مجله نخبگان علوم و مهندسی
Journal of Science and Engineering Elites
ISSN 2538-581X
جلد ۲- شماره ۵- سال ۱۳۹۶
www.ElitesJournal.ir

بررسی کارایی نیروگاه های برق آبی به کمک تحلیل پوشش داده ها با مدل (CRS)

میلاد ارجمند [۱*]، ودود نجاری [۱]

۱- باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان ،واحد مراغه، دانشگاه آزاد اسلامی، مراغه ، ایران

*Arjomand.civil@gmail.com

ارسال: مهر ماه ۹۶ پذیرش: آبان ماه ۹۶

چکیده

با توجه به کمبود بارش برف و باران در چند دهه اخیر بدیهی است بررسی کارایی نیروگاههای برق آبی خالی از لطف نبوده و اهمیت خاص خود را دارا خواهد بود. در مقاله حاضر با تکیه بر روش ناپارامتری تحلیل پوشش داده ها (Data Envelopment Analysis) کارایی نیروگاه های برق آبی مستقردر سدهای (شهید عباسپور، کارون ۳ ، کرخه وگتوند) بر اساس عملکرد سال ۱۳۹۳ مورد ارزیابی و بررسی قرار می گیرد. در این تحقیق از تحلیل پوشش داده ها با تاکید بر مدل بازده ثابت نسبت به متغییر (CRS) استفاده شده و مصرف داخلی و متوسط کارکرد سالانه هر نیروگاه به عنوان ورودی و درصد بهره برداری از ظرفیت عملی و تولید ناویژه به عنوان خروجی در ارزیابی کارایی نقش ایفا کردند. نتایج بدست آمده از نرم افزار تحلیل پوشش داده ها (EMS) حاکی از آن می باشد که نیروگاه برق آبی مستقر در سد کرخه به عنوان واحد ناکارا و نیروگاه های برق آبی شهید عباسپور، کارون ۳ ، گتوند به عنوان واحد کارا انتخاب شدند.

کلمات کلیدی: تحلیل پوشش داده ها ، مدل CRS ، نیروگاه برق آبی ، کارایی (کارا ، ناکارا).

۱. مقدمه

اگر بگوییم زندگی مدرن امروزی مدیون مخترع برق می باشد کاملا بجاست و تمام رشد صنعتی و اقتصادی و به تبع آن ارتقای کیفیت زندگی در هر کشور در گرو این نعمت بزرگ برق خداوندی است. این تاریخ است که در این عرصه شاهد تلاش های بدون وقفه دانشمندان بوده و بزرگانی چون ویلیام ژیلبرت، لویی گالوانی، الکساندرو ولتا، مایکل فارادی و ادیسون قدمهای اصلی را برداشته اند و نام خود را در قلب محققین برق جای داده اند. این در حالی است که امروزه نیز همچنان پژوهشگران زیادی بر روی روشهای نوین تولید برق تحقیق می کنند. یکی از روشهای مهم و البته ایمن تولید برق در اکثر کشورهای دنیا، استفاده از سدها و نیروگاههای برق آبی است. ایران نیز با وجود اینکه جزو کشورهای کم آب است از سدها و تکنولوژی نیروگاههای برق آبی بی بهره نیست. طبق بررسی ها و آمارهایی که از طرف دفتر معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری اعلام شده، نیروگاههای گازی رتبه اول در تولید برق کشورمان را به میزان ۱۴هزار و ۳۰۰ مگاوات به عهده دارند. بخش بخار سیکل ترکیبی ۸ هزار و ۹۰۰ مگاوات، نیروگاه‌های بخاری سهمی معادل ۱۵هزار و ۵۶۰ مگاوات، نیروگاه‌های آبی ۷ هزار و ۱۰۰ مگاوات و بخش توربین‌های دیزلی ۳۸۰ مگاوات را در تولید برق به خود اختصاص داده‌اند.

در مقاله حاضر با تکیه بر عملکرد سال ۱۳۹۳ کارایی نیروگاه های برق آبی مستقردر سدهای (شهید عباسپور، کارون ۳ ، کرخه وگتوند) مورد ارزیابی قرار داده می شود. بدین منظور از روش ناپارامتری تحلیل پوشش داده ها استفاده می شود.

۲. روشهای اندازه گیری کارایی

محاسبه کارایی واحدهای تصمیم گیری نقش اساسی در بحث های اقتصادی و مدیریتی دارد. فارل از اولین افرادی بود که مجموعه روشهای مبتنی بر نظریه اندازه گیری کارایی را بیان کرد و امکان عملی اندازه گیری آن در دهه ۱۹۷۰ به دو روش پارامتریک و ناپارامتریک ممکن شد. یادآوری می شود که روشهای ناپارامتری نیاز به فرضیه های کمی راجع به ساختار تابع تولید و نیز اعمال محدودیت به ورودی و خروجی دارند. روش تحلیل مرزی تصادفی (SFA)، تحلیل مرزی پهن(TFA) و تحلیل بدون توزیع (DFA) از روشهای پارامتریک هستند. از روش های ناپارامتریک می توان به روش تحلیل پوششی دادهها (DEA) و تحلیل بدون رویه(FDH) اشاره کرد. در این پژوهش، برای محاسبه کارایی نیروگاههای برق آبی از روش ناپارامتری تحلیل پوششی دادهها با تاکید بر (CRS) استفاده شده است. در فصل ۳ در مورد تحلیل پوششی داده ها بحث می شود و علاقه مندان برای اطلاعات بیشتر به مراجع می توانند رجوع [۲] کنند.

۳. تحلیل پوشش داده ها

بازده ثابت نسبت به مقیاس – ورودی محور – مدل اولیه(مضربی):

$$
\begin{aligned}
&MAX\ Z_0 = \sum_{r=1}^{s} u_r\, y_{r0} \\
&\textstyle\sum_{i=1}^{m} v_i x_{i0} = 1 \\
&\textstyle\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij} \le 0 \\
&u_r, v_i \ge 0 \quad (j = 1,2,\dots,n)
\end{aligned}
\qquad (۱)
$$

بازده ثابت نسبت به مقیاس – ورودی محور – مدل ثانویه(پوششی):

$$
\begin{aligned}
&Min\ Y_0 = \theta \\
&St: \\
&\textstyle\sum_{j=1}^{n} \lambda_j y_{rj} \ge y_{r0} \qquad (r=1,2,\dots,s) \\
&\textstyle\sum_{j=1}^{n} \lambda_j x_{ij} \le \theta x_{i0} \qquad (i=1,2,\dots,m) \\
&\lambda_j \ge 0 \qquad \theta \text{ آزاد در علامت} \qquad (j=1,2,\dots,n)
\end{aligned}
\qquad (۲)
$$

M تعداد ورودی، s تعداد خروجی و n تعداد واحد است.

بازده ثابت نسبت به مقیاس – ورودی محور – مدل اولیه اصلاح شده:

در مدل مضربی CCR، متغیرهای u_r و v_i متغیرهای غیرمنفی(از نوع بزرگتر مساوی صفر) هستند واین امکان وجود دارد که مقدار یکی از متغیرها صفر شود. مثلا اگر جواب بهینه یک مدل CCR عبارت از $u_1^* = 2$، $v_2^* = \frac{3}{2}$ و $v_1^* = 0$ باشد، وجود $v_1^* = 0$ موجب می‌شود که ورودی اول در تعیین کارایی مورد توجه قرار نگیرد و در محاسبات حذف شود. برای رفع این مشکل در سال ۱۹۷۹ یک سال بعد از انتشار مقاله چارنز، کوپر و رودز پیشنهاد شده که مقدار متغیرهای تصمیم مدل (v_i, u_r) از مقدار بسیار کوچکی مثل ε بزرگتر در نظر گرفته شود و مدل به صورت زیر اصلاح شد:

$$
\begin{aligned}
&MAX\ Z_0 = \sum_{r=1}^{s} u_r\, y_{r0} \\
&St: \\
&\sum_{i=1}^{m} v_i x_{i0} = 1
\end{aligned}
\qquad (۳)
$$

$$\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij} \leq 0$$
$$u_r, v_i \geq \varepsilon \quad (j = 1,2, \dots, n$$

εیک مقدار بسیار کوچک است.

بازده ثابت نسبت به مقیاس – ورودی محور –مدل ثانویه(پوششی) اصلاح شده

$$Min\ Y_0 = \theta - \varepsilon(\sum_{r=1}^{s} s_r^+ + \sum_{i=1}^{m} s_i^-)$$
St:
$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j y_{rj} - s_r^+ = y_{r0}$ *(r=1,2,…,s)* (۴)

$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j x_{ij} + s_i^- = \theta x_{i0}$ *(i=1,2,…,m)*
$\lambda_j, s_r^+, s_i^- \geq 0$ θ آزاد در علامت *(j=1,2,…,n)*

متغیر کمکی s_r^+ کمبود در میزان تولید برای خروجی مشخص شده r را نشان می‌دهد و s_r^- متغیر کمکی دیگری است که میزان ورودی i استفاده شده از آن را بیان می کند.

۴. تحلیل کارایی نیروگاهها

هدف اصلی در این بخش اعمال مدل بحث شده بر روی نیروگاه‌های مستقر بر ۴ سدآبی و نتیجه‌گیری میزان کارایی آنهاست. جدول ۱ لیست نیروگاههای مورد بحث به همراه مشخصات مورد نیاز آنها است. داده‌ها مربوط به عملکرد سال **۱۳۹۳** بوده و از ترازنامه انرژی **۹۳** وزارت نیرو قابل دسترسی است. برای جزئیات بیشتر به [۱] مراجعه شود.

جدول ۱ مشخصات واحد های مورد نظر به همراه ورودی ها و خروجی ها می باشند که مصرف داخلی و متوسط کارکرد سالانه به عنوان ورودی و درصد بهره برداری از ظرفیت عملی و تولید ناویژه به عنوان خروجی می باشند.

جدول ۱ – لیست نیروگاه های مورد مطالعه به همراه مشخصات مورد نظر آنها

علامت اختصاری	نیروگاه برق آبی	مصرف داخلی	متوسط کارکرد	ظرفیت عملی	تولید ناویژه
DMU1	شهید عباسپور	۳۶۵۲	۲۲۸۰	۱۴.۵۰	۲۲۵۹۶۶۶
DMU2	کرخه	۸۲۹	۵۰۴	۳.۱۰	۱۰۸۹۷۸
DMU3	گتوند	۸۵۹۸	۳۳۸۴	۲۴.۶۰	۲۱۵۵۹۲۶
DMU4	کارون ۳	۲۷۱۰۴	۱۶۵۶	۱۰.۵۰	۱۸۴۴۹۳۱

DEA با بهره‌گیری از تکنیک برنامه‌ریزی خطی و بهینه‌سازی، جهت تعیین کارایی هر واحد استفاده و به منظور هدف گذاری در افزایش کارایی برای هر یک از واحدها، یک مجموعه مرجع برای واحد ناکارا تعیین و کارایی واحدهای مختلف را نسبت به مرز کارایی مقایسه می‌نماید.

۵. مشخصات پروژه

در این تحقیق ۴واحد تصمیم‌گیری، با توجه به ۲ ورودی و۲ خروجی مورد بررسی قرار گرفتند. نوع به کار رفته در این تحقیق پایه ای و بر اساس مدل CRS و رویکرد ورودی محور می‌باشد.

تولید ناویژه نیروگاه:جمع انرژی تولیدی مولدهای برق یک نیروگاه که در طی یک دوره زمانی معین(مثلا یکسال) روی پایانه خروجی مولدها برحسب کیلووات ساعت یا مگاوات ساعت اندازه گیری می شود.
مصرف داخلی:مقدار انرژی الکتریکی که توسط تجهیزات کمکی وجنبی یک واحد که جهت راهبری آن (چه در حالت کار و چه در حالت توقف) مصرف می شود در طول یک دوره مشخص را مصرف داخلی واحد گویند.

۶. کارایی

مقدار کارایی با توجه به مدل تعریف شده در جدول ۲ آمده است. علاوه بر مقدار کارایی، نوع آن هم در این جدول قابل مشاهده است.

جدول ۲- کارایی واحدها

	میزان کارایی	نوع کارایی
DMU1	۱	کارای قوی
DMU2	۰/۹۶۱	ناکارا
DMU3	۱	کارای قوی
DMU4	۱	کارای قوی

- اگر کارایی واحدی کمتر از ۱ باشد ناکاراست.
- اگر کارایی واحدی برابر ۱ بوده و کمبودی در خروجی و مازادی در ورودی نداشته باشد کارای پاراتو است.
- اگر کارایی واحدی برابر ۱ بوده و کمبودی در خروجی یا مازادی در ورودی داشته باشد کارای ضعیف است.

۷. مجموعه مرجع

جدول ۳ گروه‌های مرجع را نشان می دهد.

جدول ۳- مرجع واحدها

	Peer1	Peer2
DMU1	۱	-
DMU2	۱	۳
DMU3	۱	۳
DMU 4	۴	-

همچنین جدول ۴ نشان می دهد که هر واحد مرجع چند بار تکرار شده است.

جدول ۴- تعداد مرجع شدن

نام واحد	تعداد مرجع شدن
۱	۳
۳	۲
۴	۱

- **λ (وزن واحدهای مرجع)**

اگر مقدار ورودی‌ها یا خروجی‌ها را به نحوی تغییر دهیم که واحد مورد بررسی روی مرز کارایی قرار گیرد (به عبارتی کارایی آن برابر ۱ شود) به واحد فرضی که روی مرز کارایی است واحد مجازی گفته می‌شود. λ ترکیبی از واحدهای مرجع را نشان می دهد که برای ساخت واحد مجازیِ هر واحد به کار می‌رود. مقادیر λ در جدول ۵ آمده است.

جدول ۵- مقادیر لاندا

DMU4	DMU3	DMU2	DMU1	
0	0	0	1	DMU1
0	0.007	0	0.203	DMU2
0	1	0	0	DMU3
1	0	0	0	DMU4

۸. وزن‌ها (مقادیر متغیرهای مدل اولیه)

جدول ۶ و جدول ۷ مقادیر متغیرهای مدل اولیه مدل که همان v_i(ضرایب ورودی ها) و u_r(ضرایب خروجی‌ها) است را نشان می دهد.

جدول۶- وزن ورودی ها(مقادیر v)

V2	V1	
0	0	DMU1
0.001	0	DMU2
0	0	DMU3
0.001	0	DMU4

جدول۷- وزن خروجی ها (مقادیر U)

U2	U1	
0	0.069	DMU1
0	0.31	DMU2
0	0.041	DMU3
0	0	DMU4

۹. مازاد ورودی‌ها و کمبود خروجی‌ها

مقادیر مازاد ورودی و کمبود خروجی مربوط به هر واحد به ترتیب در جدول ۸ و جدول ۹ آمده است.

جدول ۸- مقادیر slack (مازاد در ورودی ها)

Sx2	Sx1	
0	0	DMU1
0	0	DMU2
0	0	DMU3
0	0	DMU4

sx_i مقدار مازاد در ورودی i ام

جدول ۹- مقادیر slack (کمبود در خروجی ها)

Sy2	Sy1	
0	0	DMU1
3633106.545	0	DMU2
0	0	DMU3
0	0	DMU4

sy_r مقدار کمبود در خروجی r ام

- **مقادیر مطلوب**

مقادیر مطلوب همان مقادیر بهینه ورودی ها و خروجی ها هستند. جداول ۱۰ و ۱۱ به ترتیب مقادیر واقعی ورودی ها و مقادیر بهینه آن‌ها را نشان می دهد.

جدول ۱۰- مقادیر ورودی

	Input1	Input2
DMU1	3652	2280
DMU2	829	504
DMU3	8598	3384
DMU4	27104	1656

جدول ۱۱- مقادیر هدف (ورودی)

	Input1	Input2
DMU1	3652	2280
DMU2	796.546	484.269
DMU3	8598	3384
DMU4	27104	1656

مقادیر واقعی و بهینه خروجی ها به ترتیب در جداول ۱۲ و ۱۳ آمده است.

جدول ۱۲- مقادیر خروجی

	Output1	Output2
DMU1	14.5	2259666
DMU2	3.10	108978
DMU3	24.60	2155926
DMU4	10.50	1844931

جدول ۱۳- مقادیر هدف(خروجی)

	Output1	Output2
DMU1	14.5	2259666
DMU2	3.10	472084.545
DMU3	24.60	2155926
DMU4	10.50	1844931

- **متغیرهای کمکی**

در جدول۱۴ مقادیر متغیرهای کمکی و مصنوعی مدل اولیه آمده است. توجه شود که مقدار محدودیت اول همان مقدار متغیر مصنوعی است.

جدول ۱۴- مقادیر متغیرهای کمکی

	محدودیت ۱	محدودیت ۲	محدودیت ۳	محدودیت ۴	محدودیت ۵
DMU1	0	0	0.009	0	1.636
DMU2	0	0	0.039	0	7.353
DMU3	0	0	0.005	0	0.964
DMU4	0	0	0.212	0.664	0

محدودیت ۱ همان محدودیت مصنوعی می باشد.

۱۰. نتیجه‌گیری

در این تحقیق نیروگاه های برق آبی سدهای شهید عباسپور ، کرخه ،گتوند ، کارون ۳ به کمک تکنیک پوشش داده با مدل بازده ثابت به متغییر (CRS)، مورد مطالعه قرار گرفتند که نیروگاه برق آبی کرخه به عنوان واحد ناکارا و نیروگاه های برق آبی شهید عباسپور ، گتوند و کارون ۳ به عنوان واحد کارا معرفی شدند.

۱۱. مراجع

۱. فیوض، آمار تفصیلی صنعت برق ایران ویژه مدیریت راهبردی در سال ۱۳۹۳، شرکت مادر تخصصی توانیر، معاونت منابع انسانی و تحقیقات-دفتر فناوری اطلاعات و آمار، اسفند ۱۳۹۳.

۲. نجاری ، ارجمند (۱۳۹۵)، بررسی ۳۲ سد ایرانی و کارایی نیروگاه های برق آبی مستقر بر آنها در سال ۱۳۹۳ ، نشریه سد و نیروگاه های برق آبی ، سال سوم/ شماره نهم/ تابستان ۱۳۹۵

۳. خامنه، ا. م.، جواهری، ز.، (۱۳۸۸). ارزیابی عملکرد نیروگاه های حرارتی ایران با استفاده از روش تحلیل پوششی داده ها. اولین کنفرانس ملی صنعت نیروگاه های حرارتی، تهران.

۴. سیداصفهانی، م. م.، آیت اللهی، س .ا .ح.، آیت اللهی، س .م .ر.، (۲۰۰۶). رتبه بندی کشورهای منتخب بر اساس کارایی در تولید برق تجدیدپذیر با استفاده ازتکنیک بارویکرد بنچ مارک وپوشش داده ها تعیین جایگاه کشور ایران. اولین کنفرانس بین المللی مدیریت و برنامه ریزی انرژی.