi \,, \quad (2)$$
$$s.t. \quad -\varphi y_{i,t+1} + Y_{t+1}\lambda \geq 0$$
$$x_{i,t+1} - X_{t+1}\lambda \geq 0$$
$$\lambda \geq 0$$

$$\left[d_{\cdot}^{t}(x_{t+1}, y_{t+1})\right]^{-1} = \max_{\varphi,\lambda} \varphi \,, \quad (3)$$
$$s.t. \quad -\varphi y_{i,t+1} + Y_t\lambda \geq 0$$
$$x_{i,t+1} - X_t\lambda \geq 0$$
$$\lambda \geq 0$$

$$\left[d_{\cdot}^{t+1}(x_t, y_t)\right]^{-1} = \max_{\varphi,\lambda} \varphi \,, \quad (4)$$
$$s.t. \quad -\varphi y_{it} + Y_{t+1}\lambda \geq 0$$
$$x_{it} - X_{t+1}\lambda \geq 0$$
$$\lambda \geq 0$$

### ۴-۲. کارایی مقیاس

روش بالا را می توانیم با تجزیه تغییرات کارایی فنی به کارایی مقیاس و کارایی فنی خالص توسعه دهیم، این امر می‌طلبد که باز دو مسئله بیشتر به ازای هر بنگاه حل شود یعنی تکرار برنامه‌های خطی ۱ و ۲ با محدودیت های تحدب ($Nl'\lambda = 1$) که به‌هر کدام اضافه می کنیم، این امر باعث می‌شود که توابع مسافتی مرتبط با تکنولوژی VRS به جای CRS را محاسبه کنیم بنابراین تعداد مدل‌های برنامه‌ریزی خطی برای N صنعت و T دوره زمانی از N×(۳T-۲) به N×(۴T-۲) افزایش خواهد یافت. (بازدهی ثابت نسبت به مقیاس CRS و بازدهی نسبت به مقیاس متغیر VRS معرفی شده است.)

### ۴-۳. گردآوری داده‌ها

آمار سالانه برای سال های ۱۳۷۴-۱۳۸۶ از آمار کارگاه‌های صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بالاتر بر طبق کدهای ISIC 3.1 و۴ رقمی که توسط مرکز آمار ایران منتشر می‌شود، استفاده شده است.

- ستانده: ارزش کل محصولات تولیدی در هر صنعت برای صنایع مختلف که به تفکیک در آمار کارگاه‌های صنعتی مرکز آمار ایران آمده است.

- موجودی سرمایهk: سرمایه، کل پرداختی‌های استهلاک و نرخ بهره بنگاه‌های مختلف را شامل می‌شود. در کشورهای در حال توسعه محاسبه موجودی سرمایه و متعاقب آن قیمت سرمایه به علت در دسترس نبودن آمارهای مربوطه همواره به عنوان یک مشکل مطرح بوده است. در ایران نیز به علت عدم وجود حسابداری صنعتی در کارگاه‌های صنعتی و همچنین تفاوت های بسیار زیاد بین ارزش دفتری موجودی ها و ارزش بازاری آن‌ها و نیز به دلیل وضعیت خاص تورمی که در اقتصاد ایران وجود دارد، که غالبا ممکن است عمر مفید این گونه دارایی ها پایان یافته باشد در حالی که ارزش روز آن ها از ارزش اولیه شان بیشتر شده است، محاسبه موجودی سرمایه با مشکلاتی روبرو است. در این گونه موارد محققین بسته به اطلاعات و آمار موجود از روش های متفاوتی این کمیت را برآورد می‌کنند. که در این تحقیق از روش نمایی فرض کردن تابع سرمایه گذاری به شرح زیر استفاده کرده ایم.

در این روش با فرض این که تابع سرمایه گذاری نمایی است، ابتدا معادله زیر را تخمین می زنیم:

$$I_t = I_0 e^{at}$$

که در آن tعامل زمان، e عدد نپرین و a پارامتر ثابت است. با توجه به این که می دانیم $I_t = d_{K_t} / d_t$، می توان با جایگذاری درمعادله بالا و با یک انتگرال گیری ساده به معادله $K_t = (I_0 / a) \times e^{at}$ رسید و به جای عامل سرمایه از عامل سرمایه گذاری استفاده نمود.(Hooly, Richard, 1982, PP.153-166)

- هزینه نیروی کار: هزینه نیروی کار در واقع همان جبران خدمات مزد و حقوق بگیران به صورت مزد و حقوق و سایر پرداختی ها طی سال های ۱۳۷۴- ۱۳۸۶ است که در آمار کارگاه‌های صنعتی مرکز آمار ایران به تفکیک آمده است.
- هزینه مواد اولیه: هزینه مواد اولیه برای صنایع مختلف از آمار کارگاه‌های بزرگ صنعتی مرکز آمار ایران استخراج شده است.
- هزینه انرژی: هزینه در واقع همان انرژی مصرفی هر یک از صنایع است.

## ۵. نتیجه گیری

### ۵-۱. تغییرات بهره وری کل

تغییرات بهره‌وری کل (شاخص مالم‌کوئیست) به دو جزء تغییرات کارایی فنی و پیشرفت فنی (بهبود تکنولوژیکی) تفکیک می گردد که ابتدا تغییرات بهره‌وری را به صورت کلی در صنایع کارخانه‌ای بررسی کرده و سپس به تفکیک تغییرات کارایی فنی و پیشرفت فنی را نیز مورد بررسی قرار می دهیم.

طبق نتایج بدست آمده در جدول شماره۲ برای دوره مذکور به طور متوسط سالانه رشد بهره‌وری کل ۲/۲ درصد بوده است که نشان از رشد فزاینده بهره‌وری در دوره مذکور دارد اما این تغییر در تمام صنایع یکسان نبوده است. صنعت تولید آهن و فولاد از بیشترین رشد بهره‌وری در بین صنایع ۶ گانه فلزات ایران برخوردار بوده است. بهره‌وری در این صنعت به طور متوسط سالانه ۶,۴ درصد رشد کرده است. از طرفی صنایع ریخته گری فلزات غیر آهنی با رشد متوسط سالانه ۲,۲- درصد با بیشترین رشد منفی بهره‌وری، بدترین عملکرد را دربین صنایع مختلف داشته‌اند. در مجموع تنها صنایع تولید آهن و فولاد، مس، فلزات گرانبها، ریخته گری آهن و فولاد از رشد بهره‌وری مثبت برخوردار بوده‌اند اما صنعت ریخته گری فلزات غیرآهنی و آلومنیوم رشد بهره‌وری در آن‌ها منفی بوده است.

### ۵-۲. تغییرات کارایی فنی

کارایی فنی خود به دو جزء کارایی فنی خالص (مدیریتی) و کارایی مقیاس تفکیک میگردد. در ادامه نتایج حاصل از شاخص مالم‌کوئیست برای تغییرات کارایی مقیاس و تغییرات

کارایی خالص (مدیریتی) به تفکیک بحث می‌شود. حاصل جمع این تغییرات، تغییرات کارایی فنی را می دهد.

از این رو بر اساس جدول شماره ۳ با رشد متوسط سالیانه ۰/۳درصد ۱۰۰*(۱,۰۰۳-۱) کارایی مقیاس و ۰/۱- درصد کارایی خالص (مدیریت) برای صنایع کارخانه‌ای فلزات ایران طی دوره ۱۳۷۴-۱۳۸۶، رشد متوسط سالیانه کارایی فنی برابر با ۰/۲ درصد بوده است. در میان صنایع مختلف صنایع تولید آهن و فولاد با ۲/۸ درصد رشد متوسط سالیانه کارایی فنی بهترین عملکرد و صنایع آلومنیوم با ۲/۵- درصد رشد متوسط سالیانه کارایی فنی بدترین عملکرد را داشته است که احتمالا به دلیل فرسودگی ماشین آلات و استهلاک آنهاست و اینکه صنایع ایران عموما در دهه ۱۳۴۰ تاسیس شده اند، نتوانسته اند از تکنولوژی مدرن استفاده نمایند و یا ماشین آلات کهنه و فرسوده را تعویض نمایند.

### ۵-۳. کارایی مقیاس

کارایی مقیاس در صنایع کارخانه ای فلزات اساسی ایران در دوره مورد مطالعه از رشد متوسط سالانه بسیار اندک در حد ۰/۳ درصد برخوردار بوده اند. طبق جدول شماره ۳، کارایی مقیاس برای بعضی از سالها کاهشی و برای بعضی از سالها افزایشی بوده است. برای سالهای ۱۳۷۶، ۱۳۷۷، ۱۳۸۱ و ۱۳۸۴ کارایی مقیاس رشد منفی داشته است در حالیکه برای سایر سال‌ها در دوره ۱۳۷۵-۱۳۷۸-۱۳۷۹-۱۳۸۰-۱۳۸۲-۱۳۸۳-۱۳۸۵- ۱۳۸۶ کارایی مقیاس از رشد مثبت برخوردار بوده است. بدین ترتیب نوسان در تولید و بی ثباتی در استفاده از ظرفیت کاملا مشهود است. در بین صنایع مختلف، صنایع آهن و فولاد با ۲/۸ درصد رشد مثبت در کارایی مقیاس بهترین عملکرد را در بین صنایع مختلف داشته است. و صنایع ریخته گری فلزات غیرآهنی با ۱/۴- درصد رشد منفی در کارایی مقیاس، بدترین عملکرد را در بین صنایع مختلف داشته اند.

گفتنی است در دوره مذکور در بین صنایع ۶ گانه تنها ۲ صنعت ۱- آلومنیوم ۲- صنایع ریخته گری فلزات غیرآهنی با متوسط رشد سالیانه رشد منفی در کارایی مقیاس مواجه شده اند.

این در حالی است که صنعت مس به طور متوسط در دوره مورد مطالعه کارایی مقیاس ثابتی داشته اند. احتمالا دو دلیل عمده میتواند موجب عدم استفاده از اقتصاد مقیاس باشد

یکی انحصاری بودن صنایع در اقتصاد داخلی و دیگری نبودن تقاضای داخلی و عدم امکان صادرات است که موجب می گردد صنایع نتوانند از ظرفیت تولیدی خود استفاده کامل را صورت دهند.

### ۵-۴. کارایی خالص(مدیریتی)

براساس نتایج کسب شده در جدول شماره۳، کارایی خالص (مدیریتی) در طی دوره سالهای ۱۳۷۴-۱۳۸۶ و برای کلیه صنایع کارخانه‌ای فلزات ایران رشد منفی ۰/۱- درصد داشته است. در میان صنایع، صنعت ریخته گری آهن و فولاد با رشد ۱,۸ بالاترین رشد و آلومنیوم با ۲- درصد رشد منفی پایین ترین رشد داشته است و بقیه صنایع از کارایی مدیریتی ثابتی برخوردار بوده است.

### ۵-۵. پیشرفت فنی

پیشرفت فنی عملکردی بسیار مثبتی داشته است که به جزء در دو صنعت در سایر صنایع رشد پیشرفت فنی مثبت بوده است که صنایع آهن و فولاد، مس، آلومنیوم، فلزات گرانبها از رشد مثبت و صنایع ریخته گری آهن و فولاد و ریخته گری فلزات غیر آهنی از رشد منفی برخوردار بوده است.

گفته شد که تغییرات بهره‌وری کل به دو جزء کارایی فنی و پیشرفت فنی تفکیک می‌شود، در مورد صنایع کارخانه‌ای ایران تغییرات کارایی فنی در مقایسه با تغییرات تکنولوژیکی بسیار اندک بوده است. از اینرو تغییرات بهره وری کل بیشتر منتسب به تغییرات تکنولوژیکی است. به طور متوسط بیش از ۸۶ درصد تغییرات بهره‌وری کل از ناحیه تغییرات تکنولوژی و تنها ۱۴ درصد از تغییرات آن از ناحیه تغییرات کارایی فنی بوده است و کارایی فنی (1.002-1)*100=.2) نیز که به دو جزء کارایی مقیاس (۰/۳) و کارایی مدیریتی (۰/۱-) خالص تقسیم میشود، نزدیک به ۵۰- =100*(-.1/.2) ,[.1-=(.999-1)]} {50%- درصد از تغییرات آن از ناحیه تغییرات کارایی فنی خالص و ۱۵۰ درصد از ناحیه تغییرات کارایی مقیاس بوده است.

از این رو سهم عناصر مختلف در تاثیرگذاری بر بهره‌وری کل در صنایع کارخانه‌ای ایران به شرح زیر است:

۱. تغییرات تکنولوژیکی، ۸۶ درصد

۲.تغییرات کارایی فنی، ۱۴ درصد

۲-۱.تغییرات کارایی فنی خالص (مدیریتی)، ۷-درصد

۲-۲. تغییرات کارایی مقیاس، ۲۱ درصد

بنابراین تاثیرگذارترین عامل در تغییرات بهره‌وری کل در صنایع کارخانه‌ای ایران، تغییرات تکنولوژیکی بوده است که آن هم از رشد متوسط سالیانه مثبت برخوردار بوده است.

## ۶. پیشنهادات

- از آنجا که صنعت آلومنیوم دارای اثر کارایی مدیریتی منفی می‌باشد لذا جهت پیشرفت این صنعت بایستی به مدیریت بکار گرفته شده در این صنعت توجه شود.

- در اکثر صنایع تغییری در کارایی مدیریتی بوجود نیامده و یا منفی می‌باشد، لذا جهت افزایش بهره وری بایستی سیستم مدیریتی این صنایع بهبود یابند.

- صنعت تولید آهن و فولاد در حالت مقیاس بهینه به فعالیت نمی‌پردازد، لذا پیشنهاد می‌شود در این صنعت برای بسط حوزه فعالیت آن بمنظور بهبود عملکرد، تعدیل هزینه‌ها و استفاده از تکنولوژی مدرن مورد توجه قرار بگیرد.

- دانشجویان علاقه مند در زمینه بهره وری و کارائی می‌توانند به بررسی عوامل بهره وری درکل صنایع کارخانه‌ای بپردازند.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

## منابع


- امامی میبدی، علی. (۱۳۷۹) اصول اندازه گیری کارایی و بهره وری (علمی و کاربردی). تهران، موسسه پژوهش های بازرگانی
- جهانشاهلو، غلامرضا. (۱۳۷۹) تحلیل پوششی داده ها. تهران، دانشگاه تربیت معلم

- Farrell,M.J(1957).The Measurement of Productive Efficiency.Journal of Royal Statistical Society,120,series A,Part 3.
- Kaynak, H and J.A.Pagan,2003, A Just-in-time Purchasing and Technical efficiency in the US Manufacturing Sector, International Journal of Production Research, 41, PP.1-14.
- Kim, S. and G. Han, 2001, A Decomposition of Total Factor Productivity Growth in Korean Manufacturing Industries: A Stochastic Frontier Approach, Journal of Productivity Analysis, 16, pp.269-281.
- Lundvall, K., and G.E. Battese, 2000, Firm size, age and efficiency: Evidence from Kenyan Manufacturing firms. The Journal of Development Studies, 36(3), pp.146-163.
- Marcos,A. M. and C. S. Galvez, 2000, Technical efficiency of Spanish manufacturing firms: a panel data approach, Applied Economics, 32, pp.1249-1258
- Mahadvan, R., 2002, How technically efficient are Singapore's manufacturing industries?, Applied Economics, 32, pp.2007-2014
- Mini, F and E. Rodriguez, 2000, Technical efficiency indicator in Philippines manufacturing sectors, International Review of Applied Economics, 14(4),pp.461-473.


پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جدول۱. سهم و رشد ارزش افزوده بخش صنعت، فلزات اساسی درایران ۱۳۷۰-۱۳۹۰

| ردیف | شرح فعالیت‌ها | ۱۳۷۰ | ۱۳۷۱ | ۱۳۷۲ | ۱۳۷۳ | ۱۳۷۴ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | صنعت | ۳۸,۲۰ | ۳۹,۳۲ | ۳۸,۳۸ | ۳۹,۹۳ | ۳۹,۳۹ |
| ۲ | جمع ارزش افزوده رشته فعالیت‌ها | ۲۴۲,۵۱ | ۲۵۴,۲۵ | ۲۷۰,۱۵ | ۲۸۱,۶۳ | ۲۸۷,۱۰ |
| ۳ | سهم صنعت به کل | ۱۵,۷۵ | ۱۵,۴۷ | ۱۴,۲۱ | ۱۴,۱۸ | ۱۳,۷۲ |
| ۴ | رشد ارزش افزوده صنعت | | ۲,۹۵ | -۲,۳۹ | ۴,۰۴ | -۱,۳۷ |
| ۵ | سهم فلزات اساسی به صنعت | | | | ۸۷,۰ | ۸۰,۴ |
| ۶ | رشد فلزات اساسی | | | | | -۸,۸۴ |

| ردیف | شرح فعالیت‌ها | ۱۳۷۵ | ۱۳۷۶ | ۱۳۷۷ | ۱۳۷۸ | ۱۳۷۹ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | صنعت | ۴۴,۶۳ | ۴۹,۰۳ | ۴۸,۷۱ | ۵۴,۰۴ | ۵۵,۶۳ |
| ۲ | جمع ارزش افزوده رشته فعالیت‌ها | ۳۰۶,۷۴ | ۳۰۴,۳۳ | ۳۱۶,۲۸ | ۳۲۲,۵۴ | ۳۴۷,۲۱ |
| ۳ | سهم صنعت به کل | ۱۴,۵۵ | ۱۶,۱۱ | ۱۵,۴۰ | ۱۶,۷۶ | ۱۶,۰۲ |
| ۴ | رشد ارزش افزوده صنعت | ۱۳,۳۰ | ۹,۸۸ | -۰,۶۷ | ۱۰,۹۶ | ۲,۹۴ |
| ۵ | سهم فلزات اساسی به صنعت | ۹۴,۵ | ۹۵,۷ | ۹۲,۳ | ۹۱,۹ | ۱۰۵,۹ |
| ۶ | رشد فلزات اساسی | ۳۳,۱۵ | ۱۱,۳۱ | -۴,۱۸ | ۱۰,۴۵ | ۱۸,۶۴ |

| ردیف | شرح فعالیت‌ها | ۱۳۸۰ | ۱۳۸۱ | ۱۳۸۲ | ۱۳۸۳ | ۱۳۸۴ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | صنعت | ۶۱,۱۵ | ۷۰,۵۸ | ۸۰,۶۳ | ۸۵,۳۴ | ۹۲,۰۰ |
| ۲ | جمع ارزش افزوده رشته فعالیت‌ها | ۳۶۴,۹۳ | ۳۹۶,۶۱ | ۴۲۸,۰۶ | ۴۵۶,۸۵ | ۴۸۹,۶۵ |
| ۳ | سهم صنعت به کل | ۱۶,۷۶ | ۱۷,۷۹ | ۱۸,۸۴ | ۱۸,۶۸ | ۱۸,۷۹ |
| ۴ | رشد ارزش افزوده‌صنعت | ۹,۹۲ | ۱۵,۴۱ | ۱۴,۲۵ | ۵,۸۴ | ۷,۸۱ |
| ۵ | سهم فلزات اساسی به صنعت | ۸۹,۲ | ۷۸,۱ | ۹۱,۲ | ۹۵,۳ | ۹۳,۲ |
| ۶ | رشد فلزات اساسی | -۷,۴۵ | ۱,۰۱ | ۳۳,۵۰ | ۱۰,۵۸ | ۵,۴۸ |

| ردیف | شرح فعالیت‌ها | ۱۳۸۵ | ۱۳۸۶ | ۱۳۸۷ | ۱۳۸۸ | ۱۳۸۹ | ۱۳۹۰ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | صنعت | ۱۰۰,۲۴ | ۱۰۸,۲۰ | ۱۱۳,۴۳ | ۱۲۱,۰۸ | ۱۲۶,۷۷ | ۱۳۰,۲۷ |
| ۲ | جمع ارزش‌افزوده رشته فعالیت‌ها | ۵۲۵,۰۹ | ۵۵۸,۹۰ | ۵۶۶,۹۰ | ۵۸۲,۲۱ | ۶۱۵,۰۷ | ۶۳۶,۱۸ |
| ۳ | سهم صنعت به کل | ۱۹,۰۹ | ۱۹,۳۶ | ۲۰,۰۱ | ۲۰,۸۰ | ۲۰,۶۱ | ۲۰,۴۸ |
| ۴ | رشدارزش‌افزوده‌صنعت | ۸,۹۶ | ۷,۹۴ | ۴,۸۳ | ۶,۷۵ | ۴,۷۰ | ۲,۷۶ |
| ۵ | سهم فلزات اساسی به صنعت | ۸۴,۵ | ۹۱,۳ | ۸۹,۹ | ۸۶,۱ | ۹۰,۷ | ۹۲,۳ |
| ۶ | رشد فلزات اساسی | -۱,۲۷ | ۱۶,۶۲ | ۳,۱۹ | ۲,۲۳ | ۱۰,۳۷ | ۴,۵۶ |

منبع: مرکز آمار ایران- دفتر حسابهای اقتصادی طی سالهای مختلف

جدول۲. میانگین شاخص مالم‌کوئیست برای هر صنعت طی دوره زمانی ۱۳۷۴-۱۳۸۶

| صنعت | تغییر کارایی فنی | تغییر فناوری | تغییر کارایی مدیریت | تغییر کارایی مقیاس | تغییر بهره وری مجموع عوامل |
|---|---|---|---|---|---|
| صنایع تولید آهن و فولاد | ۱,۰۲۸ | ۱,۰۳۵ | ۱ | ۱,۰۲۸ | ۱,۰۶۴ |
| صنایع تولید مس | ۱ | ۱,۰۳۸ | ۱ | ۱ | ۱,۰۳۸ |
| صنایع تولید آلومنیوم | ۰,۹۷۵ | ۱,۰۱۸ | ۰,۹۸ | ۰,۹۹۵ | ۰,۹۹۳ |
| صنایع تولید فلزات گرانبها | ۱,۰۰۷ | ۱,۰۴۸ | ۱ | ۱,۰۰۷ | ۱,۰۵۵ |
| صنایع ریخته گری آهن و فولاد | ۱,۰۱۹ | ۰.۹۸۶ | ۱,۰۱۸ | ۱,۰۰۱ | ۱,۰۰۵ |
| صنایع ریخته‌گری فلزات غیرآهنی | ۰,۹۸۶ | ۰,۹۹۲ | ۱ | ۰,۹۸۶ | ۰,۹۷۸ |
| میانگین | ۱,۰۰۲ | ۱,۰۱۹ | ۰,۹۹۹ | ۱,۰۰۳ | ۱,۰۲۲ |

منبع: یافته های پژوهشگر

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جدول۳. میانگین سالانه شاخص مالمکوئست صنایع در دوره زمانی ۱۳۷۴-۱۳۸۶

| صنعت | تغییر کارایی فنی | تغییر فناوری | تغییر کارایی مدیریت | تغییر کارایی مقیاس | تغییر بهره وری مجموع عوامل |
|---|---|---|---|---|---|
| ۱۳۷۵ | ۰,۹۹۴ | ۰,۹۵۸ | ۰,۹۷۳ | ۱,۰۲۱ | ۰,۹۵۲ |
| ۱۳۷۶ | ۱,۰۰۶ | ۰,۹۷۸ | ۱,۰۵ | ۰,۹۵۸ | ۰,۹۸۳ |
| ۱۳۷۷ | ۰,۸۹۶ | ۱,۱۳۴ | ۰,۹۴۱ | ۰,۹۵۲ | ۱,۰۱۶ |
| ۱۳۷۸ | ۱,۰۶۳ | ۰,۹۵۴ | ۱,۰۳۷ | ۱,۰۲۶ | ۱,۰۱۴ |
| ۱۳۷۹ | ۱,۰۷ | ۱,۱۴۶ | ۱,۰۰۸ | ۱,۰۶۱ | ۱,۲۲۶ |
| ۱۳۸۰ | ۰,۹۹۲ | ۰,۹۰۳ | ۰,۹۶۳ | ۱,۰۲۹ | ۰,۸۹۵ |
| ۱۳۸۱ | ۰,۹۰۸ | ۱,۱۲۷ | ۰,۹۵۶ | ۰,۹۵۱ | ۱,۰۲۳ |
| ۱۳۸۲ | ۱,۰۷۹ | ۰,۹۳۷ | ۱,۰۳۲ | ۱,۰۴۵ | ۱,۰۱۱ |
| ۱۳۸۳ | ۱,۰۱۳ | ۰,۹۹۳ | ۰,۹۹۴ | ۱,۰۱۹ | ۱,۰۰۶ |
| ۱۳۸۴ | ۱,۰۳۷ | ۰,۸۱۷ | ۱,۰۸۸ | ۰,۹۵۳ | ۰,۸۴۷ |
| ۱۳۸۵ | ۰,۹۸۷ | ۱,۳۷۴ | ۰,۹۶۴ | ۱,۰۲۳ | ۱,۳۵۵ |
| ۱۳۸۶ | ۰,۹۱۸ | ۱,۳۲۷ | ۰,۹۴۶ | ۰,۹۴۵ | ۱,۰۲۳ |
| میانگین | ۱,۰۰۲ | ۱,۰۱۹ | ۰,۹۹۹ | ۱,۰۰۳ | ۱,۰۱۲ |

منبع: یافته های پژوهشگر

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی