Archive of SID

فصل‌نامه‌ی مطالعات اقتصاد انرژی/ سال هفتم / شماره‌ی ۲۶/ پاییز ۱۳۸۹/ صفحات ۱۷۵- ۱۵۳

اندازه‌گیری کارایی فنی نیروگاه‌های حرارتی کشور به روش تحلیل مرزی تصادفی (SFA) و مقایسه‌ی تطبیقی با کشورهای منتخب در حال توسعه

حمید ابریشمی

استاد دانشکده‌ی اقتصاد دانشگاه تهران، abrihami @ut.ac.ir

لیلی نیاکان

کارشناس ارشد اقتصاد انرژی دانشگاه تهران، leili.niakan@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۸۸/۱۰/۲۷ تاریخ پذیرش: ۸۹/۱/۳۱

چکیده

نیروگاه‌های حرارتی به عنوان بزرگ‌ترین تولیدکننده‌ی انرژی برق در ایران از منابع مختلفی از جمله سوخت، نیروی کار و سرمایه استفاده می‌کنند. این مقاله با استفاده از روش تحلیل مرزی تصادفی (SFA)، کارایی فنی و عوامل مؤثر بر آن را برای ۴۰ نیروگاه حرارتی برق ایران برای سال‌های ۸۵ - ۱۳۸۲ بررسی کرده و سپس طی یک مقایسه‌ی تطبیقی با کارایی فنی نیروگاه‌های حرارتی ۲۲ کشور در حال توسعه، نتایج حاصل را مورد ارزیابی قرار می‌دهد. نتایج حاکی از آنست که میانگین کارایی فنی نیروگاه‌های حرارتی کشور برابر با ۹۳٪ می‌باشد و افزایش ظرفیت نصب شده‌ی نیروگاهی و تغییر نوع سوخت مصرفی از گازوئیل و نفت کوره به گاز طبیعی، به طور معنی‌داری کارایی فنی نیروگاه‌ها را می‌افزاید و در مجموع بالاترین کارایی فنی متعلق به نیروگاه‌های سیکل ترکیبی با سوخت گاز و میانگین کارایی فنی ۲۲ کشور منتخب در حال توسعه بین سال‌های ۶-۲۰۰۳، ۹۱/۷٪ می‌باشد.

طبقه بندی JEL : O30,O57

کلید واژه : کارایی فنی، تحلیل تابع مرزی تصادفی، نیروگاه حرارتی، مقایسه‌ی تطبیقی

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

بررسی تاریخ و روند رشد کشورهای توسعه‌یافته و مقایسه‌ی آن با کشورهای در حال توسعه نشان می‌دهد که وجه تمایز و نقطه‌ی قوت این کشورها، استفاده‌ی بهینه از فرصت‌ها و امکاناتی است که در اختیار داشته‌اند. این مقایسه نشان می‌دهد که بررسی‌های مرتبط با بهره‌وری و کارایی در جهت تحلیل وضعیت کنونی اقتصادی و صنعتی کشورهای مختلف و ارائه‌ی راه‌کارهای مؤثر در جهت رفع عقب ماندگی، تا چه حد حائز اهمیت است.

بیش‌تر کشورهایی که در سال‌های اخیر رشد اقتصادی چشم‌گیری داشته‌اند، این رشد را عمدتاً از طریق افزایش کارایی و بهره‌وری عوامل تولید به دست آورده‌اند به‌طوری‌که سهم سرمایه‌گذاری جدید در این رشد در مقایسه با نقش افزایش کارایی و بهره‌وری در آن اندک بوده است.

صنعت برق امروزه به عنوان موتور رشد و توسعه‌ی سایر بخش‌ها قلمداد می‌شود. این صنعت مهم و سرمایه‌بری می‌باشد. در کشور ما و در کشورهای در حال توسعه، بدون سرمایه‌گذاری مناسب در توسعه‌ی صنعت برق نمی‌توان صحبت از توسعه‌ی اقتصادی کرد. میزان رشدی که برای صنعت برق در برنامه‌های دولت در نظر گرفته می‌شود، حاکی از اهمیت نقشی است که این صنعت در توسعه‌ی اقتصادی آینده‌ی کشور ایفا می‌کند.

تأمین نیروی برق مورد نیاز، مستلزم سرمایه‌گذاری‌های بزرگ برای احداث، بهره‌برداری، نگهداری، تولید، ذخیره، انتقال، توزیع برق و تأسیسات مربوطه به آن است. لزوم سرمایه‌گذاری‌های عظیم در بخش نیرو جهت تأمین مصرف روز افزون برق، بر ضرورت بررسی کارایی و بهره‌وری در این صنعت می‌افزاید و بر لزوم افزایش کارایی و بهره‌وری تأکید می‌کند.

در حال حاضر با توجه به آمار منتشر شده، صنعت برق کشور از نظر ظرفیت نصب شده در خاورمیانه رتبه‌ی اول را داراست ولی از نظر تولید، بهره‌برداری و استفاده از ظرفیت ایجاد شده در مقایسه با دیگر کشورها در رتبه‌ی نوزدهم قرار دارد. و این به

1- Productivity.

www.SID.ir

Archive of SID

مفهوم عدم استفاده‌ی بهینه و کارا از عوامل و نهاده‌های تولیدی و سرمایه‌های موجود در این بخش است.

صنعت برق ایران تاکنون بیش‌تر متکی بر نیروگاه‌های حرارتی بوده و سهم تولید برق توسط نیروگاه‌های حرارتی در ایران به طور متوسط ۹۱٪ از برق تولیدی کشور است. در مقاله‌ی حاضر، نیروگاه‌های حرارتی به عنوان بخشی از اقتصاد که تولیدکننده‌ی یکی از اساسی‌ترین کالاها (انرژی برق) بوده و منابع کمیابی از قبیل سوخت، سرمایه و نیروی کار را به خود اختصاص داده است، مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است.

در ادامه، بخش ۲ سیر تحولات صنعت برق ایران، بخش ۳، روش تحلیل مرزی تصادفی، بخش ۴، انتخاب توابع و متغیرها، بخش ۵ یافته‌های تحقیق و بخش ۶ نتیجه‌گیری و پیشنهادات ارائه می‌گردد.

۲- سیر تحولات صنعت برق ایران

این مقاله بر آن است تا ضمن برآورد کارایی فنی نیروگاه‌های حرارتی کشور و بررسی عوامل مؤثر بر این کارایی، با یک مقایسه‌ی تطبیقی با کشورهای در حال توسعه، جایگاه صنعت برق حرارتی کشور را در عرصه‌ی جهانی مشخص کند. بر این اساس، روش تحلیل مرزی تصادفی (SFA)، با استفاده از روش‌های اقتصادسنجی، در محاسبه و تجزیه و تحلیل کارایی فنی مورد استفاده قرار می‌گیرد. نخستین کارخانه‌ی برق شهری در ایران توسط حاج امین‌الضرب با قدرت مولد ۴۰۰ کیلووات و توانایی روشنایی هزار شعله برق در تهران در سال ۱۲۸۴ شمسی، تأسیس و حدود ۶۵ سال به کار خود ادامه داد. در کنار آن مولدهای کوچک در سایر شهرهای ایران شامل مشهد، همدان، شیراز، یزد، قزوین، اهواز، تبریز، کرمانشاه و زاهدان نصب شد تا برای شهروندان خود روشنایی به ارمغان آورد.

در سال ۱۲۸۴، اداره‌ای به نام اداره‌ی روشنایی معابر در شهرداری تأسیس شد. این اداره تا سال ۱۳۱۵ به کار مشغول بود و از آن پس به مؤسسه‌ی برق تهران تحت نظر شهرداری تبدیل شد.

1- Thermal Power Plants.
2- Technical Efficiency.
3- Stochastic Frontier Analysis.

www.SID.ir

Archive of SID

تا سال ۱۳۴۱ برای مدیریت برق کشور سازمان واحدی وجود نداشت و تصمیمات کلان از طریق وزارت کشور و سازمان برنامه و بودجه به شهرداری‌ها و مؤسسات خصوصی یا دولتی متولی برق ابلاغ می‌شد.

به دلیل رشد جمعیت و افزایش تقاضای مصرف برق، سازمان برق ایران در سال ۱۳۴۱ تأسیس شد و مؤسسات برق ناحیه‌ای با سرمایه‌ی دولتی و هم‌چنین مؤسسات برق منطقه‌ای، به منظور ایجاد تأسیسات تولید و انتقال و فروش عمده به مؤسسات مذکور و صنایع، شروع به کار کردند.

در سال ۱۳۴۳، وزارت آب و برق با تحت پوشش قرار دادن سازمان‌های مرتبط شامل سازمان برق ایران و چهار شرکت آب و برق منطقه‌ای خوزستان، کرج، منطقه‌ی سفیدرود و آذربایجان و شماری از سازمان‌های برق ناحیه‌ای که در کار تولید و توزیع برق مشارکت داشتند، تأسیس شد.

با وسعت جوامع شهری و صنایع، گستره‌ی عملکرد وزارت آب و برق افزایش یافت و ۱۰ شرکت برق منطقه‌ای جهت تسریع در امور آغاز به کار کردند. (وطنیان، ۱۳۴۹)

با توجه به سرمایه‌گذاری‌های کلان مورد نیاز صنعت برق و عدم صرفه‌ی اقتصادی برای بخش خصوصی و شهرداری‌ها و نیز بر اساس قانون توسعه‌ی مؤسسات غیردولتی مصوبه‌ی سال ۱۳۴۴، در سال ۱۳۴۶ قانون سازمان برق ایران به تصویب رسید. به منظور تمرکز تولید و انتقال برق در یک شرکت دولتی و استفاده‌ی صحیح از انرژی‌های تولید شده و انتقال صحیح آن به مناطق مختلف مصرف از طریق شبکه‌ی سراسری برق، شرکت توانیر در سال ۱۳۴۷ تأسیس شد.

ظهور مسئولیت‌های جدید به‌ویژه در زمینه‌ی انرژی، موجب شد که در سال ۱۳۵۳، وزارت آب و برق به وزارت نیرو تغییر نام یابد و اجرای همه‌ی عملیات صنعت برق بر عهده‌ی شرکت‌های برق منطقه‌ای قرار گرفت. هم‌اکنون شاخه‌ی برق وزارت نیرو با مجموعه‌ای از شرکت‌ها شامل شرکت توانیر به عنوان شرکت تخصصی مادر، ۱۶ شرکت برق منطقه‌ای که هر کدام دارای تعدادی شرکت اقماری هستند و ۴۲ شرکت توزیع نیروی برق و ۲۸ شرکت مدیریت تولید مشغول به فعالیت می‌باشد.

صنعت برق ایران از نظر ساختاری چهار دوره‌ی زمانی را طی کرده است:

دوره‌ی اول: فعالیت بخش خصوصی (۱۳۱۵-۱۲۸۴)

دوره‌ی دوم: فعالیت موازی بخش خصوصی و عمومی (۱۳۴۰-۱۳۱۵)

www.SID.ir

Archive of SID

دوره‌ی سوم: تمرکزگرایی و فعالیت مطلق بخش عمومی و دولتی (۱۳۶۵-۱۳۴۰)

دوره‌ی چهارم: گرایش به عدم تمرکز، اصلاح ساختار تشکیلاتی و جلب مشارکت بخش خصوصی (بعد از ۱۳۶۵)

نقش نیروی برق در توسعه‌ی اقتصادی و ارتباط مصرف نیروی برق با رشد اقتصادی، توسعه‌ی صنعت برق در قالب برنامه‌های عمرانی و به منظور تأمین هدف‌های مورد نظر برنامه‌های اقتصادی را ایجاب کرده است.

برای تولید برق، در نیروگاه‌ها انرژی مکانیکی به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود. نیروگاه تأسیساتی است که اشکال گوناگون انرژی را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کند. نیروگاه‌های مدرن بر حسب نوع انرژی مورد مصرف عبارتند از: نیروگاه‌های حرارتی، آبی، هسته‌ای و نیروگاه‌هایی که از انرژی باد و یا حرارت درونی زمین استفاده می‌کنند. از میان این نیروگاه‌ها، نیروگاه‌های حرارتی و آبی از معمول‌ترین انواع آن در صنعت تولید برق هستند. (فرخ‌پور، ۱۳۷۵)

نیروگاه حرارتی به همه‌ی نیروگاه‌هایی اطلاق می‌شود که در واحدهای آن با احتراق سوخت‌های جامد، مایع و یا گاز در بویلر و یا در محرک اولیه، انرژی حرارتی تولید شده و طی فرایندی در نهایت به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود. نیروگاه‌های حرارتی در بیش‌تر کشورهای جهان پرقدرت‌ترین نیروگاه‌ها را تشکیل می‌دهند. نیروگاه‌های بخاری، گازی، دیزلی و سیکل ترکیبی، از انواع نیروگاه‌های حرارتی هستند که قسمت عمده‌ی آن از نوع کندانسوردار است. (فرخ‌پور، ۱۳۷۵)

سرزمین پهناور ایران با شرایط گوناگون آب و هوایی در چهار فصل و تنوع اقلیمی آن اجازه نمی‌دهد تا نیروگاه‌ها از تمام ظرفیت نامی خود استفاده کنند. این موضوع به‌ویژه در مورد نیروگاه‌های گازی مصداق دارد. ظرفیت عملی عبارت است از بیش‌ترین توان قابل استحصال از یک مولد، با در نظر گرفتن شرایط محل نصب (شرایط آب و هوایی) و محدودیت‌های عملی و فنی (فرسودگی، سوخت و مسایل مربوط به تعمیرات). ظرفیت اسمی حک شده بر روی مولد با توجه به مبانی تئوریک و در شرایط متعارفی محاسبه شده است و نمی‌تواند به صورت قدرت تولید بالقوه لحاظ شود، لذا ظرفیت

---

2 * .) /0 1 $)* +, - '

2- Hydro Electric Plants .

6478 1 $% 39 :); < -= $% ,) = >?5 @96 ; % !A & %/B39 :45

38 C 4?9 > 6

www.SID.ir

Archive of SID

عملی نصب شده در حقیقت همان تولید بالقوه است. قدرت عملی تحت تأثیر عواملی نظیر کم شدن راندمان مولدها، مدت زمان استفاده از آن‌ها، ذخیره کردن مولدها جهت شرایط اضطراری، خرابی بعضی از مولدها و غیره، از رقم حداکثر تولید عملی بیش‌تر می‌باشد، بنابراین میزان تولید پیک را معادل حداکثر تولید بالفعل در نظر می‌گیرند.

در مورد سوخت نیروگاه‌ها باید گفت که در نیروگاه‌های حرارتی، انواع سوخت‌های فسیلی نظیر نفت کوره، گازوئیل و گاز طبیعی به مصرف می‌رسد، در این میان برخی نیروگاه‌ها از دو نوع سوخت بهره می‌برند ولی بیش‌تر نیروگاه‌های بخاری و نیروگاه‌های واحد گازی برای مصارف گاز طبیعی طراحی شده‌اند. گازوئیل در واحد دیزل و برخی از واحدهای گازی برای روشن کردن واحدهای بخاری و نفت کوره تنها در نیروگاه‌های بخاری بزرگ مصرف می‌شود. (مهرابی، ۱۳۷۸)

در ایران و بسیاری از کشورهای جهان سوم بنا به دلایل مختلف، میزان بهره‌برداری از حداکثر قدرت عملی نسبت به قدرت اسمی پایین‌تر است. البته تفاوت‌ها در تمام کشورها یکسان نبوده و به تناسب ترکیب علل یا مشکلات موجود متفاوت است. از اهداف این مقاله، تشریح دلایل این تفاوت در صنعت برق ایران می‌باشد.

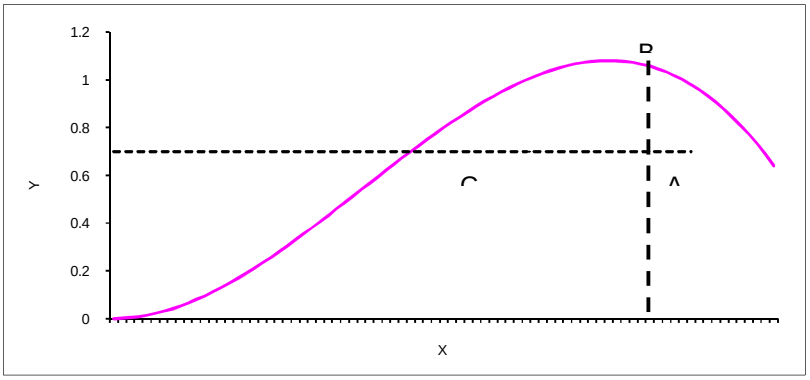
۳- روش تحلیل مرزی تصادفی (SFA)

کوشش‌های اقتصادی انسان همواره معطوف به آن بوده است که حداکثر محصول را با کم‌ترین امکانات و عوامل تولید موجود به دست آورد. این تمایل را می‌توان دست‌یابی به کارایی و بهره‌وری بالاتر نامید. بهره‌وری مفهومی جامع و دربرگیرنده‌ی کارایی است که افزایش آن به منظور ارتقای سطح زندگی، رفاه، آرامش و آسایش انسان‌ها همواره مدنظر دست‌اندرکاران سیاست و اقتصاد بوده است. در اقتصادهای توسعه یافته، روش‌های جدید اندازه‌گیری کارایی، با اتکا به مبانی علمی و روش‌شناختی مناسب و با وجود نرم‌افزارهای رایانه‌ای متعدد، برای محاسبه‌ی کارایی و بهره‌وری بنگاه‌های اقتصادی و رتبه‌بندی آن‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. انجام این امر، راه حل‌های اصولی به منظور ارتقاء و بهبود میزان کارایی و بهره‌وری را به دنبال خواهد داشت. (امامی میبدی، ۱۳۷۹)

www.SID.ir

Archive of SID

0 & , -. / . + !"# $% & ' ( ) & *
13 1 4 +5 6 7 8 1 2/
9 ;" 3 " :. * / . 9 0
. 9 0 ( )> , = 6 . 9 <
6 ? ' *



": . C A D C / B / B @A 9 . + A @A
: A FG + ')H I 9 0 J ? ' + E ,
? T SDPQR K/ L 3 M 9 .K/ - 9 ;"3
6 . 9 0 , "< 8!-' 9 0 J 8!-' (K/ L 3 I
+ ' ? <; K/ , M * : A 1 4 +5
/ M 9)H I
/ U 3 9 I ? T . V M 9 ($
13 SDPQR E -W SDPQR

1- Frontier Function.
2- Farrell .
3- Debreu .
4- Koopmans.

www.SID.ir

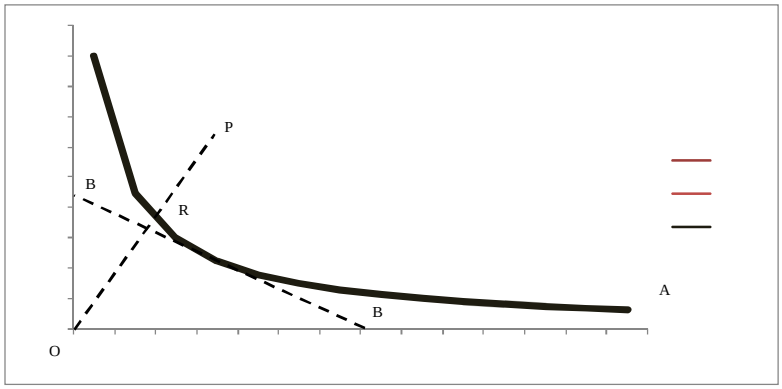
Archive of SID

6 3 9 0 J + E 9 . +

I X# & '

[/ AA > ! 3/ ZG 9 0 AY. >

13 9 I 9 +] - L A 1V: 1 \ 9



^ 1 3 $ V' +5 I .9 0 8 0 P @A M

_OR/OP

I SFA / DEA M 9 K/ / OPR` . H /

* 9 ;" 3 M 9 $ V' S DEA N .9 M & !> K/

T 3)"* & !> / ET S FA N) & !> K/ / M

I , -#

S OPQ R(1 : 3 "3 & * & -' 9 M. 6+5

I 9 , -# 9 0 $ 'Gb ! 3/ < W

+ Y. +)"* 9/ M / U3 OPR 3) (

^ 13 $ V' (, 3 3 "H 3 I 2)"* $ W/ / 8

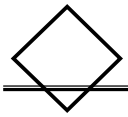
$$Y = \beta X + V - U$$

$$V \sim N(0, \sigma_V^2)$$ ^

1- Data Envelopment Analysis.

www.SID.ir

Archive of SID



U = |U , U ~ N(0, u)

X Y U V

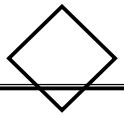
" . -/ % + ,- V *( ) $ % # & ' " # !
8 9:5 ; 1< % # 1=&( ) 33 1. %4 5 4 6 7 %3# 012
*( ) U 4 7@& > " ! A 4 %% + ,- *3& >#+ &?! 4
4 D U *( ) B4) C / " C / U%+,-
* 8 7 8 + F E @ &> " 8 !-! E
&) + U A 4 G ! #( ) ! +-1! A 4 + F E %% 4# +,- 4
* 8 4 N1 -I MLL -!( ) J 5 K" + ! 8 H I&!
+ QML & ' PQ 2 % % 5O % N1 -I -!() J 5 K"
* 3
N1 -I 4 3 B E & ' K" MFAL %4 A 71, K"
* 8 +& B R! %4 A 4 S 7T8& '
" % O % #4 ?&) MFAL %4 71, K"
4) 3 C / SFA K" * 8 4 N1 -I %4 A 7T8 WUIV
" B4) 1. E Y Z5 3 +2 &X % Y+%
*( ) [\3

K" %+,1)"+ P I&3 % # V " W] (/3S 2 5+%@
" + 8) " 1. A -!() J 5 "O
1. A 7T 8 H I&! ?,&I %1#2 W 3 % +Q
$3) &X "O K" ^) 75 N * X W 4O] 1.3
1. 4 *(B # $! MFAL %4 71, K" 3/ 1. A
[F 4 %_ . 3T " "O Frontier4.1 ! 4 ?&) 3 ! "

1- Maximum Likelihood.

www.SID.ir

Archive of SID



] %" 1! W ;# ` 8 %4) 1. 7 4 ?&) W 1 %4)5
*A 3 W 1 7X 5
1. (/3 S F * a& > # (1?1 + 71, & W 1
% # ! O 4 % bcce bccd% #) % +/) 5 V bb]
%_ ! (W4) MEAL%_ ! ,,-N1 f! _O g) 8 V&3 +%1.)
A 3 *( ) 8 % "OA - MLOL %" 1! ,,-N1 W 4)MIAL T O
] (/3 S ,1 ? O %i & 4 V 5 % #B" 1! + h O ,S
+!j) S + 1! W 4) " " 1! 4" g) + () C,&I %)# V
* 8 V&3
( ) " +) %" 1! % ! +) 7 8 8 % "OA- F
* 8 +& B + 5 % # B" 1!] 1. +()
#) N + 8 /1 F 4 B " (?! 71Q"4 B 7 8 ( ) %!
] 1. %+ ,5 M_ L W 1,1 P>5 W 8 5 % & W 1
B" 1! 7< 8 W 3 / P >5 %" 1!*! 8 + & B +
%" 1! F +) &) W T 71. +) N * 8 % 1B4 !
% 3+ @ F % #4 +/) 5 PI&3 % # V 5 % #B" 1! ! >!
8 ?&) > ' S + 4 B " HO] +2% (/3S + h ISIC% 8
% ! W 1 MIVL " a P >5 B" 1! %8 P ! 1. (1 k *()
MIVHL( ) " a P>5 1! 8 1.] % ! &) *# W V! +)
* B W 1
*( ) 1. A 4 S 3 4 1! %4 71, K" % 1B +
D , >! 1. A " ^ BnH 1. A 4 l - $ /. \ " #)
$! " : / 7T 8 " #) 4 f ' + . @ N * 8 ?&)
B ! W 3 + ^ BnH / $3) &X) % # W 4O

1- Input-based Orientation.
2- International Energy Agency.
3- Energy Information Administration.
4- International Labor Organization.
5- International Standard Industrial Classification.
6- Mega Watt.
7- Mega Watt Hour.

www.SID.ir

Archive of SID

a-# # 1=& ^ B mH 1. A \ 4 ?&) 71. *() 8
*3&># /X " @ ;& a.

! "

fo) * 1B X + /. \ V 5 % # B" 1! & nI N
@1 \ + /. \ (! * 8) 5 % # B" 1! p 7
* 1B S +/) 5 PI&3 % # V @1 \ PI&3 % # V

* 1B X 4 V 5 % # B" 1! 3 (->X N
] 1. 4 rq " 5 3 4 &>#&." a-# +! -! 2 5 % # B" 1!
7 F + ;# WO F + 8 N1 s S nI % # B" 1! 4 V
n1 B" 1! &." nI (1T. (5 % # B" 1! N1 *(41 ! ^ &)
N1 4( ) V! " #) 3 7- " 1! 4" %+T 8 4 6 +
+ # B" 1! G ! N ! 4 V! " +! -! . % # B" 1! 5 % # B" 1!
N N-2* 3&># W 8 u >3 5 t ! W ! " \1 (> 4 R5 71.
; 1 > 1! V 5 % # B" 1! 1. 7 4 B" 1! G ! N 1. ;) +
*()
wdxy" wdxqwdxdwdxb) v + h % # %4)Na-# %
" !" 3) % # B" 1! ! ! 1. g #) 4 + # B" 1!
*! 8 9:5 # B" 1! () 4 W B #
4 Eviews5 ! [F 4 $3) &X z %W# 4O " % O)% #
) L E 1S + + 8 " E1Q O% # 1/W 4O 71 X
" # ;1 -/ X K4 % &X " T 1 [\3 % B4) W
mH 1. A + ( ) WO aM1& ' + 3 N1-I " % a1'
5] 1. D ,>! 1. A +> @^ B
mH 1. A "O 4 7 S 5 z* #&! 012 & V % # B" 1!
E - + %" 1! " ( ) +) 3/ 1. % ! d " ^ B

www.SID.ir

Archive of SID

%" 1! % ! P 2 + () WO a! 1 -!() J 5 K" 4 1&!" !
" +) % # 1=& 3 ! N3 (>1! 3/ % O R! 4
*() Ow " A "O *;3 "O ( )

(' $%& !" #
. ,*- *+)

t				
+*,). 0) .* 0-)(0	,)*' ,),.- ,),.(	+*)'(,),(- *) ,'		! "# $ %&!
0),0 *3)*. +.) ((+0)*3	,),03 ,),33 ,) .* ,),(-	,)*,- ,)(2 +,)' +,) .-		1
		(,)0		" 6 ! 4 5

`4 () ^ B mH % 8 4 N1-I

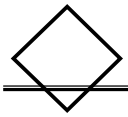
$$\log y_{it} = -1.68 + 0.087 \log K_{it} + 1.06 \log E_{it}$$

W 1 1&!" ! g) %4 1. A % # & ' "O
% * # +Q) % " 1! 4);1- % # 5 " 4 E # 3
wdxbwy % #) F V 5 B" 1! qc % # 4 %4 1. A "O
8 "Ob " B" 1! qc N 3 "O %$1&() 8 ?&)
*()
; X % % #B" 1! + W V! 1&!" ! 4 7S 5 z &!)
% " !4 8 W a3 %B# 1! " 3 N n1 W 1B " V1! ^
wdxb) 4 5 % # B" 1! 3 N1a! *1 3 N ;

1- Decision Making Unit.

www.SID.ir

Archive of SID



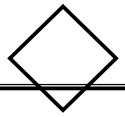
3 n# 1! # B" 1! EE 3) *() +& n# wdxy
+ ( ) WO a! 1{d 3 g) & *3 1 s) % " F
] W 1 W -# #9 n# r | 3! V 5 % # B" 1!
*33 1.

" !

"8# " 9				7	
*0(3	*0(2	*0(0	*0(.		
,)((3	,)/*,	,)/0*	,)/2-	< = : # ;<	*
,)/,-	,)/.(	,)/23	,)/3(	>	.
,)/2/	,)/'*	,)/-,	,)/--	A ;BC ?@!	0
,)/0.	,)/2-	,)/',	,)/'/	D E F 8	2
,)/0,	,)/2'	,)/3(	,)/'(	A <& " G; ;<	3
,)/3,	,)/'.	,)/-*	,)/-(	:	'
,)(33	,)((-	,)/*0	,)/00	" ;< ;G	-
,)(/0	,)/*-	,)/0'	,)/3*	J "6 I! ;<	(
,)/*-	,)/0'	,)/3,	,)/'.	K	/
,)/3.	,)/'0	,)/-.	,)/-/	L MN	*,
,)(/-	,)/.,	,)/0(	,)/30	F 8 6 ;<	**
,)/**	,)/0.	,)/2-	,)/',	L&=	*.
,)/.0	,)/2*	,)/32	,)/'3	O I	*0
,)/..	,)/2,	,)/32	,)/'3	" P ;<	*2
,)/02	,)/2/	,)/'*	,)/-,	A&Q	*3
,)/*-	,)/0'	,)/3,	,)/'.	R S T E	*'
,)/22	,)/3-	,)/'-	,)/-2	;G	*-
,)'(2	,)-2/	,)(,.	,)(2'	: <	*(
,)(2.	,)(--	,)/,2	,)/.'	: <	*/
,)/.,	,)/0(	,)/3.	,)/'0	;<&	.,
,)(/(	,)/.*	,)/0/	,)/30		.*

www.SID.ir

Archive of SID



"8# " !				7	
*0(3	*0(2	*0(0	*0(.		
,)(-'	,)/,2	,)/.'	,)/20	O UM : ;<	..
,)-(,	,)(.(	,)("	,)(/'		.0
,)/,.	,)/.2	,)/2.	,)/33	W 8 ; V	.2
,)(//	,)/..	,)/2,	,)/32		.3
,)(-.	,)/,*	,)/.0	,)/2*	A <	.'
,)/03	,)/3,	,)/'.	,)/-*	" <	.-
,)/,,	,)/.0	,)/2,	,)/32	A #&C	.(
,)/./	,)/23	,)/ 3(	,)/'-	A :	./
,)/32	,)/'2	,)/-0	,)/-'	K E	0,
,)/23	,)/3(	,)/'(	,)/-3	Q	0*
,)(//	,)/..	,)/2,	,)/32	A : 9	0.
,)3-2	,)'33	,)-.3	,)-(0	A X89	00
,)(/.	,)/*'	,)/03	,)/3,	A 9	02
,)/22	,)/3-	,)/'-	,)/-3	A	03
,)/3'	,)/"'	,)/-2	,)/(,	A@ 7	0'
,)/',	,)/'/	,)/--	,)/(.	D	0-
,)/3/	,)/'/	,)/-'	,)/(*	& G	0(
,)/3(	,)/'(	,)/-3	,)/(*	L #	0/
,)/'3	,)'-0	,)/-/	,)/(2	&%	2,
,)/,.	,)/.0	,)/2,	,)/32	K X	

C / u v " = u/v S + 3 ! + & '

8 E ! ?S + @ +v # X E " ?S N1 -# 8

" (8 # + 4 4 ! 7 % n1 ;) . -/

+ ( ) WO a! 1 8 E ! E + % 8 "O @ +v # fT

www.SID.ir

Archive of SID

( ) } & + 4 4 ! 7 4 %D ;) 3 !
@ V 5] 1. 3 ! "O Mwdxb 8 B L
4 8 ! 4 4 ! 4xq l @ #W V! + O () + qxq " 5
*() 3 !
( ) O " -!( ) J 5 A "O 4 + % a & '
@ + N + + *8 M W 4 1=&1 s a! VL
] 1. 3 ! + (B +$1&W M mb|L() ?3
* n + 7 - W 4 F 5

! N p 7 " A 3) " 2 # a3 3 ! "
% 1 L 3 T8O 7 N g %(#1) 5 F (
7 W 3+ B" 1! ( ) G ! " B" 1!) 7 N Mw{{x
4 4 5 B" 1! # + WQ4* ! 8 / :B 1 s
% 3 ?&)] 1. % /1 F 4 B " (?! 71Q"4#B)%
Mwd|w $B 8 ?&) # % # 1=& 4 7@&> % # 1=& N 012
4 ! p 7 N1-I % % 3V1'

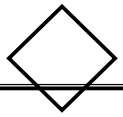
E = + SIZE + DF SIZE + DF SIZE + DF SIZE

( ) B w @DF 1=& 8 71Q"4 B 1B" ( ) B
DF 8 (?! B" 1! ( ) B " w @DF 8 /1 F 4 B
* 3 1& w @
" a 5 " P >5 + () 8 P ! % 1. (1 k SIZE 12 1=&
@ ;& a. S +SIZE 1 2 1=& @ 8 % 1B4 ! MVL
*() # B" 1! %8 P ! (1 k /X "
*M E w # W V! #B" 1! 31-I 3 Ê %+&> " 1=&

1- Emami Meibodi.
2- Dummy Variables.

www.SID.ir

Archive of SID



H I&! 4 / 7T 8 1&!" ! g) % 3V1') 4 f'

`() B

$\hat{E}$ = -4.025 + 0.838SIZE -0.246 DF SIZE+0.386 DF SIZE - 0.147 DF SIZE
(1.75) (-2.99) (2.34) (-2.64)
=70.05%

R! 4r{y " 5 -&5) 1=& P 2 -# W V! 1 %+\
n + 5 % # B" 1! %8 P ! (1 k n " 3/ % O
( ) 9 + WO 4 W V! # % # 1=& 2P @* $! 3
9 " 8 5 % # B" 1! 3 n# P) (?! " 71Q"4 B
4 % O %U#8 " # & ')* 3 /1 F 4 B ( )
+ # W V!R @*! X . X 7 X 0\) R "t % O 71 X
C / 1 2 % # 1=& -%1)"+ 3 11= 4r|c ! :
*# 012 8

J 5 "O K" %,1)"+ PI&3 % # V 5] (/3S 3
K" ^) + ,5 N * 8) " 1 . A -!()
*(B # $! 1&" ! E- + " MFAL 1. A $3) &X "O
W T 5) % # V + () N K H I&! 3
H I&! (+/) 5 % # V + -$ *38 W V V g 8
*! 8 n3 B V bb(! " +& B X R! P) 3 % # V
% &X -%3 4 # V N + ( ) 8 /) # V H I&! +v B
W 3v 1< " % &X+ @%3 + V " 38 +&8 W + V
%_ . 3T I @ W % + -# 51] 4 # I! 4+).s>
5] C,&I W B 3 1. W 1 ! 3v T _ . 3T 9 & " % 5 "
M Q_ %& >#%_ ! +! " ,1> (%) 4 8 &) 5]
* 8 -! +R5
4 f ' C ,&I % # V 5 % # B" 1!] 1. W 1 + h O
% #) % " ( ) " P >5 " 8 7 ! >T 5 " + %A'O

www.SID.ir

Archive of SID

7 + h O N*() +& B X ?&)) N bcce bccd
7T1) " . % I %4 B % B#" 1! 3/ 5 % # B" 1! 4] 1.
A 3 S 7< 8 73) ' / %" 1! %% *8 V # 1
: %+.) q% " > ' S + PI&3 % # V 4 B " HO]+2%
V bb 5] % # B" 1! %8 P ! (1 k *() 8 +& B R!
*( ) 8 % "O B " a1B P >5 bccdm ! 4 % " F +/. \
W>T 5 " + %A'O 4 f' 1! # B" 1! %_ ! W 1 + h F
+& B + PI&3 % # V 3 j n$3) (" 8 7 "_
*() 8
" "O [1@ % #4 ?&) D ,>! " ^ BmH 1. A
N1 1 $3) &X %W#4O 4 ?&)W%+> @ 7S 5 z &! 4 ?&)
*() 8 n3 B ^ B mH P) 3 A 01 S
3/ 1. % ! d " ^ B mH 1. A "O 4 7S 5 z &!
J 5 K" 4 1&!" ! E - + %" 1! " ( ) +)
(>1! 3/ % O R! 4 " 1%% ! P 2 + () WO a! 1 -!()
"O * 8 "O ( ) " +) % # 1=& 3 ! N 3
*() 8 "O d " A
W 1 1&!" ! g) ^ B mH %4 1. A % # & ' "O
* # +Q) % " 1! 4)1- % # 5 " 4 E # 3
3 % @ O % . % # qV" F + +
) +> @ %n1 3 4) % " F +) " K a3
5] 1. \X " W &>3 % # V @ *! # V
W 5 % #B" 1! *! +&8 +> @ @ 3 N ;
e{de "e{dd e{dc e{b| P 1 + Mccd m) % #) F
+& 8 S edb " 5 % 8 +!j) g) & F + + () 8 +)
% " N F) % # V 5] 1. 3 N1a! 1*()
( ) ; N1-# W V g) & 4 + S {w-| +.)q

www.SID.ir

Archive of SID

^ > ! % !" 3 3 V 5 % # B" 1! N 3
*() 8 !
% # V] 1. 3 ! r xd a! V! œxd 3 ! g) &
r{w| % +! -! 2 5 % #3 +*() +/) 5 PI&3
;# 4 " % r{d wy g) & W 5 % #B" 1! 3&>#3
*! P> +! -! 2 5 % # V N1
+/) 5 P I&3 % # V 5] 1. 3 ! "O
4 ! 4rxy l @ # W V! + () O () + œxy " 5 @
*() 3 ! 4 8 ! 4
O " -!( ) J 5 N1 -I " A "O 4 + % a & '
(J ." Ev % @ 5] 1. + N + + *8 ()
5] 1. 3 ! + (B +$1 &! W M œqyL()
+ & B $! % 3 + ! n# !" 3v # n# + 7 -W 4 F
*()

($ %&' !" #
-+,, *)

t				
,/*")	'*).	,+*"()		
/*)0	'*.+	'*)+		!
)*+1	'* ..	'*)-		"# $ %&!
+*'3	'*1.	'*0/		2
(*-+	'*3-	'*()		
, .*-+	'*10	, '*/-		
'*)3	'*-0	'*/)		
		0/*1		" 6 ! 4 5

www.SID.ir

Archive of SID

($ / !" 01 " 2345 (" 6 5 .
-+,, *)

"9# " {				&7{	
+"0	+")	+"/	+"1		
' *3+)	' *3+-	' *3.3	' *3.)	: ;	.
' *30-	' *30'	' *3)3	' *3)-	< =>9	+
' *3.+	' *3'(	' *3'/	' *3"	: ?	1
' *3..	' *3'-	' *3'1	' *(33	9	/
' *30.	' *3)3	' *3)-	' *3))	@	)
' *31(	' *311	' *31'	' *3+-	A	0
' *3-3	' *3-(	' *3--	' *3-0	@B	-
' *31+	' *3+3	' *3+0	' *3+1	D @C	(
' *31)	' *31-	' *3+3	' *3+(	A E8	3
' *3)(	' *3)0	' *3)/	' *3)+	9F	.'
' *3+(	' *3+)	' *3+.	' *3.(	= @	..
' *(1.	' *(+/	' *(.0	' *('3		.+
' *03(	' *0()	' *0-1	' *00.	A E9	.1
' *3//	' *3/.	' *313	' *31(	"F C	./
' *(' .	' *-31	' *-()	' *--0	HI	.)
' *30.	' *3)3	' *3)-	' *3))	8 5	.0
' *3(/	' *3(/	' *3(1	' *3(+	$	.-
' *3/-	' *3/)	' *3/+	' *3/'	J	.(
' *3'/	' *(33	' *(3)	' *(3.	A EKB	.3
' *3/3	' *3/0	' *3//	' *3/+	!	+'
' *30-	' *30'	' *3)3	' *3)-	&!	+.
' *3-'	' *30(	' *30-	' *30(	" &9L #	+-
' *3++	' *3.3	' *3.)	' *3.+	: >	

www.SID.ir

Archive of SID

qc 3 @ %) " % 1B4 ! % 3) N % #+&
W + V+%) 5 V bb 5 % # B" 1! " V 5 B" 1!
" 7 " 5] %_ ! 1. 3 + h O R3 N *8
) 4 3/ +.) q% " E : % # a3 % WO 4 1! %# 1
" "O R3+ *() 8 +& B +M% 1 bcce bccdLwdxy wdxb
N- 2 " ?&)MFAL %4 71, K" 4 3 @+%)
$! 3 1/ ^) # a3 % 3 3 @ %)
5] 1. " @ %+) + N + + *(B
+ D , >! " ^ B m+H %4 1. A (1-# 1! / 7T8
W 4O " 1&!" ! 4 7 S 5 z &! ^) + ! 8 "O $ S
^ B m+H A (! A # ?&) % # 1=& + % #+12
*8 U1IV P) 3 R3 N %
3 # B" 1! ( ) G ! ") 1 sW T) R3 +
4 7 S 5 @ -# + F O " F V 5] 1.
*(B X ?&) : % " % 1&!" ! "
` 8 W 1 4 • 8 +) N z &! "+& G -$
% #) % +, S V 5 % #B" 1!] 1. 3 g) &
] 1. 3 g) & *() O () + S {d / wdxy wdxb
bccd % #) % +,S +/) 5 PI&3 % # V 5 % #B" 1!
3 g) & + *() O () + S {w+| / % 1 bcce
" ( ) # V N G -$ g) & 4 n1 N F W 5] 1.
] 1. +/) 5 PI&3 % # V +> @W 5 % #B" 1!
B" 1qc 3 "O 5 N *! 7- >! F + 5
E T WO n# a! w1dxy wdxb% #) % +, S V 5
{y +q| 4 V 5 % # B" 1! 3 g) & " N F () # B" 1!
% # B" 1! V 5 % #B" 1! N1 *(4 +& n# S {c +o + S

www.SID.ir

Archive of SID

" !4 8 W&3 % #B" 1! " 3 N n1 W 1B " V1! ^ ;X %
*3&># 3 N ; %
5 P I&3 % # V] 1. 3) 4 7S 5 z &!
W 3 +()) % # V 3 >! B 3 ' a! 1 %+/)
% 3 7X 5 MS {xL V % 3 J 5 J
7 X 9 & @ " N (+) O ( ) + MS e|LW &>3 V
3 4) % # V) E " 5 N " *! %+R5
W & >3 " ' 3# LN1v M3 g) & L S {w4 ;
/ a W 1 *() "O %j 1/ 9 ! a! V! +$1&W &> . " \X
V5 9 & (N 4 g) & 5 4 N1 ' 3 % # V " /
*8 +/. \ 7 X % WO 7 j + ! +! -! + V % # V
P ! (1 k + 3 W 1 # B" 1!) n@!) " "O
5 % # B" 1! %8 P ! (1 k n G -$ 8 W V! 8
[\3 G 2 N + +& 8 % 3/ " (J 3 V
%a 1=& V 5 % # B" 1! ( ) G ! *() B4) 1! % &X
" 7 1Q"4 B ( ) + () WO a! 1 3 WO) + ()
n P) /1 F 4 B ( ) " n# 3 (?!
* 8 5 % # B" 1! 3
# B" 1! %8 P ! (1 k n 1 s 1&!" ! % # "O z &!
,& > N * 1 s 5 % # 5 " 3 (
7T V *( ) 5] 1. (/3 S (?a3# %4 " . %% :B+)
. A 3 - W %+& V1' " +&/) % # V &5] (/3S ,S
W a-# + \ 8 7€/ N *() WO 4 1! +% #) + 7 X ;$5 "
! R!] ? W+!% B % C k" 4 N&) " (." ;$5 " / n#
] " K" S nI + # B" 1!) 4 VI % :B*"3 , n1
" # V) . W " (V 4 ?&) " % T-# " 1! g)4" (V

www.SID.ir

Archive of SID

• 5 (BOT % # X @ 1R! N1 s N ! % " 4 ?&)
*8 +31 4 N p X +,- 4 !] % # B" 1!
" 1B $! S % #() 1) ^) # B" 1! ( ) G ! N11/
#( ) N % # . ! + + 5 % # 5 " ( ) G !
" # B" 1! ( ) (1/ 2" + h O " F *() (1-# %
3 " ( ) G ! " W 1 V % - 9) WO % > @
"] (/3 S ,1 ? % # ! O " F N O 4 +& B 5 % # 5 "
%_ ! 9 %4) 31 % # 2 4 3 8" V %_ ! % !4
" %_ ! 9 %4) 31 " • S %1)" +*# () + V % # B" 1!
n# j 9 # + W # B" 1! % # 5 " W n (X
" ,1 > % #( ) S W n (> 4 g1 ,?5 " ( ) 9
*(() , 9 n# [F 4] 1. (1 k n
" #WO) 3 # 4 + + 1 7T1) " %4 B %B# 1! %)
%4 B % B# 1! " 4 B 4 ?&) " 1 7T1) + %4 B %1#7
* $! # B" 1! n + % I N1 (5 " HO 1. %
W ( ) @ W -# 1 7T1) + %4 B %B# 1! 7
* 1. n1] " a # e " 5

" 1! 4"wdxy"wdxqwdxdwdxb% #) V] (/3S ,1 ? O
*1! W 4)

% >)p W % " " % 1B4 ! S Nwd|{ l{, % 1
*! B 4 %n#"„' " /. \

wdxe"wdxywdxqwdxdwdxb% #) % V % " 1# % !4
*%_ ! ,,-N1 /. \ % >)p

1- Build-Operate-Transfer.

www.SID.ir

Archive of SID

`• F % $ Mwdxq wdxcmwqcc% " F] 9 " 1. 4 ! ;Vv
aV! % "N " n#"„' (!" /

] % #(>' " # B" 1! 1 $ 4 % " %4 ! Mwd|y Lf2 'u
*! V&! W

W] (/3 S @1 \ ) Mwdxb L 2 - 8 B
+ aV! &X %TV! 8) 38 %+ !W 'W PI&3 % # V
* F F

W $3) &X ! Mwd|wLf -V 1-5 & %- f $B
*W aV! V&!

" + ! W 4 Mwdey L WO 1 $ ( ) " . "] (/3S K B
*+

" ONW%4 B " % LI 5 % # B" 1!) Mwd|xL ^
) 38 %+ ! W ' # V8 ' 71, K" E- +] A 4 %#(8
* F F + aV! &X %TV! 8

K" + V 5 % # B" 1! 3 % 1B4 ! Mwdxx L ,1. W 1!
+/) 5 PI&3 % # V @1 \ +% @ MFAL %4 71,
*W aV! &X aV! 8) 38 + %W '

*W] %" 1! &XWwdq{LW 13F"

Emami Meibodi, Ali; (1998), Efficiency Considerations in the Electricity Supply Industry: The Case of Iran, PhD Thesis, University of Surrey, U. K.

Farrel.M.J; The Measurement of Productive Efficiency, Journal of Royal Statistical Society, Series A, 120,Part3, pp81-253

www.SID.ir

Archive of SID

Measuring the Technical Efficiency of Iranian Power Plants Using Stochastic Frontier Analysis (SFA) and Comparison with Selected Developing Countries

Hamid Abrishami
Professor, Faculty of Economics, University of Tehran, abrihami @ut.ac.ir
Leili Niakan
MA in Energy Economics, Faculty of Economics, University of Tehran, leili.niakan@yahoo.com
Received: 2010/01/17 Accepted: 2010/04/20

Abstract

Thermal power plants as major electrical producers of energy in Iran use different inputs such as Fuel, Labor and Capital. This article assesses the technical efficiency of 40 Iranian thermal power plants from 1382-85 and analyzes factors affecting it by using the Stochastic Frontier Analysis (SFA) method and then compares comparison it with technical efficiency in thermal power plants of 22 selected developing countries.

The results indicate that the average technical efficiency of plants is 93% and increases with higher installed capacity and change of fuel consumption from gasoline and fuel oil to natural gas. Overall, the highest technical efficiency belongs to combination cycle plants using natural gas. Between the years 2003-6 the average technical efficiency of similar power plants in 22 developing countries is 91.7%, which is lower than the technical efficiency of Iranian thermal power plants in the same period.

JEL Classification: O30, O57.

Key Words: Technical Efficiency, Thermal Power Plant, Stochastic Frontier Analysis, Comparative Comparison.

www.SID.ir