

## محاسبه بهره وری نیروی انسانی در پروژه تونل انتقال آب کرج - تهران

سید کاظم اورعی<sup>۱</sup>، بهرام صالحی<sup>۲</sup>

### چکیده

بهره وری در گذشته به عنوان موضوعی اقتصادی همواره مورد توجه اقتصاد دانان کلاسیک بوده است. امروزه اقتصاد به عنوان بخش جدایی ناپذیر صنعت و توسعه پذیرفته شده است. تعاریف متعددی برای بهره وری بیان شده است. بهره وری عبارت است از نسبت بین مجموعه خروجی های یک فرآیند به ورودی های آن. به عبارت دیگر بهره وری کمی نمودن مراتب کیفی یک فرآیند است.

در این مقاله بهره وری نیروی انسانی در پروژه تونل انتقال آب کرج - تهران محاسبه شده است. بهره وری نیروی انسانی یکی از رایج ترین مقیاس ها برای مقایسه فعالیت های مشابه است. در پروژه تونل ۱۶ کیلومتری انتقال آب کرج - تهران ۲۹۵ نفر در بخش های مختلف مشغول به کار هستند. در این محاسبات، بهره وری به گونه متر بر نفر و متر بر تومان محاسبه شده است. در حال حاضر در پروژه مذکور به طور متوسط ماهیانه ۵۰۰ متر پیشروی انجام می گیرد. در صورتی که این روند تا اتمام پروژه حفظ شود، بهره وری کل نیروی انسانی در این پروژه برای ۳۲ ماه  $0.32 \times 10^{-5}$  متر بر تومان خواهد بود. در انتها نشان داده شد که تغییرات بهره وری نیروی انسانی با تغییرات نرخ پیشروی از یک رابطه درجه یک تبعیت می کند.

**کلمات کلیدی:** بهره وری ، نیروی انسانی ، تونل انتقال آب ، نرخ پیشروی

### ۱- مقدمه

<sup>۱</sup> - عضو هیئت علمی دانشگاه استرلینگ انگلستان: E-mail: [sko1@stir.ac.uk](mailto:sko1@stir.ac.uk)

<sup>۲</sup> - کارشناس ارشد معدن - استخراج، دانشگاه آزاد-تهران جنوب ، عضو باشگاه پژوهشگران جوان E-mail: [salehi\\_emg@yahoo.com](mailto:salehi_emg@yahoo.com)

اهمیت واژه بهره‌وری پس از سال ۱۹۵۴، [۱] برای اقتصاد دانان و سیاست‌مداران روشن شد. این امر به دلیل اشتغال کامل در دوران پس از جنگ دوم جهانی بود. امروزه در بسیاری از نقاط جهان به ویژه در کشورهای صنعتی، بهره‌وری به نوعی دیدگاه و فرهنگ مبدل شده است. محاسبه بهره‌وری در پروژه‌های صنعتی از دهه ۷۰ به بعد مرسوم شده است. اما در پروژه‌های عمرانی قدمت این امر به یک دهه قبل محدود می‌شود. در پروژه‌های حفر تونل محاسبه بهره‌وری زمانی ابزار حفاری (دستگاه‌های حفاری تمام مقطع و دستگاه‌های بازوئی) جایگاه ویژه‌ای یافته‌ای است. به دلیل ارتباط تنگاتنگ هزینه‌های نیروی انسانی با اقتصادی بودن طرح‌های عمرانی، اطلاع از بهره‌وری این بخش از ورودی فرآیند قابل اهمیت می‌باشد.

در این مقاله بهره‌وری نیروی انسانی شاغل در تونل انتقال آب کرج - تهران محاسبه خواهد شد. تونل مذکور با طولی نزدیک به ۱۶۰۰۰ متر بین سد امیر کبیر به تصفیه‌خانه شماره شش تهران با ۲۹۵ نفر پرسنل شاغل، در حال حفاری می‌باشد.

### ۳- بهره‌وری

بهره‌وری یا فرآورش، در واژگان فارسی به معنای سودآوری، مفید بودن و کامیابی است [۲]. به بیان دیگر بهره‌وری عبارت است از درصد استفاده از منابع در دسترس و یا خارج قسمت خروجی بر عوامل تولید کننده. بهره‌وری یک شاخص برای سنجش عملکرد یک واحد کاری و یا یک فعالیت می‌باشد. بهره‌وری معادل واژه انگلیسی productivity می‌باشد.

با اندازه‌گیری بهره‌وری در طی زمان می‌توان روند تغییرات آن را مشخص کرد. افزایش یا کاهش بهره‌وری ارتباط مستقیم با وضعیت سوددهی دارد [۲]. بنابراین تغییرات بهره‌وری حائز اهمیت است. علاوه بر این تعیین میزان بهره‌وری به منظور مقایسه با رقبای توانایی رقابت شرکت را مشخص می‌کند. بهره‌وری به دو گونه کلی و جزئی قابل بیان می‌

باشد . بهره وری کلی نسبت بین کلیه محصولات خروجی از سیستم و کلیه عوامل ورودی به آن سیستم می باشد و اگر به صورت جزئی بیان گردد، نسبت بین اجزاء آن را تشکیل خواهند داد. به عنوان مثال می توان نسبت محصول به هزینه های تولیدی را در نظر گرفت و یا نسبت بین تعداد محصولات تولید در واحد زمانی را به عنوان بهره وری جزئی محاسبه نمود.

استفاده از بهره وری به صورت یک واژه کیفی بسیار آسان می باشد اما محاسبه آن به صورت کمی نیازمند دقت عمل و در نظر گرفتن جزئیات می باشد. در رابطه با بحث های فنی و اقتصادی بایستی هر داده ای را به صورت کمی مطرح نمود تا بتوان از آن در محاسبات و افزایش کارایی سیستم بهره گرفت.

در محاسبه بهره وری بایستی دو نکته اساسی را در نظر گرفت. نکته اول اینکه تنها باید عوامل و منابعی را در محاسبه دخیل نمود که در دسترس می باشند نه کلیه منابع موجود. در غیر اینصورت بهره وری معادل واژه راندمان خواهد بود. نکته دوم اینکه تمامی مقادیر موجود در کسر (همچنین صورت) نسبت باید از یک جنس باشند تا بتوان آنها با یکدیگر جمع نمود. بدیهی است که یک واحد نمودن تمامی عوامل ورودی و یا خروجی به سیستم امری چندان آسان و به دور از خطا نخواهد بود. به عنوان مثال تبدیل فعالیت های خدماتی و یا زمان به واحدهای مالی امری ساده نمی باشد.

بهره وری کل پروژه مفهومی جامع می باشد که محاسبه آن نیازمند در نظر گرفتن تک تک عوامل ورودی به فرایند می باشد. بدیهی است که محاسبه بهره وری کل به مراتب از محاسبه بهره وری جزئی دشوارتر می باشد. بنابراین تعدادی از شاخص های بهره وری جزئی که متاثر از دو و یا چند پارامتر دیگر (مستقیم و یا غیر مستقیم) هستند، در فعالیت ها محاسبه و به عنوان شاخص های اصلی برای تحلیل فرآیند بکار می روند. بهره وری نیروی انسانی از جمله همین شاخص ها می باشد.

#### ۴- محاسبه بهره وری نیروی انسانی

بهره وری نیروی انسانی عبارت است از نسبت بین محصول به میزان کار انجام شده بوسیله نیروی کار. در این مقاله نسبت مذکور میان متر پیشروی ( به عنوان محصول ) و مقدار کار صرف شده این نسبت را تشکیل خواهد داد. بهره وری نیروی انسانی یکی از رایج ترین مقیاس ها برای مقایسه فعالیت های مشابه است. افزایش بهره وری نیروی انسانی منعکس کننده بهبود ستاده و در نتیجه تاثیر مشترک عوامل گوناگون مرتبط با یکدیگر می باشد [۳]. این افزایش نه تنها ناشی از کارایی کارکنان بلکه شامل نگرش ها و سطوح مهارت آنان نیز می باشد.

بهره وری نیروی انسانی را می توان به دو گونه متفاوت محاسبه نمود. شیوه نخست بهره وری متر بر نفر می باشد. این شاخص یک پارامتر صرفاً مقایسه ای می باشد. از این شاخص می توان در مقایسه دو پروژه مشابه و استفاده کرد.

در شیوه دوم نسبت بین متر از پیشروی و هزینه نیروی انسانی محاسبه می شود. در حقیقت این شاخص بیانگر صحیح واژه بهره وری نیروی انسانی می باشد. استفاده از واحد های پولی به دیگه فنی - اقتصادی نزدیک تر است. این شاخص علاوه بر اینکه بیانگر وضعیت یک پروژه نسبت به پروژه های مشابه می باشد، نشان دهنده میزان کارایی واحد مورد بحث در طی بازه های زمانی مختلف می باشد. اگر بهره وری پولی عکس شود، نشان دهنده میزان سهم هزینه های نیروی انسانی در هر متر از پیشروی خواهد بود. البته بایستی در محاسبه این نوع بهره وری نیروی انسانی تمامی داده ها بر اساس قیمت های ثابت و یا جاری در نظر گرفته شوند. در این مقاله مبنای محاسبات قیمت های جاری با نرخ ۱۱ درصد بوده است.

محاسبه بهره وری نیروی انسانی با مدت زمان اجرای پروژه ارتباط مستقیم دارد. به گونه ای که با افزایش نرخ پیشروی ماهانه ( کاهش مدت اجرای پروژه ) بهره وری این جزء افزایش خواهد یافت. در محاسبات نرخ پیشروی، ۵۰۰ متر در ماه و زمان کل اجرای پروژه ۳۲ ماه در نظر گرفته شده است.

در پروژه مورد بحث هزینه های نیروی انسانی کارخانه سگمنت سازی مستقل از سایر بخش ها می باشد. با توجه به عرض ۱/۳ متری هر سگمنت برای کل ۱۶۰۰۰ متر ۱۲۳۰۸ عدد سگمنت مورد نیاز می باشد. در حال حاضر در کارخانه سگمنت سازی روزانه ۱۶ رینگ سگمنت تولید می شود. با احتساب ۱۲۵۰۰ رینگ سگمنت و ۲۸ روز کاری در ماه، نزدیک به ۲۸ ماه برای تولید این تعداد رینگ صرف خواهد شد. بدیهی است که در محاسبات هزینه نیروی انسانی کارخانه سگمنت سازی برای ۲۸ ماه در نظر گرفته شده است.

همانطور که ذکر شد در پروژه مورد بحث ۲۹۵ نفر در بخش های مختلف مشغول به کار هستند. در جدول ۱ نتایج محاسبه بهره وری نیروی انسانی به تفکیک بخش فعالیت آنها آورده شده است.

جدول ۱- بهره وری نیروی انسانی

بخش فعالیت	تعداد نیروی کار	بهره وری (متر بر نفر)	بهره وری (متر بر تومان هر نفر)
کارخانه سگمنت سازی	۳۳	۴۸۵	$0.093 \times 10^{-5}$
تونل	۴۳	۳۷۲	$0.047 \times 10^{-5}$
ماشین آلات	۴۲	۳۸۱	$0.042 \times 10^{-5}$
اجرا	۱۳۹	۱۱۵	$0.0054 \times 10^{-5}$
اداری	۳۸	۴۲۱	$0.064 \times 10^{-5}$
کل	۲۹۵	۵۲.۲۳	$0.0011 \times 10^{-5}$

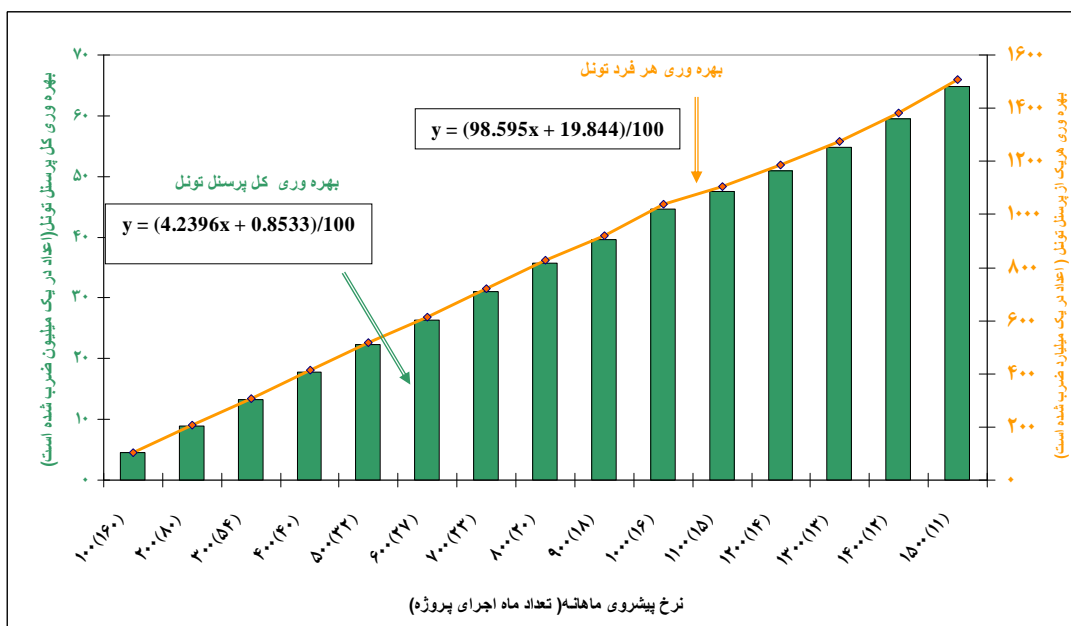
در محاسبه بهره وری نیروی انسانی می توان افراد شاغل را بر اساس تحصیلات، میزان مهارت و آموزش، سابقه کاری ، ساعات کار و..... نیز تفکیک نمود. این نوع از بهره وری نیروی انسانی نشان دهنده کارایی افراد بوده و سهم هر یک از

آنها را در پیشرفت عملیات به طور مستقیم نشان می دهد. بهره وری نیروی انسانی بر اساس کارایی افراد یک شاخص عملکرد داخلی برای هر موسسه ای می باشد.

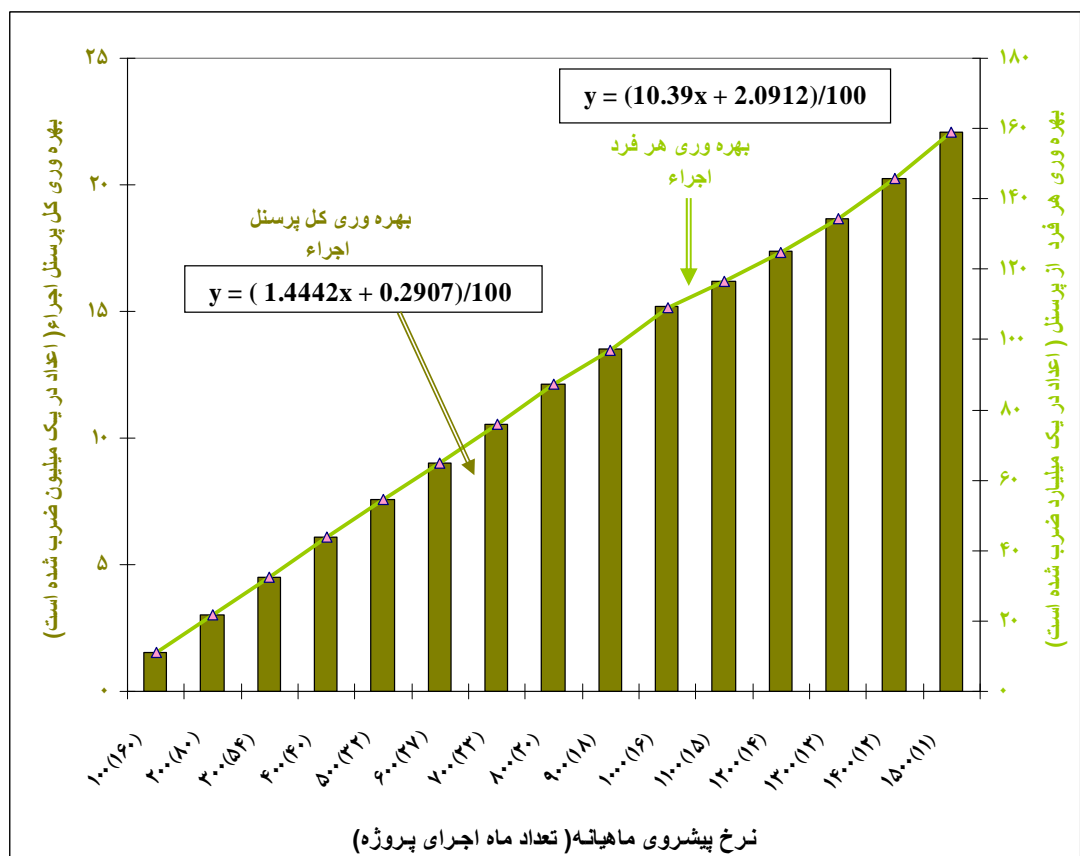
## ۵- آنالیز حساسیت

در پروژه مورد بحث نیروی انسانی شاغل به صورت استخدام رسمی و یا قرار دادهای بلند مدت در حال فعالیت می باشند. در این صورت نیروی انسانی بخش قابل توجهی از هزینه ها را به خود اختصاص خواهد داد. بدیهی است در صورت توقف عملیات حفاری و پیشروی، بازهم کارفرما متحمل این ردیف از هزینه ها خواهد شد. بنابراین حساسیت این بخش از هزینه ها بسیار بالا می باشد. بهره وری نیروی انسانی در شرایطی که پروژه ۳۲ ماه به طول انجامد، برابر با  $0.0011 \times 10$  متر بر تومان هر نفر محاسبه شده است. تغییرات ایجاد شده در نرخ پیشروی موجب بروز تغییر در بهره وری نیروی انسانی (متر - تومان) نیز خواهد شد. باید توجه نمود که بهره وری متر - نفر نیروی انسانی در کل زمان اجرای پروژه بدون تغییر خواهد بود.

تغییر نرخ پیشروی بیشترین تغییر را در بهره وری نیروی انسانی شاغل در تیم های تونل و اجراء ایجاد خواهد کرد [۳]. از سویی دیگر این دو گروه به طور مستقیم در پیشرفت عملیات نقش دارند. در حالی که نیروی انسانی شاغل در بخش اداری و ماشین آلات تقریباً به طور مستقل فعالیت می کنند. تاثیر افزایش نرخ پیشروی ماهانه بر بهره وری متر- تومان افراد تیم های تونل و اجراء در اشکال ۱ و ۲ مشاهده می شود.

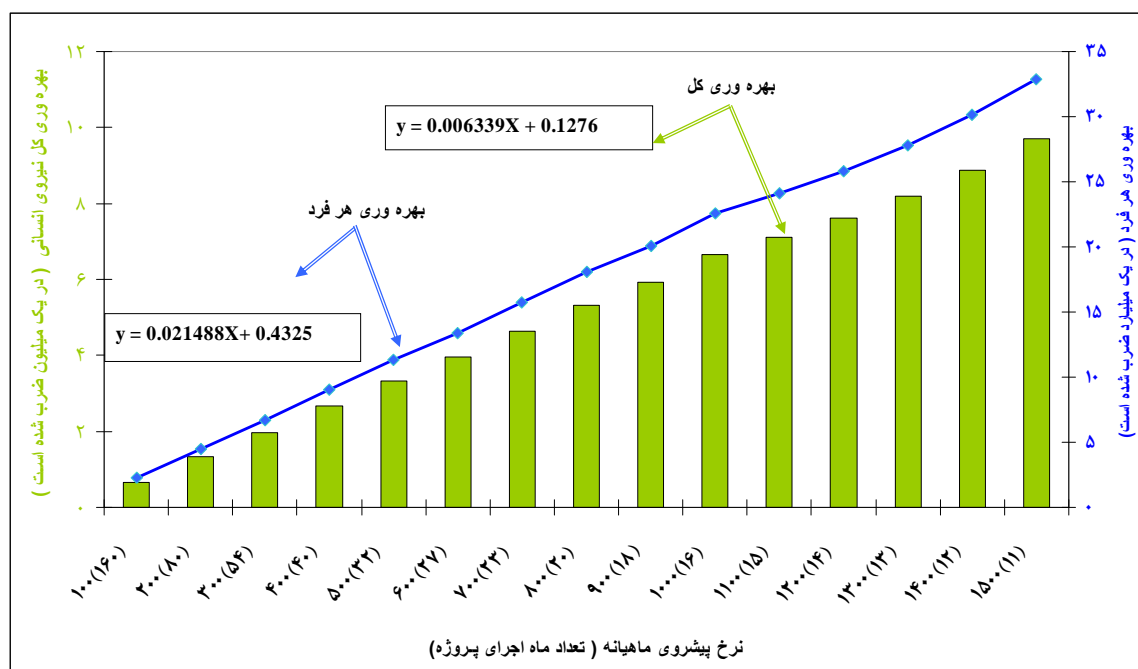


شکل ۱- بهره وری نیروی انسانی حاضر در تیم تونل



شکل ۲- بهره وری نیروی انسانی حاضر در تیم اجراء

با توجه به وضعیت فعلی، کارگاه در هر ماه به طور متوسط ۵۰۰ متر پیشروی داشته است. در صورتی که این روند حفظ شود، در پایان پروژه، بهره وری تیم تونل  $2.2 \times 10^{-5}$  و تیم اجراء  $0.72 \times 10^{-5}$  خواهد بود. لازم به ذکر است روابط حاصل نتیجه رگرسیون خطی می باشند. بدیهی است که اعداد بدست آمده از روابط با مقادیر استفاده شده برای رسم نمودارها با در نظر گرفتن خطائی قابل صرفه نظر، همخوانی خواهد داشت. بهره وری کل نیروی انسانی شاغل در پروژه تونل انتقال آب کرج - تهران و روند تغییر آن با تغییر نرخ پیشروی ماهانه در شکل ۳ دیده می شود.



شکل ۳- بهره وری کل نیروی انسانی شاغل در پروژه تونل انتقال آب کرج - تهران

## ۶- نتیجه گیری

در پروژه های عمرانی و به خصوص تونل سازی مکانیزه، نیاز به نیروی انسانی متخصص زیاد است و به همین دلیل بهره وری این بخش دارای اهمیت فراوانی دارد. با افزایش مدت زمان اجرای این گونه پروژه ها، هزینه ها به شدت افزایش می یابد. تا جایی که ممکن است پروژه از حالت اقتصادی بودن خارج شده و حتی اجرای آن متوقف شود.

در این مقاله نتیجه شد که تغییرات ایجاد شده در بهره وری نیروی انسانی با تغییرات نرخ پیشروی ارتباطی از نوع تابع درجه یک دارند. شیب منحنی بهره وری کل نیروی انسانی  $32/37$  درجه است. این بدین معناست که با افزایش هر  $100$  متر در نرخ پیشروی ماهانه، بهره وری کل نیروی انسانی  $63/4$  درصد افزایش می یابد. از این رو است که نرخ پیشروی اهمیت پیدا می کند.

در انتها با توجه به محاسبات انجام شده و با فرض  $500$  متر پیشروی در ماه، بهره وری کل نیروی انسانی در طی  $32$  ماه  $10^{-5} \times 32 / 0$  متر بر تومان بدست آمد. به عبارت دیگر سهم هزینه نیروی انسانی در هر متر از تونل  $312.500$  تومان می باشد.

## ۷- منابع

- ۱- اورعی، کاظم. (۱۳۷۷)، اقتصاد معدن، نشر کلبه، ص ۴۹-۵۲.
- ۲- اورعی، پیماندار. (۱۳۸۲)، تحلیل و محاسبه بهره وری، نشر دانشگاه پلی تکنیک، ص ۳-۴.
- ۳- صالحی. بهرام. (۱۳۸۶)، محاسبه بهره وری و نرخ بهینه پیشروی در تونل انتقال آب کرج - تهران، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد واحد تهران جنوب، دانشکده تحصیلات تکمیلی.