مجله دانش و توسعه (علمی - پژوهشی)، شماره ۱۶، نیمه اول سال ۱۳۸۴

تعیین رابطهٔ مناسب بین نهاده ها و ستاده ها در شرکتهای توزیع برق ایران

دکتر علیرضا معینی*
دکتر مصطفی کاظمی**
دکتر محمدجواد اصغرپور***

چکیده

با به کارگیری منابع گوناگون در واحدهای تصمیم گیری مشابه، ستاده های مختلفی تولید می شوند و اندازه گیری کارآیی در این گونه واحدها مستلزم ایجاد رابطه ای مناسب بین کلیه ورودیهای مؤثر و قابل توجه و خروجیها و محصولات واحدهاست. یکی از روشهای مناسب در تعیین بهره وری و کارآیی روش تابع تولید است. برای تخمین تابع تولید از دو رویکرد پارامتری و ناپارامتری استفاده می شود. در این رویکردها و نیز سایر روشهای اندازه گیری کارآیی توجه به عوامل نهاده ای و ستاده ای مؤثر و متناسب اهمیت ویژه ای دارد.

در این مقاله پس از مروری بر مطالعات انجام شده در زمینهٔ تعیین کارآیی شرکتهای توزیع برق در جهان و نگاهی به عوامل نهاده ای و ستاده ای در این مطالعات، روشی برای تعیین عوامل نهاده ای و ستاده ای مؤثر و متناسب در کارآیی شرکتهای توزیع برق در ایران ارائه شده و عوامل مهم تعیین گردیده است. پس از آن به تعیین روابط مناسب بین نهاده ها و ستاده ها در شرکتهای توزیع برق در ایران پرداخته شده است.

واژه های کلیدی: کارایی شرکتهای توزیع برق، نهاده ها و ستاده های شرکتهای توزیع برق، تحلیل مؤلفه های اصلی، توابع تولید خطی و غیرخطی، برآورد توابع تولید، مقادیر باقی مانده.

---

*استادیار دانشکدهٔ مهندسی صنایع دانشگاه علم و صنعت ایران
** استادیار دانشکدهٔ علوم اداری و اقتصادی دانشگاه فردوسی مشهد
*** دانشیار دانشکدهٔ مهندسی صنایع دانشگاه علم و صنعت ایران

مقدمه

با توجه به این که انواع محصولات در واحدهای تصمیم گیری[1] نتیجهٔ به کارگیری انواع منابع هستند باید سیستم اندازه گیری کارآیی شامل ورودیها و خروجیهای چندگانه باشد و بین کلیه و رودیهای مؤثر و قابل اهمیت و محصولات واحدهای مناسبی برقرار نماید. عوامل نهاده ای و ستاده ای باید متناسب، مرتبط، دقیق و قابل اندازه گیری باشند.

کارآیی از دید سیستمی ارتباط بین ورودیها و خروجیها را مشخص می سازد. به طور کلی، بهره وری نشان دهندهٔ میزان کارآیی ترکیب عوامل در فرآیند تولید است. در روش مهندسی صنایع، بهره وری عبارت از رابطهٔ بین مقادیر خروجی یک سیستم و مقادیر ورودیهای همان سیستم است. یکی از روشهای محاسبهٔ میزان بهره وری واحدهای تصمیم گیری مشابه، روش تابع تولید است. تابع تولید حداکثر میزان خروجیهایی را که از ترکیب ورودیها به دست می آیند، نشان می دهد. اگر تابع تولید معلوم باشد، محاسبه بهره وری می تواند نسبت به مرز تولید صورت گیرد اما در عمل معمولاً تابع تولید در دسترس نیست بلکه مجموعه ای از مشاهدات شامل خروجیها و ورودیهای متناظر در دسترسند. بنابراین برای محاسبهٔ بهره وری باید تابع تولید تجربی را تخمین زد. هرچه ورودیها و خروجیها دقیقتر انتخاب شوند تابع تولید تجربی حاصل شده متناسب تر بوده و محاسبه کارآیی بر اساس این تابع تولید از دقت بیشتری برخوردار خواهد بود. برای تخمین تابع تولید تجربی دو روش پارامتری[2] و ناپارامتری[3] مورد استفاده قرار می گیرد. در روش پارامتری تابع تولید به عنوان پیش فرض در نظر گرفته می شود در این روش باید شکل صریحی برای تابع تولید در نظر گرفت. روش تحلیل پوششی داده ها یک روش ناپارامتری است که واحدهای تصمیم گیری را با این فرض اولیه که واحدهای تصمیم گیری تحت بررسی ورودیهای مشابه را برای تولید خروجیهای مشابه به کار می برند، ارزیابی می کند. در هر دو نوع مدلهای پارامتری و ناپارامتری توجه و دقت در تعیین ورودیها و خروجیهای مؤثر واحدهای تصمیم گیری مشابه ضروری و لازم است. اگر عوامل نهاده ای و ستاده ای غیر مؤثر و نامناسب باشند محاسبهٔ شاخصها و نتیجه گیریها و نیز برنامه های اصلاحی متأثر از تحلیل این شاخصها نیز ناصواب خواهند بود.

در این مقاله پس از مروری بر مطالعات انجام شده در زمینهٔ محاسبهٔ کارآیی شرکتهای توزیع برق

1) Decision Making Unit (DMU) 2) Parametric Method 3) Non Parametric Method

روشی برای تعیین عوامل تأثیر گذار در شرکتهای توزیع برق ارائه می گردد. پس از آن با استفاده از نتایج تحلیل مؤلفه های اصلی و متغیرهای نهاده ای تعیین شده، به مقایسهٔ روابط گوناگون بین نهاده ها و ستاده ها پرداخته شده است.

مطالعات انجام شده

در مورد تعیین کارآیی شرکتهای توزیع برق با استفاده از روشهای پارامتری و غیر پارامتری توسط افراد نام برده در زیر کارهایی انجام شده است:

ویمن و جونز[1] (۱۹۹۲)، جارلمارسون[2] و ویدر پاس[3] (۱۹۸۵)، پولیت[4] (۱۹۹۵)، پاردینا، راسی و رازیر[5] (۱۹۹۹)، جاماسب و پولیت[6] (۲۰۰۱) مؤسسه IPART[7] (۱۹۹۹)

در هر کدام از مطالعات یاد شده یک یا چند مورد از عوامل نهاده ای، ستاده ای زیر از جمله عوامل تأثیرگذار در کارآیی شرکتهای توزیع برق در نظر گرفته شده اند.

- **عوامل نهاده ای**

  - تعداد کارکنان
  - اندازه شبکه[8]، طول شبکه بر حسب کیلومتر
  - ظرفیت شبکه[9]، (بر حسب MVA)
  - خطوط ولتاژ بالا (کیلومتر)
  - خطوط ولتاژ پایین (کیلومتر)

- **عوامل ستاده ای**

  - فروش داخلی[10] (خانگی) (Kw/h)
  - فروش تجاری (Kw/h)
  - فروش صنعتی (Kw/h)
  - تعداد مشتریان
  - ستاده ولتاژ پایین (MV/h)
  - ستاده ولتاژ بالا (MV/h)
  - تعداد مشترکان ولتاژ پایین
  - تعداد مشترکان ولتاژ بالا
  - قلمرو خدمات (کیلومترمربع)
  - کل انرژی تحویل شده (GWh)
  - طول شبکه (Km)

1) Weyman - Jones (W-J) 2) Hjalmarson 3) Veider pass 4) Politt
5) Martin Rodriguez Pardina, Marin Rossi and Christian Ruzzier 6) Jamasb and Politt
7) Independnet Pricing and Regularity Tribunal 8) Network Size 9) Transformer Capacity
10) Domestic Sales (kwh)

عوامل نهاده ای و ستاده ای در شرکتهای توزیع برق در ایران

بر اساس آمار تفضیلی صنعت برق در ایران در سال ۱۳۸۰ در مرحلهٔ اول برای هر کدام از شرکتهای توزیع برق پنج عامل نهاده‌ای و یازده عامل ستاده ای مشخص گردیدند. مقادیر عوامل مزبور برای سال ۱۳۸۰ می باشد و تعداد شرکتها ۳۹ شرکت توزیع هستند، به عبارت دیگر تعداد واحدهای تصمیم گیرنده مشابه، ۳۹ واحد می باشند.

عوامل نهاده ای هر شرکت توزیع برق در سال ۱۳۸۰ موارد زیر را شامل می شوند:

X_1 = تعداد کارکنان متخصص (دارای مدرك فوق دیپلم و بالاتر) در شرکت

X_2 = تعداد کارکنان (دارای مدرك دیپلم و پایین تر) در شرکت

X_3 = طول خطوط توزیع فشار متوسط (کیلومتر) در محدودهٔ شرکت

X_4 = طول خطوط توزیع فشار ضعیف (کیلومتر) در محدودهٔ شرکت

X_5 = ظرفیت نقاط انتقال (MVA) در محدودهٔ شرکت

عوامل ستاده ای هر شرکت توزیع برق در سال ۱۳۸۰ شامل موارد زیر می باشند:

y_1 = میزان فروش انرژی برق برای مصرف خانگی (×۱۰۰۰Kw/h)

y_2 = میزان فروش انرژی برق برای مصرف عمومی (×۱۰۰۰Kw/h)

y_3 = میزان فروش انرژی برق برای مصرف تولید کشاورزی (×۱۰۰۰Kw/h)

y_4 = میزان فروش انرژی برق برای مصرف تولید صنعت و معدن (×۱۰۰۰Kw/h)

y_5 = میزان فروش انرژی برق برای مصرف تجاری (×۱۰۰۰Kw/h)

y_6 = میزان فروش انرژی برق برای مصرف روشنایی معابر (×۱۰۰۰Kw/h)

y_7 = تعداد مشترکان خانگی در محدودهٔ شرکت توزیع برق

y_8 = تعداد مشترکان عمومی در محدودهٔ شرکت توزیع برق

y_9 = تعداد مشترکان کشاورزی در محدودهٔ شرکت توزیع برق

y_{10} = تعداد مشترکان تولید صنعت و معدن در محدودهٔ شرکت توزیع برق

y_{11} = تعداد مشترکان تجاری در محدودهٔ شرکت توزیع برق

عوامل نهاده ای

نمودار (۱) رفتار عوامل توضیحی (متغیرهای مستقل) X_1 تا X_2 را در مقابل هم نشان می دهد. به

لحاظ گرافیکی مشاهده می شود که عوامل نهاده ای در مقابل هم رفتار خاصی از خود بروز نمی دهند. به لحاظ کمی نیز جدول (۱) میزان بستگی بین هر دو عامل را نشان می دهد که ارقام چندان بالایی نیست. برای اطمینان بیشتر از وجود همخطی قابل تحمل بین ۵ عامل نهاده ای از معیار VIF [1] استفاده می کنیم.

معیار VIF برای تعیین میزان هم خطی به صورت زیر تعیین می شود:

$$VIF_i = \frac{1}{1 - R_i^2} \qquad (1)$$

اگر مقدار VIF بزرگتر از ۱۰۰ شود بدان معناست که R_i^2 (ضریب تعیین ترکیبی) بسیار بالا بوده و نشان دهندهٔ آن است که عامل X_i توسط سایر متغیرها قابل تعیین بوده و به وسیلهٔ ترکیب خطی از آنها قابل محاسبه است، یعنی نیازی به حضور X_i در مجموعهٔ عوامل نهاده ای نیست؛ به عبارت دیگر عامل X_i وابسته به سایر عاملهاست و نسبت به آنها مستقل نیست. به طور کلی مقدار VIF بیش از ۱۰۰، اعتبار متغیر را به عنوان متغیر مستقل زیر سؤال می برد. مقدار VIF بین ۱۰ تا ۱۰۰ قابل تحمل است و مقدار کمتر از ۱۰ برای نشان دادن استقلال یک متغیر و عامل از سایر عاملها خوب است. مقادیر R^2 و VIF_i برای هر کدام از عاملها نسبت به ترکیب خطی از سایر عاملها به شرح زیر است:

$X_1 \sim X_2 + X_3 + X_4 + X_5$ ، $R_1^2 = ۰/۵۶$ ، $VIF_1 = ۲/۳$

$X_2 \sim X_1 + X_3 + X_4 + X_5$ ، $R_2^2 = ۰/۹۰۶$ ، $VIF_1 = ۱۰/۶$

$X_3 \sim X_1 + X_2 + X_4 + X_5$ ، $R_3^2 = ۰/۷۲$ ، $VIF_3 = ۳/۶$

$X_4 \sim X_1 + X_2 + X_4 + X_5$ ، $R_4^2 = ۰/۶۵۸$ ، $VIF_4 = ۲/۹$

$X_5 \sim X_1 + X_2 + X_3 + X_4$ ، $R_5^2 = ۰/۸۳۵$ ، $VIF_5 = ۶/۱$

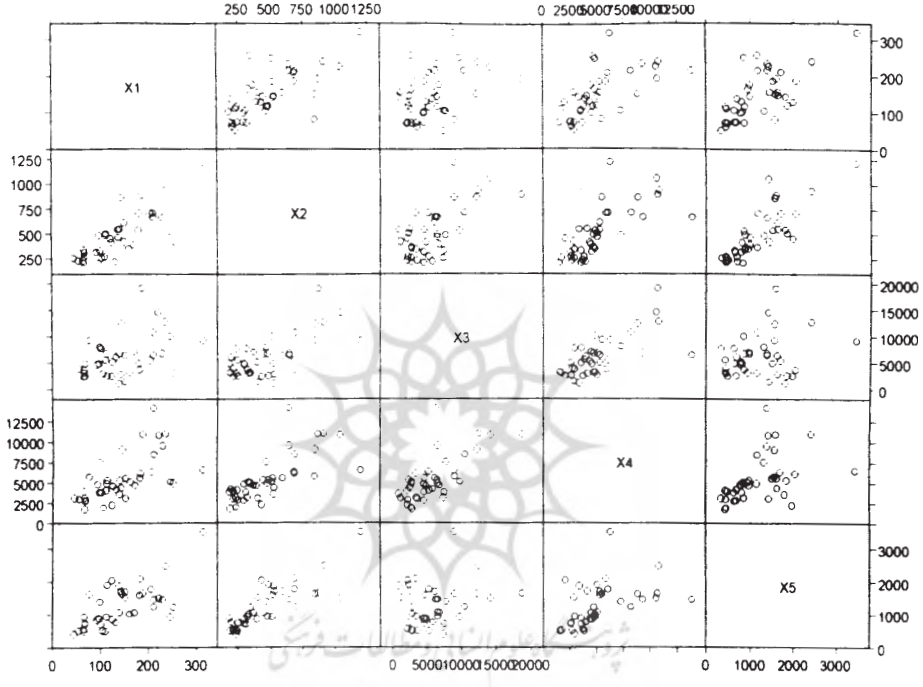
ملاحظه می شود که ضریب تعیین R_i^2 و نیز VIF_i برای هیچ کدام از عوامل نهاده ای به مرحلهٔ بحرانی نرسیده و مشکل هم خطی وجود ندارد. زیرا مقدار VIF برای تمام عوامل در حد خوب واقع شده است. این امر نشان می دهد که ترکیب خطی مناسبی برای ایجاد هر کدام از X_i به وسیلهٔ چهار عامل دیگر وجود ندارد. به عبارت دیگر متغیرهای X_1، X_2، X_3، X_4، X_5 متغیرها یا عوامل مستقل هستند و در نظر

1) Variance Inflation Factor

گرفتن همه آنها به عنوان عوامل نهاده ای در هر مدل ارزیابی بهره وری لازم و ضروری است .

عوامل ستاده ای

برای تعیین عوامل ستاده ای مؤثر و مفید از آنالیز مؤلفه های اصلی استفاده می کنیم . تعداد عوامل ستاده ای که اطلاعات و آمار آنها گردآوری شده است یازده مورد (y_1 تا y_{11}) می باشند .



نمودار (۱) رفتار عوامل نهاده ای X_1 تا X_5 نسبت به همدیگر

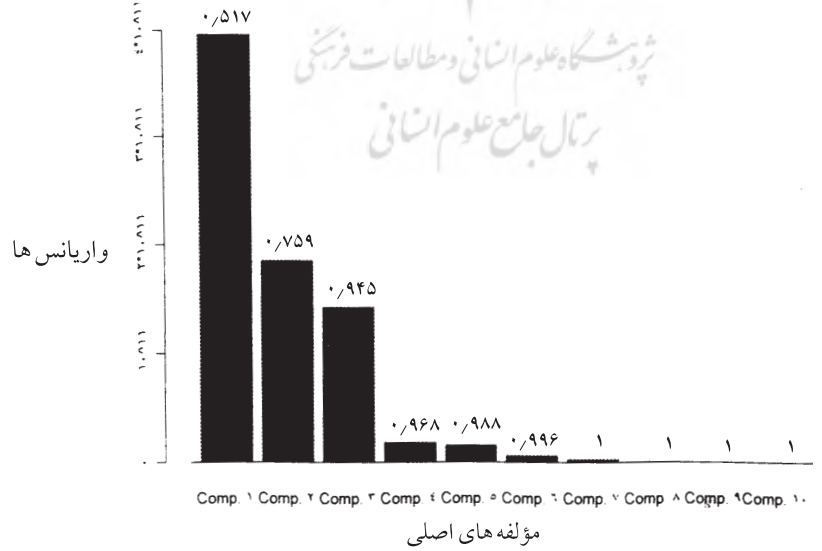
جدول (۱) همبستگی عوامل نهاده ای

x_i / x_i	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
x_1	۱	۰/۷۰	۰/۴۱	۰/۶۲	۰/۶۶
x_2	۰/۷۰	۱	۰/۶۶	۰/۷۳	۰/۸۲
x_3	۰/۴۱	۰/۶۶	۱	۰/۷۰	۰/۲۵
x_4	۰/۶۲	۰/۷۳	۰/۷۰	۱	۰/۴۵
x_5	۰/۶۶	۰/۸۲	۰/۲۵	۰/۴۵	۱

جدول (۲) و نمودار (۲) نتایج آنالیز مؤلفه های اصلی را نشان می دهند .

جدول (۲) عوامل ستاده ای و مؤلفه ها

مؤلفه اصلی / عامل	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱
y_1	۰/۶۱۷	۰	۰/۵۸۲	۰/۵۰۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
y_2	۰/۲۹۷	۰	۰/۲۶۷	-۰/۷۱۵	-/۵۱۳	۰/۲۲۴	۰/۱۲۰	۰	۰	۰	۰
y_3	۰	۰/۹۵۹	-۰/۲۳۴	۰	۰	-۰/۱۰۳	۰	۰	۰	۰	۰
y_4	۰/۶۹۶	-۰/۲۱۰	-۰/۶۸۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
y_5	۰/۱۳۰	۰	۰/۲۱۱	-۰/۴۰۸	۰/۳۸۸	-۰/۷۶۵	۰	۰/۱۲۸	-۰/۱۰۶	۰	۰
y_6	۰	۰	۰	۰/۱۷۳	۰/۲۴۴	۰/۳۲۷	-۰/۸۹۰	۰	۰		۰
y_7	۰	۰/۱۶۴	۰/۱۵۹	-۰/۱۶۶	۰/۶۹۲	۰/۴۸۵	۰/۴۱۳	۰/۱۰۷	۰		۰
y_8	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۴۸۵	۰/۸۷۳	۰	۰
y_9	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	-۰/۹۱۴	۰/۴۰۴
y_{10}	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	-۰/۴۰۳	۰/۹۱۴
y_{11}	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۸۹۵	۰/۴۶۸	۰	۰



نمودار (۲) نمودار اهمیت نسبی تجمعی مؤلفه های اصلی

نمودار (۲) نشان می دهد که سه مؤلفه اصلی ۱ و ۲ و ۳ در حدود ۹۵ درصد کل تغییرات را در بر دارند. مؤلفه های اصلی ۱ تا ۶ نزدیک به ۱۰۰ در صد کل تغییرات را در بر دارند. با معیار قرار دادن ۹۵ درصد کل تغییرات (کل واریانس) سه مؤلفه اصلی ۱ و ۲ و ۳ برای منظور کردن بیشتر واریانس کفایت می کنند. جدول (۲) گویای آن است که مؤلفه های اصلی ۱ و ۲ و ۳ در بر دارنده عوامل ستاده ای y_1، y_2، y_3، y_4، y_5 به صورت زیر است:

$$CP_1 = ۰/۶۱۷\, y_1 + ۰/۲۹۷\, y_2 + ۰/۶۹۶\, y_4 + ۰/۱۳ y_5$$
$$CP_2 = ۰/۹۵۹\, y_3 + ۰/۲۱\, y_4 + ۰/۱۶۴ y_7 \qquad (۲)$$
$$CP_3 = ۰/۵۸۲\, y_1 + ۰/۲۶۷ y_2 - ۰/۲۳۴ y_3 - ۰/۶۸۱\, y_4 + ۰/۲۱۱\, y_5 + ۰/۱۵۹ y_7$$

سه مؤلفه اصلی یاد شده در بر دارنده عوامل ستاده ای y_1، y_2، y_3، y_4، y_5، y_7 هستند و با توجه به این که ۹۵ درصد کل واریانسها مربوط به این سه مؤلفه است می توان نتیجه گرفت عوامل ستاده ای از یازده به حداکثر شش مورد کاهش می یابد. به عبارت دیگر این نتیجه حاصل می شود که عوامل ستاده ای که یک شرکت توزیع برق را از شرکت توزیع برق دیگر متمایز می سازد، شش عامل ستاده ای y_1، y_2، y_3، y_4، y_5، y_7 هستند و دیگر عوامل ستاده ای یعنی y_6، y_8، y_9، y_{10}، y_{11} از عهده این متمایزسازی بر نمی آیند و در واقع اطلاعات زایدی هستند. بنابراین با توجه به تحلیل مؤلفه اصلی عوامل ستاده ای y_6، y_8، y_9، y_{10}، y_{11} حذف می شوند.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

معرفی مشهورترین مدلهای توابع تولید

برای به دست آوردن مناسبترین روابط بین نهاده ها و ستاده ها مروری بر فرم های استاندارد توابع تولید صورت می گیرد.

فرم خطی ساده ترین فرم تابع تولید است که مقدار ستاده را بر حسب تابع خطی از نهاده ها نشان می دهد. در این حالت تأثیرات تغییر هر کدام از نهاده ها بر محصول مستقل از دیگری فرض می شود، مدلهای ضربی مشهورترین و پرکاربردترین (ریپلی ۱۳۷۸) مدلهای غیر خطی توابع تولید هستند که امکان تلاقی نهاده ها و تأثیرات مشترك آنها را بر محصول فراهم می آورند. مشهورترین مدل ضربی، مدل کاب – داگلاس است.

تابع ضربی کاب- داگلاس به دو علت مشهور است . اول این که منطقی ترین شکل تابع تولید و نیز تابع تقاضاست و با رفتار تولید بیشترین مناسبت را دارد، زیرا فرض می کند که اثرات نهایی هر یک از متغیرهای مستقل بر تولید ثابت نیست بلکه به مقدار متغیر مورد نظر و مقادیر تمامی متغیرهای دیگر توابع تولید بستگی دارد .

همچنین، تغییر مفروضی در سطح میزان بالای X_i اثر بیشتری بر تولید دارد تاتغییر در سطح میزان کم متغیر X_i . چنین رابطه ای اغلب بسیار واقع بینانه تر از فرض ضمنی موجود در یک الگوی خطی، یعنی رابطه نهایی ثابت است . دلیل دوم شهرت تابع ضربی کاب- داگلاس آن است که تابع فوق با استفاده از لگاریتم به یک رابطهٔ خطی تبدیل می شود . در صورتی که چند محصول داشته باشیم که دارای آثار متقابل باشند تابع تولید (و به عبارت دیگر رابطه تولید) را می توان به فرم کلی زیر نوشت (آرنولد (۱۹۹۶)) :

$$F(Y_1, Y_2, ..., Y_s, X_1, X_2, ..., X_m) = 0 \qquad (۳)$$

تابع تولید مزبور دارای m نهاده و s ستاده است که X_1 ، X_2 ، . . . ، X_m نهاده ها و Y_1 ، Y_2 ، . . . ، Y_s ستاده ها هستند . فرم (۳) از تابع تولید نشان دهنده آن است که تعدادی از ستاده ها ممکن است روی تولید ستاده های دیگر اثر داشته باشند و برخی نهاده ها نیز ممکن است روی نهاده های دیگر اثر داشته باشند .

یک نمونه از مدلهای توسعه یافته توسط وینود (۱۹۶۸) به صورت زیر است :

$$f(y_1, y_2, ..., y_s) = g(X_1, X_2, ..., X_m)e^{\varepsilon} \qquad (۴)$$

که e^{ε} قسمت خطای تابع است .

نمونه ای از فرم (۴) را به شرح زیر می توان ارائه داد (آرنولد (۱۹۹۶)) :

$$Y_1^{\alpha_1} Y_2^{\alpha_2} ... Y_s^{\alpha_s} = \beta_0 X_1^{\beta_1} X_2^{\beta_2} ... X_m^{\beta_m} e^{\varepsilon} \qquad (۵)$$

در فرم ضربی توسعه یافتهٔ کاب- داگلاس که با شماره (۵) مشخص شده، نه تنها اثر نهایی هر یک از نهاده ها بر میزان تولید محصولات ثابت نیست بلکه مقدار نهادهٔ مورد نظر به مقادیر تمامی نهاده های دیگر تولید بستگی دارد .

توابع تولید دیگری پس از تابع کاب – داگلاس معرفی شدند که مهمترین آنها عبارتند از :

– تابع تولید متعالی (ترانس سن دنتال) با فرمول زیر :

$$y = AX^{\alpha}e^{\gamma X} \qquad (۶)$$

– تابع تولید ترانس لگ (Translog) با فرمول اولیه :

$$y = AX_{۱}^{\beta_{۱}}X_{۲}^{\beta_{۲}}e^{\gamma/۲(\ell nX_{۱}\ell nX_{۲})} \qquad (۷)$$

– تابع تولید دبرتین :

$$y = AX_{۱}^{\alpha_{۱}}X_{۲}^{\alpha_{۲}}e^{\gamma_{۱}x_{۱}+\gamma_{۲}x_{۲}+\gamma_{۳}x_{۱}x_{۲}} \qquad (۸)$$

در همه موارد مزبور روابط بین متغیرها به صورت غیرخطی و از نوع ضربی و نمایی است .

تعیین مدل مناسب

با توجه به y حاصل شده از ترکیب ستاده های $y_{۱}$، $y_{۲}$، $y_{۳}$، $y_{۴}$، $y_{۵}$ ناشی از مؤلفه اصلی اول $CP_{۱}$ که دارای ضریب اهمیت بالای ۰٫۵۱۷ در مجموعه مؤلفه های اصلی است و با در نظر گرفتن متغیرهای $X_{۱}$، $X_{۲}$، $X_{۳}$، $X_{۴}$، $X_{۵}$ مشروحه در قسمت (۲) روابط زیر را با استفاده از نرم افزار رایانه ای برآورد کرده و با همدیگر مقایسه می کنیم :

الف – مدل خطی

$$y = \alpha_{۰} + \sum_{i=۱}^{۵}\alpha_{i}X_{i}$$

ب– مدل درجه دوم

$$y = \alpha_{۰} + \sum_{i=۱}^{۵}\alpha_{i}X_{i} + \sum_{i=۱}^{۵}\beta_{i}X_{i}^{۲} + \sum_{i=۱}^{۵}\sum_{\substack{j=۱ \\ i<j}}^{۵}\gamma_{ij}x_{i}\,x_{j}$$

پ– مدل ضربی کاب– داگلاس :

$$y = \alpha_{۰}\prod_{i=۱}^{۵}x_{i}^{\alpha_{i}}$$

ت– مدل ضربی نمایی :

$$y = \alpha_{۰}\prod_{i=۱}^{۵}e^{\alpha_{i}X_{i}}$$

برازش مدلهای یاد شده بر اساس داده های شرکتهای توزیع برق در ایران به نتایج زیر انجامیده است .

برای هر مدل پیشنهادی دو نتیجه نوشته شده است که اولی با در نظر گرفتن تمام متغیرهای X_1، X_2، X_3، X_4، X_5 به عنوان متغیر مستقل و دومی با توجه به متغیرهای دارای اهمیت بیشتر برازش شده است. مقدار داخل پرانتز نشان دهندهٔ مقدار P-Value می باشد که چنانچه کمتر از ۰/۰۵ باشد ضریب حاصل شده دارای اهمیت بالاست.

الف – ۱) مدل خطی با در نظر گرفتن تمام متغیرها:

$$y = ۰/۰۸۷\ x_1 - ۰/۳۴۲\ x_2 - ۰/۰۲۳\ x_3 - ۰/۰۴۵\ x_4 + ۱/۱۳\ x_5 \qquad R^2 = ۰/۸۳$$
$$(۰/۴۲۷)\quad (۰/۱۵۴)\quad (۰/۸۶۶)\quad (۰/۷۱۸)\quad (۰/۰۰۰)$$

الف – ۲) مدل تقلیل یافته خطی با در نظر گرفتن متغیر X_5:

$$y = ۰/۸۸۲\ x_5 \qquad R^2 = ۰/۷۸$$
$$(۰/۰۰۰)$$

ب –۱) مدل درجه دوم با درنظر گرفتن تمام متغیرها:

$$y = ۰/۰۱۳ + ۰/۱۴۱\ x_1 - ۰/۴۱۸\ x_2 + ۰/۱۶۴\ x_3 - ۰/۴۴۷\ x_4 + ۱/۴۲۷\ x_5 + ۰/۰۵۶\ x_1^2$$
$$(۰/۹۱۴)\ (۰/۲۴۷)\ (۰/۱۲۶)\ (۰/۳۵۵)\ (۰/۰۴۴)\ (۰/۰۰۰)\ (۰/۶۰۰)$$
$$+ ۰/۰۷۲\ x_2^2 - ۰/۰۵\ x_3^2 + ۰/۱۳۲\ x_4^2 - ۰/۱۹۸\ x_5^2$$
$$(۰/۵۵۴)\ (۰/۴۰۳)\ (۰/۰۷۸)\ (۰/۰۷۲) \qquad R^2 = ۰/۸۶$$

ب –۲) مدل تقلیل یافته درجهٔ دوم با در نظر گرفتن متغیرهای X_4، X_5:

$$y = -۰/۰۱ - ۰/۴۰۳\ x_4 + ۱/۱۵۰\ x_5 + ۰/۱۱۱\ x_4^2 - ۰/۱۰۱\ x_5^2$$
$$(۰/۹۱۹)\ (۰/۰۰۲)\ (۰/۰۰۰)\ (۰/۰۶۸)\ (۰/۰۳۳) \qquad R^2 = ۰/۸۴$$

پ –۱) مدل ضربی کاب – داگلاس

$$y = ۰/۰۶۶\ x_1^{۰/۰۹۴}\ x_2^{-۰/۲۵۶}\ x_3^{-۰/۰۲۷}\ x_4^{-۰/۰۴۳}\ x_5^{۱/۱۰۲}$$
$$(۰/۳۹۱)(۰/۲۸۵)(۰/۱۱۳)(۰/۷۹۲)(۰/۶۹۶)(۰/۰۰۰) \qquad R^2 = ۰/۹۰$$

پ – ۲) مدل تقلیل یافته ضربی کاب– داگلاس

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

$$y = ۰/۰۶۸\ x_۵^{۰/۹۰۶}$$
$$(۰/۲۰۲)\ (۰/۰۰۰) \qquad R^۲ = ۰/۸۶$$

ت -۱) مدل ضربی نمایی :

$$y = ۰/۷۷۳\ e^{۰/۰۳۹ x_۱}\ e^{-۰/۱۱۴ x_۲}\ e^{-۰/۰۴۲ x_۳}\ e^{۰/۰۵۴ x_۴}\ e^{۰/۴۱۱ x_۵}$$
$$(۰/۰۰۰)\ (۰/۳۷۸)\ (۰/۲۳۸)\ (۰/۴۴۸)\ (۰/۲۸۱)\ (۰/۰۰۰)$$
$$R^۲ = ۰/۸۳$$

ت -۲) مدل تقلیل یافته ضربی نمایی

$$y = ۰/۷۷۳\ e^{۰/۳۵۸ x_۵}$$
$$(۰/۰۰۰)\ (۰/۰۰۰) \qquad R^۲ = ۰/۸۰$$

جدول (۳) ضریب تعیین مدلهای مختلف را برای داده های ۳۹ شرکت توزیع برق در ایران نشان می دهد .

جدول (۳) ضریب تعیین مدلهای برآورد شده

نوع مدل	مقدار $R^۲$ برای مدل با در نظر گرفتن تمام متغیرهای مستقل	مقدار $R^۲$ برای مدل تقلیل یافته
خطی(الف)	۰/۸۳	۰/۷۸
درجه ۲ (ب)	۰/۸۶	۰/۸۴
ضربی کاب داگلاس (پ)	۰/۹۰	۰/۸۶
ضربی نمایی (ت)	۰/۸۶	۰/۸۰

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

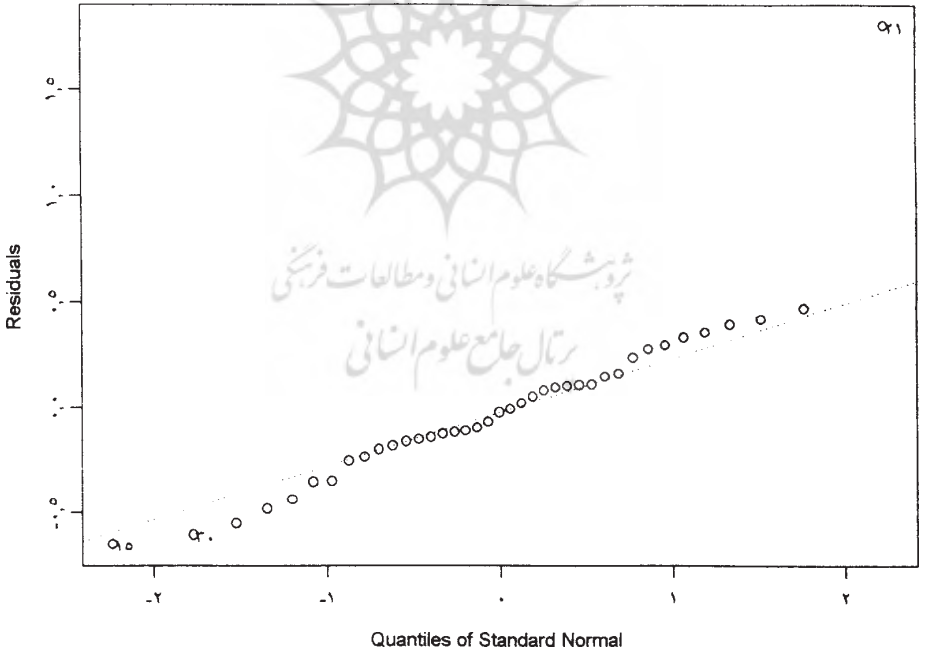
ملاحظه می گردد که مقدار ضریب در مدلهای غیر خطی نسبت به مدل خطی چه در حالتی که تمام متغیرهای مستقل در نظر گرفته شوند و چه برای مدلهای تقلیل یافته، بیشتر است . در بین مدلهای غیر خطی به ترتیب مدلهای ضربی کاب- داگلاس، درجهٔ ۲ و ضربی نمایی دارای ضریب تعیین بیشتری هستند .

شایان ذکر است که ضریب تعیین($R^۲$) برای مقایسهٔ مدلها، زمانی که جملات خطا از توزیع نرمال پیروی می کنند معیاری مناسب است . اگر چنانچه این جملات از توزیع نرمال پیروی نکنند این معیار

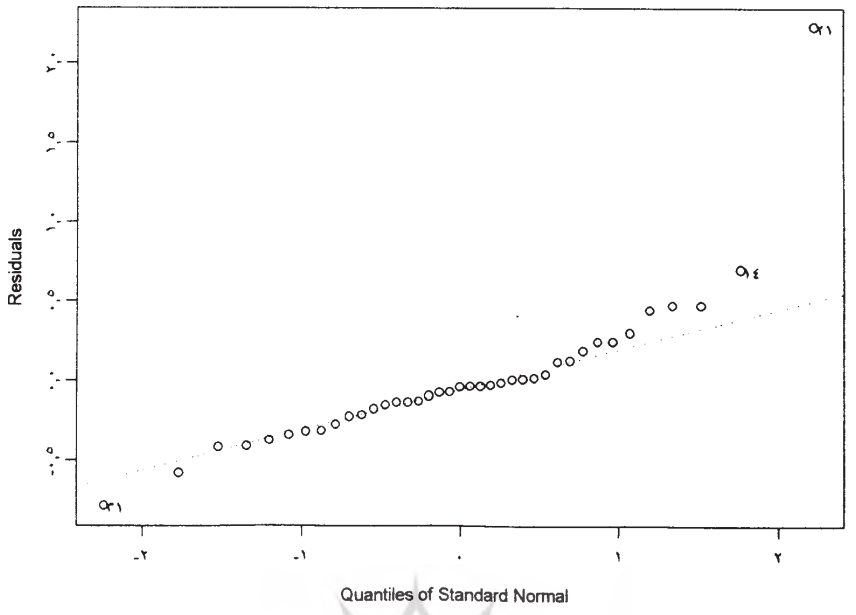
اعتبار خود را نمی تواند به خوبی حفظ کند.

برای بررسی نرمال بودن توزیع خطا از نمودار q-Plot استفاده می شود که مقادیر باقی مانده را در مقابل چند متناظر با هر کدام از باقی مانده ها در توزیع نرمال در مقابل هم رسم می کند. در صورتی که در این نمودار انحراف زیادی از خط y=x مشاهده نشود می توان به نرمال بودن توزیع جملات خطا اعتماد کرد. البته این انحراف در کاربرد تا حد مناسبی قابل اغماض است (مونتگمری، ۱۹۹۲)

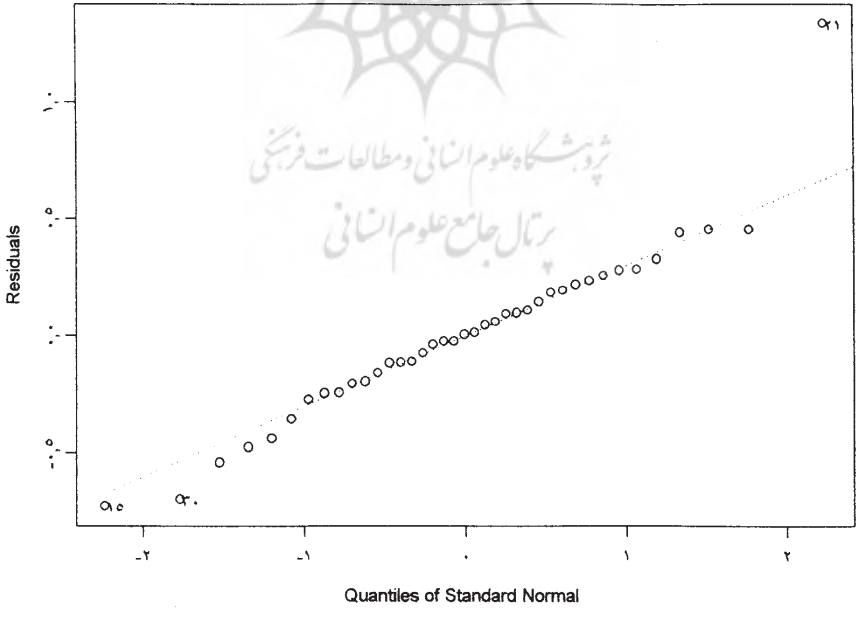
نمودارهای ۳ تا ۱۰ نمودار احتمال نرمال باقی مانده های مدلهای اولیه (شامل تمام متغیرها) و مدلهای تقلیل یافتهٔ خطی، درجهٔ دوم، کاب- داگلاس و نمایی را نشان می دهد و مشاهده می گردد که انحراف در نمودارهای یاد شده قابل اغماض است و می توان نتایج به دست آمده را با اطمینان قابل قبول، پذیرفت.



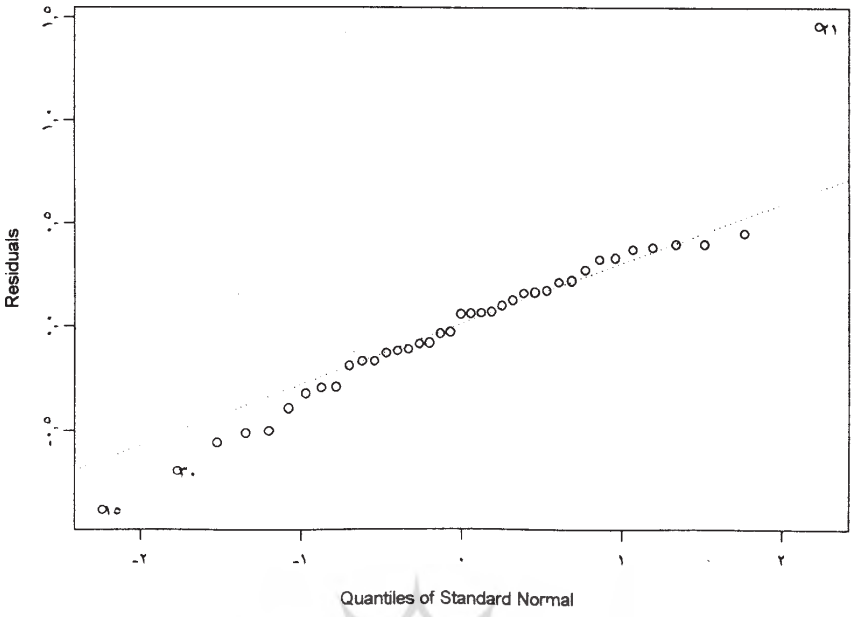
نمودار (۳) نمودار احتمال نرمال باقی مانده های مدل خطی اولیه (مدل الف - ۱)



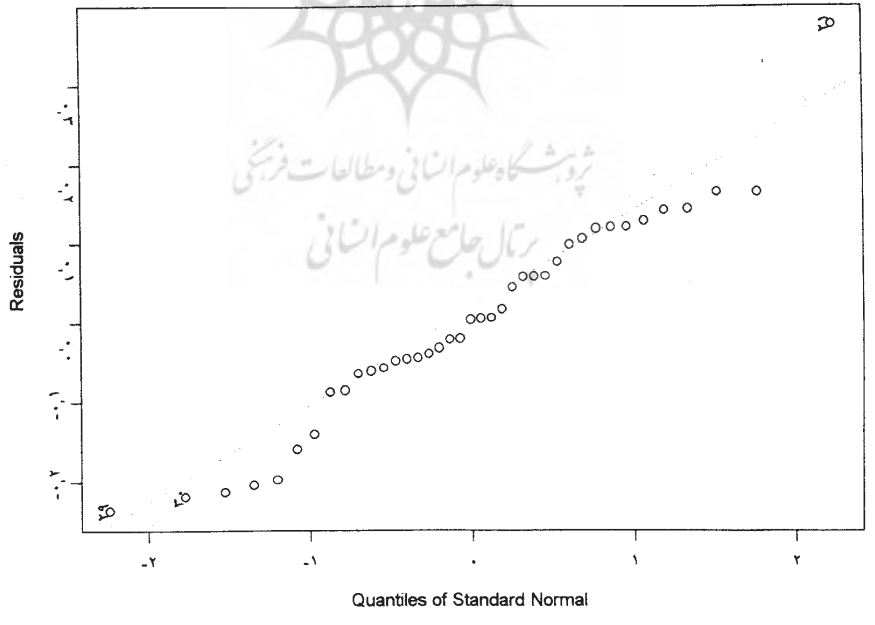
نمودار (۴) نمودار احتمال نرمال باقی مانده های مدل خطی تقلیل یافته (مدل الف –۲)



نمودار (۵) نمودار احتمال نرمال باقی مانده های مدل درجه دوم اولیه (مدل ب–۱)

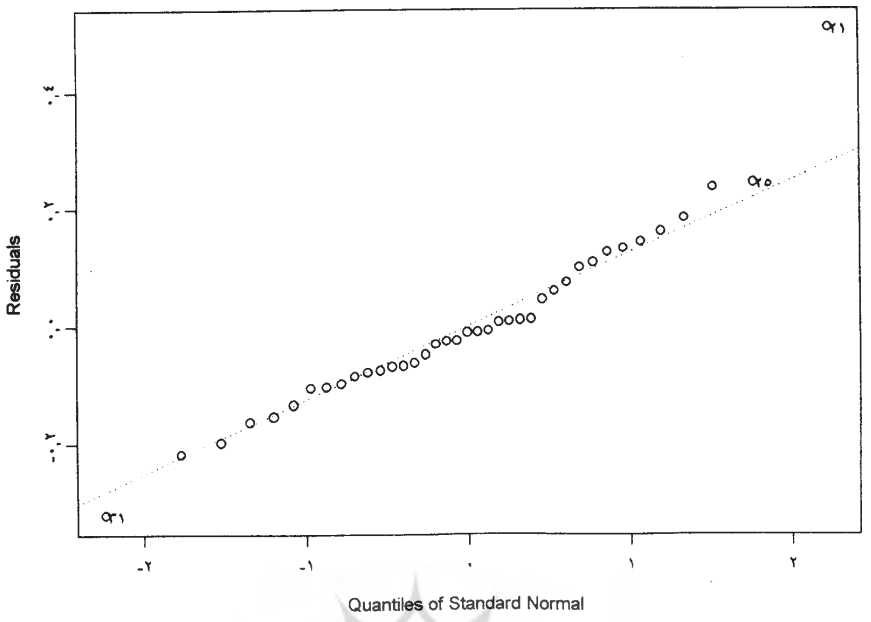


نمودار (۶) نمودار احتمال نرمال باقی مانده های مدل درجهٔ دوم تقلیل یافته (مدل ب -۲)

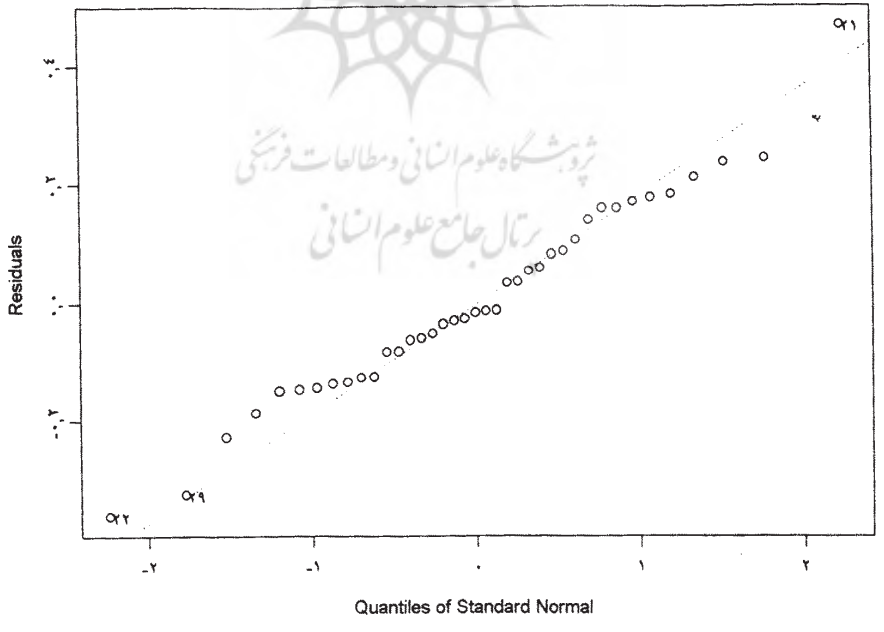


پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

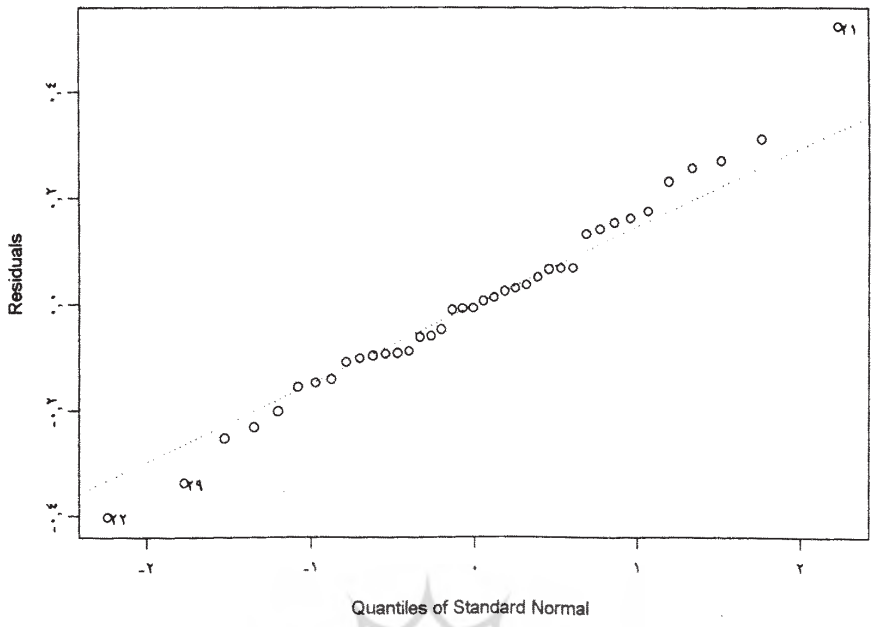
نمودار (۷) نمودار احتمال نرمال باقی مانده های مدل کاب- داگلاس اولیه (مدل پ-۱)



نمودار (۸) نمودار احتمال نرمال باقی مانده های مدل کاب داگلاس تقلیل یافته (مدل پ-۲)



نمودار (۹) نمودار احتمال نرمال باقی مانده های مدل نمایی اولیه (مدل ت - ۱)



نمودار (۱۰) نمودار احتمال نرمال باقی مانده های مدل نمایی تقلیل یافته (مدل ت-۲)

منابع و مآخذ

- اصغرپور، محمدجواد، برنامه ریزی غیرخطی (مقید) در تحقیق در عملیات، تهران، دانشگاه تهران، مؤسسه انتشارات و چاپ، ۱۳۸۱

- توماس جورج . ب، حساب دیفرانسیل و انتگرال و هندسه تحلیلی، ترجمه علی اکبر جعفریان - ابوالقاسم میامئی، چاپ دوم، مرکز نشر دانشگاهی، تهران، ۱۳۶۲

- رائو، اس، اس بهینه سازی (تئوری و کاربرد)، ترجمه سیدمحمدمهدی شهیدی پور، مشهد، دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۳۷۳

- ریپلی، فیلیپ وحید صدیقی، مدلسازی اقتصادی برای اقتصاد مدیریت، ترجمه مهدی خداپرست، تهران، شرکت چاپ و نشر بازرگانی، ۱۳۷۸

- سازمان مدیریت توانیر، وزارت نیرو، آمار تفصیلی صنعت برق ایران سال ۱۳۸۰، تهران، ۱۳۸۱

- سریواستاوا، کارتر، ترجمه دکتر ناصررضا ارقامی و دکتر ابوالقاسم بزرگ نیا، آمار چند متغیره کاربردی، بنیاد فرهنگی آستان قدس رضوی، ۱۳۷۰

- Arnold victor L., Indranil R.Bardham, William W.Cooper and Subal C.Kumbhakar, New Use of DEA and statistical regressions for efficiency evalution and estimation with an illustrative application to public secondary schools in Texas, Annals of Operrations Research.66(1996),257-227

- Frankein, Joel N., Methods of mathematical economics, 1980, springer - velag New york Inc.

- Hair J.F, Anderson R.E, Tatham R.L, Black W.C, 1998, Multivariate Data Analysis, Prentice Hall, Fifth Education, U.S.A.

- Hattori, T.(2001). "Relative Performance of U.S. and Japanese Electricity Distribution - An Application of Stochastic Frontier Analysis" CRIEPI Working Paper, No. Y01914, Central Research Institue of Electric Power Industry.

- Hattori T., Jamasb T., Pollitt M. G., (2002), Acomparison of UK and Japanese electricity distribution performance 1985- 1998, Department of Applied Economics,University of Cambridge.

- Hjalmarsson, L.and A. Veiderpass. 1992. ?Efficiency and ownership in Swedish electricity retail distribution?. Journal of Productivity Analysis, 3.

- IPART. (1999). "Efficiency and Benchmarking Study of the NSW Distribution Businesses," Research Paper No. 13. Sydeny. Commissioned by the Independent Pricing and Regulatory Tribunal of New South Wales ? Prepared by London Economics.

- Jamasb, T. and M. Pollitt (2001). "International Benchmarking and Yardstick Regulation: An Application to European Electricity Utilities," DAE Working Paper 01/15, Department of Applied Economics, University of Cambridge.

- Montogomery & peck, Introduction to Linear Regression Analysis, 1992.

- Pardina M. R., Rossi M., Ruzzier C.,(1999) , Consistency conditions: Efficiency Measures for the Electricity Distribution Sector in South America, CEER working paper series No. 5, Argentina.

- Pollitt, M. (1995). “Ownership and performance in electric utilities: The international evidence on privatization and efficiency”. Oxford University Press.

- Weyman- Jones, T. (1992). “Problems of yardstick regulation in electricity distribution”. In Bishop, Kay and Mayer. The regulatory challenge. Oxford University Press.

- Vinod H.D, Econometrics of joint production, Econometrica, 36(1968):322-336

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی