

ارائه شاخصی جدید به منظور رتبه‌بندی کارآمدی نیروگاه‌ها در بازار برق از دیدگاه مالک (مطالعه موردی : نیروگاه‌های برق منطقه‌ای خراسان)

مهرداد حجت^۱، حمیدرضا جعفریان^۲، تکتم شریفیان عطار^۳، مهدی علومی بایگی^۴، غلامرضا غلامی^۵ و محمدحسین جاویدی^۶
^۱آزمایشگاه تخصصی مطالعات سیستم و تجدیدساختار (PSRES)، دانشگاه فردوسی مشهد، m-hojjat@psres.ir
^۲آزمایشگاه تخصصی مطالعات سیستم و تجدیدساختار (PSRES)، دانشگاه فردوسی مشهد، h-jafarian@psres.ir
^۳آزمایشگاه تخصصی مطالعات سیستم و تجدیدساختار (PSRES)، دانشگاه فردوسی مشهد، t-sharifian@psres.ir
^۴دفتر بازار برق شرکت برق منطقه‌ای خراسان، me_oloomi@yahoo.com
^۵دفتر بازار برق شرکت برق منطقه‌ای خراسان، gholami_ziuv@yahoo.com
^۶آزمایشگاه تخصصی مطالعات سیستم و تجدیدساختار (PSRES)، دانشگاه فردوسی مشهد، h-javidi@ferdowsi.um.ac.ir

چکیده - تعیین شاخصی جامع جهت مقایسه عملکرد نیروگاه‌های مختلف تحت نظر یک مالک در محیط بازار برق می‌تواند در تحلیل به منظور بالا بردن کارآمدی نیروگاه‌ها موثر باشد. نظر به اینکه نیروگاه‌های متعلق به یک مالک به لحاظ اندازه، تکنولوژی، سوخت مورد استفاده، بازده، قابلیت اطمینان و طول عمر متفاوت هستند، در تعریف شاخص مورد نظر باید مؤلفه‌های مؤثر در کارآمدی واحدها لحاظ گردیده باشند تا بتواند به عنوان معیاری برای مقایسه جامع آنها به کار رود. در این مقاله، به کمک اطلاعات در دسترس نیروگاه‌ها، شاخصی مناسب معرفی گردیده است. شاخص موردنظر به صورت تابعی از مؤلفه‌های تأثیرگذار در کارایی تشکیل شده است. تعیین مناسبترین ضرایب وزنی به وسیله روش سلسله مراتبی صورت گرفته است. سپس، نیروگاه‌های خراسان توسط شاخص پیشنهادی رتبه‌بندی شده‌اند. نتایج رتبه‌بندی نشان می‌دهد که نیروگاه‌های با عملکرد بهتر در محیط بازار برق حائز رتبه بهتری می‌شوند.
کلیدواژه- بهره‌وری، در دسترس بودن، شاخص رتبه‌بندی، قابلیت اطمینان، محیط بازار، نیروگاه‌های تولید برق.

حاصل این تلاش‌ها تعریف استاندارد برای ارزیابی آنها بود. در تدوین این‌گونه شاخص‌ها باید به عوامل اجتماعی و محیطی توجه خاص مبذول گردد [۱ و ۲].

۱- مقدمه

با این حال تاکنون در ایران به دلیل مدیریت یکپارچه سیستم قدرت و عدم گسترش خصوصی‌سازی در این بخش توجه چندانی به این موضوع نشده است. در حال حاضر با توجه به تجدید ساختار صورت گرفته در صنعت برق کشور نیاز به تعریف شاخصی برای سنجش عملکرد نیروگاه‌های برق به خوبی احساس می‌شود. در این مقاله شاخصی برای ارزیابی عملکرد نیروگاه‌های کشور معرفی شده است. این شاخص به صورت تابعی از مؤلفه‌های تأثیرگذار بر عملکرد واحدهای نیروگاهی می‌باشد. با به کارگیری روش سلسله مراتبی تلاش گردیده است که مناسب‌ترین ضرایب وزنی برای تعیین مؤلفه‌های تأثیرگذار تعیین گردند. به منظور اعتبارسنجی شاخص موردنظر، آن را برای رتبه‌بندی نیروگاه‌های خراسان مورد استفاده قرار داده‌ایم. عملکرد مقایسه-

سیستم‌های قدرت به‌طور مستقیم با زندگی مردم ارتباط دارند، بنابراین هر نقص کوچکی در این سیستم‌ها می‌تواند عوارض اجتماعی و اقتصادی زیادی به بار آورد. به‌همین قابلیت اطمینان بالا در این سیستم‌ها دارای اهمیت می‌باشد. در شرایطی حتی با وجود قابلیت اطمینان بالا هم ممکن است به دلیل یک اتفاق ناخواسته مشکلی در سیستم به وجود بیاید. از مواردی که در این زمینه اهمیت فراوان دارد عملکرد نیروگاه‌هاست. بهره‌بردار نیروگاه با یک عملکرد اشتباه ممکن است باعث ایجاد مشکل در کل شبکه شود و یا با یک عکس‌العمل به موقع مانع از تحمیل زیان‌های هنگفت به شبکه گردد.
از اوایل دهه ۸۰ میلادی در امریکا تلاش برای تعریف شاخص‌هایی جهت مقایسه عملکرد نیروگاه‌ها صورت گرفت که

ای بهره‌برداری نیروگاه‌های خراسان در تیر ماه سال ۱۳۸۷، اعتبار رتبه‌بندی توسط شاخص مورد نظر را تأیید می‌کند.

۲- شاخص‌های کیفیت انرژی الکتریکی

در این بخش تلاش می‌گردد شاخص‌های تأثیرگذار بر کیفیت انرژی الکتریکی معرفی گردند. کیفیت انرژی الکتریکی از نقطه نظر مشتری از دو جنبه بررسی می‌شود: فنی و اقتصادی.

- جنبه‌های فنی در شاخص‌های قابلیت اطمینان و در دسترس بودن واحد آشکار می‌شوند.
- جنبه‌های اقتصادی در قیمت انرژی الکتریکی که لازم است در کمترین بازه ممکن باشد، تجلی می‌گردند. در این مطالعه، بهره‌وری به جای هزینه به عنوان شاخص مناسب‌تری جایگزین شده است. بدین منظور جنبه‌های حدی - که در شاخص‌های عملکرد نشان داده می‌شوند - شامل؛ در دسترس بودن و قابلیت اطمینان و بهره‌وری مورد توجه قرار گرفته‌اند [۳].

۱-۲- شاخص‌های در دسترس بودن و قابلیت اطمینان

در دسترس بودن عبارتست از احتمال این که یک دستگاه یا سیستم در یک بازه زمانی خاص در آینده در حالت بهره‌برداری باشد.

قابلیت اطمینان عبارتست از احتمال این که یک دستگاه یا سیستم عملکرد کافی را در یک بازه زمانی خاص تحت شرایطی که در آن حالت با آن مواجه می‌شود، ارائه دهد.

تعاریف فوق در این مطالعه صرفاً برای نیروگاه‌های توان پایه به کار برده می‌شوند. حالات شرایط نامتعارف به حالت بار کامل تبدیل می‌شوند. لازم به ذکر است که نیروگاه‌ها ممکن است در یکی از چهار حالت زیر باشند:

۱. حالت سرویس دهی که حالت تولید انرژی الکتریکی در بار کامل است.
۲. حالت خرابی که وقفه اجباری به دلیل خرابی اتفاقی را بیان می‌کند.
۳. حالت نگه‌داری که نشان‌دهنده تعمیرات برنامه‌ریزی شده می‌باشد.
۴. حالت بیکاری که عدم وجود تقاضای کافی را نشان می‌دهد.

موارد فوق را می‌توان به صورت ریاضی به فرم زیر نشان داد

[۴]:

$$A = \frac{ST + IT}{T} \times 100 \quad (1)$$

$$R = \frac{ST}{ST + FT} \times 100 \quad (2)$$

به طوری که داریم:

A: آمادگی

R: قابلیت اطمینان

ST: زمان کل در حالت سرویس دهی برای یک بازه زمانی مشخص

FT: زمان کل در حالت خرابی برای یک بازه زمانی مشخص

MT: زمان کل در حالت نگه‌داری برای یک بازه زمانی مشخص

IT: زمان کل در حالت بیکاری برای یک بازه زمانی مشخص

T: کل دوره زمانی

۲-۲- شاخص بهره‌وری

شاخص بهره‌وری برای سنجش میزان توانایی تولید به کار می‌رود. به صورت خلاصه، بهره‌وری به صورت نسبت خروجی به ورودی فرمول‌بندی می‌شود. این در حالیست که، بهبود بهره‌وری یک پروسه تغییرات بوده و از آن به عنوان مدیریت بهره‌وری نام برده می‌شود. مدیریت بهره‌وری یک پروسه مدیریتی رسمی است که در تمام سطوح مدیریتی و کارمندی با هدف کلی کاهش هزینه تولید، توزیع و فروش محصول یا سرویس در مجموع چهار فاز چرخه بهره‌وری با نام‌های اندازه‌گیری، ارزیابی، برنامه‌ریزی و بهبود بهره‌وری درگیر می‌باشد.

اصل مدیریت بهره‌وری بر پایه ایجاد شرایط بهره‌وری استوار است. برای بهره‌وری یک نهاد، به صورت قراردادی دو سطح اصلی شاخص تعریف می‌گردد؛ بهره‌وری کل^۱ (TP) و بهره‌وری جزئی^۲ (PP).

در ادبیات، بهره‌وری کل به عنوان جریان اصلی در لحاظ کردن بهره‌وری شناسایی می‌شود. بنابراین یک تحلیل بهره‌وری مناسب بر روی سطوح تشکیلاتی تمرکز می‌کند که همان TP است [۵].

بهره‌وری در سطح تشکیلاتی با مدل‌های متفاوتی فرمول‌بندی می‌گردد. در این پژوهش از مدل Craig, Harris استفاده گردیده که فرمول آن به صورت زیر می‌باشد [۶]:

$$P_t = \frac{O_t}{L + C + R + O} \quad (3)$$

به طوری که داریم:

P_t: بهره‌وری کل

Possible Income: درآمد حاصل از در دسترس بودن
بر اساس قدرت عملی فصلی با کسر تعمیرات مجاز

۲-۴ - شاخص قابلیت اطمینان

معمولاً شاخص قابلیت اطمینان واحدها به وسیله نرخ خروج اضطراری آن‌ها مشخص می‌شود، به طوری که داریم [۱ و ۲]:

$$FOR = \left(\frac{FOH}{FOH + SH} \right) \times 100$$

به طوری که:

FOH: ساعات خروج اضطراری

SH: کل ساعات سرویس‌دهی

حالت قابلیت اطمینان بهره‌برداری و قابلیت اطمینان راه-اندازی به صورت زیر بیان می‌گردند [۱ و ۲]:

$$OR = 1 - FOR$$

تعداد کل استارت‌ها / تعداد استارت‌های موفق = SR

۳-۴ - شاخص بهره‌وری

شاخص بهره‌وری که به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$P = (\text{هزینه کل} + \text{سرمایه اولیه}) / \text{مجموع درآمد}$$

۵ - معرفی شاخص عملکرد نیروگاه‌ها

برای معرفی شاخص عملکرد نیروگاه‌ها از تابعی به صورت مجموع مولفه‌های تأثیرگذار بر عملکرد نیروگاه‌ها که در بخش ۴ معرفی گردیدند استفاده شده است. به منظور تأثیرپذیری شاخص معرفی شده از مولفه‌های متفاوت، برای هر کدام از آن‌ها از ضرایب وزنی متفاوتی (k_1 تا k_4) استفاده شده است. نهایتاً شاخص مقایسه عملکرد نیروگاه‌ها به وسیله رابطه (۴) تعریف می‌گردد:

$$Score = k_1.A + k_2.OR + k_3.SR + k_4.P \quad (4)$$

در این رابطه ضرایب k_1 تا k_4 ضرایب وزنی شاخص‌های موثر بر کارآمدی نیروگاه می‌باشند. در تحلیل صورت گرفته شده، به دلیل کمبود اطلاعات موجود شاخص بهره‌وری در نظر گرفته نشده و از رابطه ساده شده زیر برای امتیازدهی به نیروگاه‌ها استفاده شده است.

$$Score = k_1.A + k_2.SR + k_3.(1 - FOR) \quad (5)$$

شاخص تعریف شده فوق شامل سه جزء بهره‌وری^۳،

هزینه ورودی نیروی کار: L

هزینه ورودی سرمایه: C

هزینه ورودی مواد خام و قطعات خریداری شده: R

هزینه‌های ورودی متفرقه دیگر: O

خروجی کل: O_i

۳ - مدلسازی عملکرد اقتصادی و فنی

این مدل روشی را برای مقایسه تجهیزات و تکنولوژی‌های مورد استفاده ارائه می‌دهد که به وسیله آن مقایسه در دسترس بودن و اقتصادی بودن تجهیزات و تکنولوژی‌ها در محیط بازار انرژی و با وجود محدودیت‌های آن انجام می‌شود و در واقع ابزاری برای مقایسه سریع و آسان نیروگاه‌هاست.

برای دستیابی به مقایسه دقیق و جامع واحدهای نیروگاهی، علاوه بر ابزار شبیه‌سازی برای مدلسازی سیستم نیازمند یک بانک اطلاعاتی جامع نیز هستیم. در واقع لازم است برای هر واحد نیروگاهی اطلاعاتی شامل در دسترس بودن، ظرفیت، تابع هزینه، مدل بازار، مدل بار، قابلیت اطمینان در اختیار باشند. با داشتن این اطلاعات می‌توان سودآوری و عملکرد فنی یک نیروگاه را مورد ارزیابی قرار داد.

۴ - فرمولبندی پارامترهای تأثیرگذار بر شاخص رتبه-

بندی نیروگاه‌ها

با توجه به اینکه عملکرد نیروگاه‌ها تابعی از سه پارامتر در دسترس بودن، قابلیت اطمینان و بهره‌وری است و از آنجایی که با توجه به مقدمات ذکر شده در این زمینه مؤثرترین پارامترها در ارزیابی عملکرد یک نیروگاه همین سه پارامتر می‌باشند، در تعریف شاخص از این سه پارامتر استفاده می‌شود. برای تحلیل عملکرد نیروگاه‌ها در بازار برق، باید تعاریف پارامترهای فوق را با این محیط تطبیق دهیم. به همین منظور روابط مورد نیاز برای تعریف شاخص در زیر بازنویسی شده‌اند:

۴-۱ - شاخص در دسترس بودن

$$A = \frac{\text{Net Income}}{\text{Possible Income}}$$

درآمد حاصل از در دسترس بودن بر اساس
در دسترس بودن مورد تأیید مرکز

دردسترس بودن^۴ و قابلیت اطمینان^۵ می‌باشد که با ضرایب خاصی که به کمک روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) تعیین می‌شوند با هم جمع شده و امتیاز هر نیروگاه را مشخص می‌کنند. در این مطالعه، بخش قابلیت تولید به دلیل کمبود اطلاعات، از این شاخص حذف شده و شاخص نهایی صرفاً بر اساس دو جزء قابلیت استفاده و قابلیت اطمینان محاسبه شده است.

برای مشخص نمودن ضرایب بکار رفته در این رابطه از روشی موسوم به تحلیل سلسله مراتبی^۶ استفاده می‌شود. در ادامه به بررسی مختصر این روش پرداخته شده است.

۵-۱- فرآیند تحلیل سلسله مراتبی

علت سلسله مراتبی خواندن این روش آن است که ابتدا باید از اهداف و استراتژیهای سازمان در راس هرم شروع کرد و با گسترش آنها معیارها را شناسایی کرد تا به پایین هرم برسیم [۷].

اگر n رقیب و m معیار برای ارزیابی آنها در دسترس باشد، گامهای روش سلسله مراتبی را می‌توان به شرح زیر بیان نمود:

۱- تعیین معیارها

۲- مقایسه زوجی هر دو رقیب $(n \times (n-1)/2)$ (مقایسه) برای هر معیار و تشکیل ماتریس $n \times n$ رقا که درایه های آن اعدادی در فاصله‌ای مشخص بوده و برتری نسبی یکی را بر دیگری بیان می‌کنند. مثلاً؛ اگر طرح i از طرح j 5 برابر کارا تر باشد، به عنصر a_{ij} عدد 5 را نسبت می‌دهیم و خواهیم داشت: $a_{ij} = 1/5$.

۳- به دست آوردن وزن هر رقیب برای این معیار (یعنی یک بردار $1 \times n$)، که این کار با انجام یک سری عملیات سطری-ستونی بر روی ماتریس گام قبل و استفاده از روش بردار ویژه انجام می‌شود. بدین ترتیب برداری به دست می‌آید که جمع عناصر آن یک و مقدار عنصر i ام آن وزن رقیب i ام را برای این معیار نشان می‌دهد.

۳- گامهای ۱ تا ۳ را برای تمام معیارها انجام می‌دهیم تا در نهایت m بردار n تایی بدست آید. سپس با در کنار هم گذاردن آنها یک ماتریس $m \times n$ تشکیل می‌دهیم.

۴- مقایسه زوجی خود معیارها و بدست آوردن وزن هر یک از آنها از روی ماتریس معیارها که برتری معیارها را نسبت به هم نشان می‌دهد و به یک بردار $(1 \times m)$ منجر می‌گردد.

۵- ضرب بردار وزن معیارها در ماتریس $m \times n$ در نهایت

منجر به وزن نهایی هر رقیب می‌گردد.

۶- تست سازگاری برای نبود تناقض در تخصیص اعداد برتری طرح‌ها در مقایسه با معیارها

جدول (۱): ترجیحات در روش AHP

۹	Extremely preferred	کاملاً مرجح
۷	Very strongly preferred	ترجیح خیلی قوی
۵	Strongly preferred	ترجیح قوی
۳	Moderately preferred	کمی مرجح
۱	Equally preferred	ترجیح یکسان
۲,۴,۶,۸		ترجیحات بین فواصل

۶- ارزیابی شاخص

در این بخش به منظور ارزیابی شاخص معرفی شده اطلاعاتی که از نیروگاه‌های خراسان در تیر ماه سال ۱۳۸۷ به دست آمده را به فرمول حاصل اعمال می‌نماییم و رتبه بندی نیروگاه‌ها در این ماه را به دست می‌آوریم. برای این منظور به سه مورد از اطلاعات نیروگاه‌ها در این ماه نیاز است. این اطلاعات شامل: A (در دسترسی واحد در این ماه)، SR (قابلیت اطمینان راه اندازی واحد) و FOR (نرخ خروج اضطراری) می‌باشند.

جدول (۲): اطلاعات فنی، اقتصادی نیروگاهها [۸ و ۹]

نیروگاه	FOR	RS	A
مشهد	0.08	0.9439	0.900792
نیشابور	0.05	0.7083	0.945367
شریعتی	0.06	0.9593	0.845607
شیروان	0.05	0.9744	0.994827
توس	0.04	0	0.9952
قائن	0.07	0.9893	0.934063
دیزل	0.08	0	0.837004

حال برای به دست آوردن ضرایب در روش AHP ابتدا باید اهمیت این اطلاعات نسبت به هم تعیین شود. برای این منظور اهمیت A نسبت به RS برابر با ۲,۵، اهمیت A نسبت به FOR برابر با ۱,۷ و اهمیت FOR نسبت به SR برابر با ۱,۵ در نظر گرفته شده‌اند. با استفاده از این اعداد، ماتریس مقایسه AHP به شرح زیر به دست می‌آید:

را که دارای تکنولوژی بسیار قدیمی می‌باشد در مقایسه با نیروگاه نیشابور که از تکنولوژی جدیدی برخوردار است، در مکان بالاتری از نقطه‌نظر بهره‌برداری قرار می‌دهد. بررسی‌ها نشان می‌دهند که علت این امر عملکرد بهتر نیروگاه مشهد در ماه مذکور می‌باشد.

۷- نتیجه گیری

رتبه‌بندی نیروگاه‌های تحت اختیار یک مالک از نظر عملکردی دارای اهمیت بسیاری می‌باشد. جهت انجام رتبه‌بندی نیاز به تعریف شاخصی که تمام پارامترهای موثر در سودآوری و بهره‌وری یک نیروگاه را در نظر بگیرد، ضروری به نظر می‌رسد. هر چه این شاخص جامع‌تر باشد، ارزیابی و رتبه‌بندی بر اساس آن دقیق‌تر خواهد بود. لذا، تابع هدف به صورت یک تابع چند هدفه در می‌آید که نیازمند ضرایبی جهت وزن‌دهی هر یک از زیرتابع‌های موجود در تابع هدف می‌باشد. در تعریف تابع هدف کلی پارامترهای آمادگی، قابلیت اطمینان راه‌اندازی و نرخ خروج اضطراری هر واحد مد نظر قرار گرفته است که در مجموع این پارامترها می‌توانند بیان‌گر سودآوری و بهره‌وری واحدها باشند. تعریف دقیق ضرایب وزنی، استفاده از آن‌ها را محدود به شرایط خاصی می‌نماید و اگر این ضرایب بنا بر محیطی که در آن رتبه‌بندی صورت پذیرد قابل تغییر باشند، فرمول پیشنهادی دارای استفاده گسترده‌تری (جامعیت) خواهد شد. در این مقاله به منظور تعیین ضرایب وزنی از روش تحلیل سلسله مراتبی استفاده شده است.

با استفاده از رتبه‌بندی توسط شاخص پیشنهادی، مالک نیروگاه‌ها می‌تواند برنامه‌ریزی مناسب‌تری جهت سودآوری و در نتیجه بهره‌وری بیشتری داشته باشد.

تطبيق رتبه‌بندی نیروگاه‌های خراسان به کمک شاخص پیشنهادی با وضعیت بهره‌وری نیروگاه‌های مذکور نشان می‌دهد که شاخص تعریف شده در این مقاله می‌تواند بهره‌وری نیروگاه‌های مختلف را ارزیابی نموده و از آن برای اصلاح شرایط بهره‌برداری استفاده نماید.

سیاسگزاری

در پایان جا دارد از زحمات و راهنمایی‌های ارزنده آقای مهندس مصطفی رجبی مشهدی - مدیر مرکز دیسپاچینگ شمال شرق کشور که در تهیه این تحقیق ما را یاری نموده‌اند،

$$A_{AHP} = \begin{bmatrix} 1 & 2.5 & 1.7 \\ 0.4 & 1 & 0.6667 \\ 0.5882 & 1.5 & 1 \end{bmatrix} \quad (6)$$

که در ماتریس A_{AHP} سطر و ستون اول متعلق به A، سطر و ستون دوم متعلق به SR و در نهایت سطر و ستون سوم متعلق به FOR است. ماتریس نرمالیزه شده A_{AHP} به صورت زیر خواهد بود:

$$\bar{A}_{AHP} = \begin{bmatrix} 0.502 & 0.5 & 0.504 \\ 0.201 & 0.2 & 0.198 \\ 0.297 & 0.3 & 0.298 \end{bmatrix} \quad (7)$$

در نهایت ضرایب AHP به صورت زیر محاسبه می‌شوند:

$$w = [0.5207 \quad 0.1997 \quad 0.2976] \quad (8)$$

حال با توجه به فرمول ارائه شده (۵)، رتبه بندی نیروگاه‌ها در این ماه بدست می‌آید که در جدول (۳) نشان داده شده‌اند.

جدول (۳) : نتایج رتبه بندی

رتبه	نیروگاه	Score
1	توس	0.9956
2	شیروان	0.9953
3	قائن	0.9607
4	مشهد	0.9313
5	نیشابور	0.9164
6	شریعتی	0.9116
7	دیزل	0.8933

نتایج رتبه‌بندی با وضعیت فعالیت نیروگاه‌های مذکور در ماه مذکور مقایسه گردید. این نتایج نشان می‌دهند که تنها تکنولوژی مدرن‌تر یک نیروگاه مبین رتبه آن نخواهد بود و نحوه عملکرد نیروگاه نیز مدنظر قرار می‌گیرد. بطور مثال دو نیروگاه شیروان و نیشابور دارای FOR یکسانی هستند اما بترتیب در رتبه‌های ۲ و ۵ جدول رتبه‌بندی قرار دارند. همچنین نیروگاه قائن FOR بیشتری نسبت به شریعتی و نیشابور دارد ولی رتبه بهتری را نسبت به این دو بدست آورده است که این امر بدلیل عملکرد نیروگاه می‌باشد.

به طور کلی می‌توان گفت که اعداد بدست آمده از این فرمول مقایسه معنا داری بین نیروگاه‌های موجود انجام می‌دهند و این دقیقاً هدف رتبه‌بندی واحدهای تولیدی تحت نظر یک مالک است.

جالب است توجه نماییم که رتبه‌بندی مذکور، نیروگاه مشهد

مراجع

- [1] G.M. Curley, "Power plant performance indices in new market environment" : IEEE standard 762 working group activities and GADS database, Power Engineering Society General Meeting, 2006. IEEE Volume , Issue , 18-22 June 2006 Page(s): 5 pp.
- [2] IEEE Standard Definitions for Use in Reporting Electric Generating Unit Reliability, Availability, and Productivity. IEEE Std 762™-2006 (Revision of IEEE Std 762-1987)
- [3] Power Plant Performance Identification of the Relationship between Availability, Reliability and Productivity *Mahmoud Ajami, Tavanir, Iran Reza Sotudeh*, University of Hertfordshire, UK April 2000
- [4] Billinton R.(1995) , " Power System Reliability evaluation ", University of Saskatchewan, Saskatoon, Canada. pp:59-67
- [5] Windle. Robert J.& Dresner Martin E. (1992), " Partial Productivity Measures and total Factor Productivity in the Air Transport Industry : Limitations and Uses" , Transportation Research, Vol. 6, 26A, No. 6, PP. 435-445 .
- [6] Craig Charles E. and Harris R. Clark (1973), " Total Productivity Measurement at the Firm level" , Sloan Management Review, Vol. 14, PP.13-29
- [7] <http://www.aoe.vt.edu/~cdhall/courses/aoe4065/AHPslides.pdf>

[۸] سایت بازار برق شرکت برق منطقه‌ای خراسان

[۹] سید محسن بیضایی، مریم میرزایی، "بررسی روش‌های محاسبه قابلیت اطمینان نیروگاه‌ها"، پایان نامه کارشناسی مهندسی بهره‌برداری نیروگاه، مجتمع صنعت آب و برق خراسان، ۱۳۸۵.

- 1 Total Productivity
- 2 Partial Productivity
- 3 Productivity
- 4 Availability
- 5 Reliability
- 6 Analytical Hierarchy Process