

# الكفاءة الفنية لشركات توزيع الكهرباء في مصر

محمد حامد محمد ابو سليمان

مدرس مساعد - كلية التجارة - جامعة بورسعيد

## ملخص

تهدف هذه الورقة البحثية الى قياس الكفاءة الفنية لشركات توزيع الكهرباء في مصر للفترة من 2010/09-2017-16 وذلك اعتمادا على نموذج تحليل الحدود العشوائية باستخدام دالة المسافة المتسامية الموجهه نحو المدخلات. وتشير النتائج الى استيفاء الشروط التنظيمية لنموذج الدراسة بما يعنى إمكانية الاعتماد على النتائج المستخلصة من نموذج الدراسة. وفيما يتعلق بتقديرات الكفاءة الفنية أظهرت النتائج ارتفاع متوسط الكفاءة الفنية لقطاع توزيع الكهرباء خلال فترة الدراسة والذي يصل الى 90% تقريبا لكن مع وجود حالة من التقلبات في مستويات الكفاءة خلال سنوات الدراسة بالنسبة لبعض الشركات. كذلك أظهرت النتائج وجود تأثير معنوي لمتغيرات عدم الكفاءة في قطاع توزيع الكهرباء في مصر.

الكلمات الدلالية: الكفاءة الفنية-تحليل الحدود العشوائية-دالة المسافة-شركات توزيع الكهرباء.

## Abstract

This paper aims to measure the technical efficiency of electricity distribution companies in Egypt during the period from 09/2010-16/2017 based on the random boundary analysis model using the input-oriented transcendental distance function. The results indicate that the regulatory conditions of the study model are met, which means that the results derived from the study model can be relied upon. Regarding the technical efficiency estimates, the results showed that the average technical efficiency of the electricity distribution sector during the study period increased by almost 90%, but with some fluctuations in the efficiency levels during the study years for some companies. The results also showed a significant effect of the inefficiency variables in the electricity distribution sector in Egypt.

**Keywords:** Technical efficiency, stochastic frontier analysis, distance function, electricity distribution companies

## مقدمة

منذ بداية العمل الرائد لـ (Farrell, 1957) والذي أوضح فيه تقسيم الكفاءة الاقتصادية للمنتج الى الكفاءة الفنية والكفاءة التخصيصية، والتطورات اللاحقة في مناهج قياس الكفاءة، برز تحليل الكفاءة كأداة قوية لتقييم أداء وحدات الإنتاج المختلفة، ولمساعدة الشركات والهيئات التنظيمية على فهم دوافع الإنتاجية.

ومن الناحية التطبيقية، توجد مناهج مختلفة يتم الاعتماد عليها في قياس الكفاءة النسبية والإنتاجية لوحدة الإنتاج في علاقتها بحدود الكفاءة لعينة من وحدات الإنتاج. ويتم تصنيف هذه المناهج بشكل أساسي الى منهجين رئيسيين، الأول المنهج اللامعلمي والذي يعتمد على الأسلوب الرياضي في بناء حدود الكفاءة. ويعد أسلوب تحليل مغلف البيانات DEA أكثر الأساليب اللامعلمية استخداما في قياس الكفاءة الفنية. المنهج الثاني هو المنهج المعلمي والذي يعتمد على الأسلوب الاحصائي في بناء حدود الكفاءة. ويعد تحليل الحدود العشوائية SFA الأكثر استخداما في قياس الكفاءة الفنية لوحدة الإنتاج في إطار هذا المنهج.

ويتم ترتيب الجزء المتبقي من هذا البحث كما يلي: يوضح القسم الثاني المؤشرات الرئيسية لشركات قطاع توزيع الكهرباء ويتناول القسم الثالث تكنولوجيا توزيع الكهرباء بينما يتناول القسم الرابع والخامس منهجية الدراسة وتوصيف نموذج الدراسة ويهتم القسم السادس والسابع بتحليل نتائج نموذج الدراسة وتحليل الكفاءة الفنية لشركات توزيع الكهرباء وأخيرا في القسم الثامن خاتمة البحث.

## 2- المؤشرات الرئيسية لشركات قطاع توزيع الكهرباء

نشير في البداية الى انه من الأفضل بكل تأكيد أن تتم مقارنة الكفاءة الفنية لقطاع التوزيع في ظل مجموعة من الإصلاحات الهيكلية مقارنة بفترة سابقة لذلك لإظهار أثر هذه الإصلاحات على الكفاءة الفنية والإنتاجية لهذا القطاع. لكن، وبسبب توقف الإصلاحات الهيكلية لصناعة الكهرباء ككل منذ عام 2002/01، فإنه لا تتوافر لدينا مثل هذه البيانات التي يمكن الاعتماد عليها في المقارنة. ومن ثم يكون التركيز بشكل أساسي على مقارنة الكفاءة الفنية لشركات توزيع الكهرباء في مصر خلال الفترة من 2010/09 وحتى 2017/16. وعليه، سيكون تركيزنا في هذا الجزء بشكل خاص على ما يمثل أساسا للبيانات التي يتم استخدامها في نموذج الدراسة.

ويعد قطاع توزيع الكهرباء أحد القطاعات الثلاث المكونة لصناعة الكهرباء في مصر، وهو يتألف من عدد تسع شركات منفصلة ذات امتيازات حصرية لخدمة مناطق جغرافية بعينها، وهي تتبع في النهاية الشركة القابضة لكهرباء مصر. ويوضح الجدول (1) هذه الشركات والمناطق الحصرية على التي تقوم بخدمتها.

جدول (1) شركات توزيع الكهرباء في مصر

شركات التوزيع	النطاق الجغرافي
شمال القاهرة	أحياء شمال وشرق القاهرة ومدينة القاهرة الجديدة ومدينة السلام بمحافظة القاهرة ومدينة العبور والخانكة وشبرا الخيمة والقناطر الخيرية بمحافظة القليوبية
جنوب القاهرة	أحياء غرب ووسط وجنوب محافظة القاهرة وكافة أحياء محافظة الجيزة
الإسكندرية	محافظة الإسكندرية حتى الكيلو 66 طريق الإسكندرية مطروح
القناة	محافظات الإسماعيلية وبورسعيد والسويس والشرقية وشمال سيناء وجنوب سيناء والبحر الأحمر والمدن الجديدة بالنطاق الجغرافي للشركة
شمال الدلتا	محافظات الدقهلية ودمياط وكفر الشيخ
جنوب الدلتا	محافظات القليوبية (ما عدا امتداد القاهرة الكبرى) والمنوفية (ما عدا مدينة السادات ومركز الخطاطبة) والغربية
البحيرة	محافظات البحيرة ومطروح بعد الكيلو 66 ومدينة السادات ومركز الخطاطبة من محافظة المنوفية
مصر الوسطى	محافظات الفيوم وبنى سويف والمنيا وأسيوط والوادى الجديد
مصر العليا	محافظات سوهاج وقنا والأقصر وأسوان

المصدر: تقرير الشركة القابضة لكهرباء مصر، 2018/2017، ص 67.

وعلى مدار الفترة الزمنية من 2010/2009 وحتى 2017/2016 يمكن رصد التطورات الآتية:

1- ارتفعت أعداد المشتركين على الجهدين المتوسط والمنخفض من 25.7 مليون مشترك الى 33.7 مليون مشترك بمتوسط معدل تطور خلال الفترة بلغ 3.9% سنويا. ويستحوذ القطاع السكنى على ما لا يقل عن 70% من أعداد المشتركين في شبكة توزيع الكهرباء لأى سنة من سنوات الدراسة.

2- تطورت الطاقة المباعة على الجهدين المتوسط والمنخفض في نفس اتجاه أعداد المشتركين، حيث زادت خلال فترة الدراسة من 98.8 مليار ك.و.س الى 127.1 مليار ك.و.س عام وبمتوسط معدل تطور 3.8% سنويا.

3- وفيما يتعلق باستخدام الموارد البشرية بشركات توزيع الكهرباء، نلاحظ أنه ومنذ 2012/2013 وجود اتجاه هبوطي في أعداد العاملين بمختلف شركات توزيع الكهرباء. إذ انخفضت أعداد العاملين من 110797 عامل في 2012/2013 الى 99517 عامل بمنتصف عام 2017، وبمتوسط معدل تطور سالب بلغ 0.34% سنويا للفترة كلها. ويمكن تبرير هذا الاتجاه الهبوطي في أعداد العاملين بشركات توزيع الكهرباء من ناحية أولى بسبب وصول بعض العاملين إلى سن التقاعد وإلى رغبة الإدارة في ترشيد استخدام الموارد البشرية بهذه الشركات.

4- وكان من الطبيعي تزايد كلا من أطوال الخطوط والكابلات وساعات المحولات حتى تواكب الزيادة المستمرة في أعداد المشتركين بشبكة توزيع الكهرباء. حيث زادت أطوال الخطوط والكابلات على للجهدين المتوسط والمنخفض من 390276 كم الى 476885 كم وبمتوسط معدل تطور 2.9% سنويا للفترة كلها. وفي نفس الاتجاه ازدادت ساعات محولات التوزيع من 56583 م.ف.أ الى 76600 م.ف.أ وبمعدل تطور للفترة كلها بلغ 4.4% في المتوسط.

5- وفيما يتعلق بتوزيع الطاقة المباعة للأغراض المختلفة للجهدين المتوسط والمنخفض، نلاحظ أن القطاع السكني يستحوذ على أكثر من نصف الطاقة المباعة بنسبة بلغت في المتوسط 52%، ثم يأتي القطاع الصناعة والجهاز الحكومي والمرافق العامة بنسبة 16.6% و 12.7% على الترتيب خلال فترة الدراسة كاملة.

### 3- تكنولوجيا توزيع الكهرباء

على عكس متغيرات صناعة توليد الكهرباء والتي يسهل فيها الى حد كبير تحديد وتعريف المدخلات (العمالة والوقود ورأس المال) والمخرجات (الكهرباء المولدة)، فإن تكنولوجيا خدمة شبكة الكهرباء يصعب نمذجتها نسبيا، وذلك بسبب تعدد المتغيرات الهامة في هذه الصناعة. وعلى الرغم من أن هناك اتفاق عام بشأن العوامل الرئيسية الأربعة التي تؤثر على تكلفة توزيع الكهرباء (الطاقة المباعة، عدد العملاء، أطوال الخطوط والكابلات ومساحة الخدمة)، إلا أن هناك صعوبة في تمييز المدخلات والمتغيرات الخارجية التي تؤثر في خدمة توزيع الكهرباء. من ذلك، يمكن اعتبار أطوال خطوط الشبكة أو عدد محولات التوزيع كمدخلات، لكنها في نفس الوقت تتأثر كثيرا بموقع العملاء الذي لا يقع تحت سيطرة المرافق الكهربائية الملزمة بتوفير الخدمة. بالمقابل، فإن هناك توافق نسبي بشأن تعريف مخرجات شبكة توزيع الكهرباء. فعلى الرغم من أنه قد يتم اختيار متغير واحد لتمثيل المخرجات (إجمالي الطاقة المباعة)، إلا أن معظم دراسات الكفاءة والإنتاجية

المتعلقة بصناعة توزيع الكهرباء ترى أنه من الأفضل تمثيل تكنولوجيا توزيع الكهرباء بمخرجات متعددة بدلا من مخرج واحد فقط (Hattori, 2002, P.271).

ونظرا لطبيعة تكنولوجيا توزيع الكهرباء المتعددة المخرجات والمدخلات، فقد اعتمدت معظم تحليلات كفاءة هذه الصناعة على منهجيات يتم بناؤها بشكل أساسي على دوال المسافة. ويشكل أكثر تحديدا تحليل مغلف البيانات DEA وتحليل الحدود العشوائية SFA.

ويعد كلا من DEA و SFA أكثر الأساليب الرياضية والإحصائية استخداما في تقدير الكفاءة الفنية للوحدات الإنتاجية بشكل عام. وعلى الرغم من أن العديد من دراسات الكفاءة والإنتاجية تقارن بين الأسلوبين، إلا أن الأدب القياسي لم يشر إلى أفضلية أو تفوق أحد الأسلوبين على الآخر.

ومع الأخذ في الاعتبار الوفرة النسبية للدراسات المعتمدة على أسلوب DEA (مقارنة بأسلوب SFA) في قياس الكفاءة الفنية والإنتاجية لشركات توزيع الكهرباء، فإننا في دراستنا هذه نعتمد على أسلوب SFA بدلا من أسلوب DEA في قياس وتحليل الكفاءة الفنية لهذا القطاع، وذلك لما يسمح به هذا الأسلوب الإحصائي من إجراء اختبارات إحصائية قياسية لدراسة أهمية المتغيرات المدرجة في نموذج الدراسة.

#### 4- منهجية الدراسة-دالة المسافة

تتيح دالة المسافة والتي قدمها (Shephard, 1953; 1970) تقدير الكفاءة النسبية للوحدات الإنتاجية المختلفة في علاقتها بحدود الكفاءة التي يتم تقديرها بواسطة دالة المسافة. وتوفر دالة المسافة إمكانية توصيف حالة التكنولوجيا متعددة المدخلات والمخرجات دون الحاجة إلى افتراضات سلوكية (مثل تدنية التكلفة أو تعظيم الأرباح)، وهي الحالة التي نجدها في معظم الصناعات الخاضعة للتنظيم (Kumbhakar et al, 2015, p. 53).

ويمكن أن تأخذ دالة المسافة إما التوجه نحو المدخلات أو التوجه نحو المخرجات. وتميز دالة مسافة المدخلات تكنولوجيا الإنتاج باعتبار الحد الأدنى للتقليل التناسبي لمتجه المدخلات في ظل متجه معطى من المخرجات. بالمقابل، تأخذ دالة مسافة المخرجات في الاعتبار أقصى توسع تناسبي لمتجه المخرجات في ظل متجه معطى من المدخلات (Kumbhakar and Lovell, 2000, pp. 28, 30). ونحن في دراستنا هذه سوف نتبع المنهج الموجه نحو المدخلات وذلك باعتبار أن الطلب على خدمات توزيع الكهرباء هو طلب مشتق يلزم تلبيته ويقع خارج سيطرة مرافق التوزيع. وبعبارة أخرى، فإننا نبحث عن إجابة السؤال التالي: إلى أي مدى يمكن تقليل كميات المدخلات بشكل تناسبي دون تغيير كميات المخرجات؟

#### 4-1 دالة مسافة المدخلات

بنمذجة تكنولوجيا توزيع الكهرباء على أنها دالة مسافة للمدخلات، يمكن تحديد التخفيض التناسبي في متجه المدخلات مع الإبقاء على متجه المخرجات دون تغيير.

ووفقا لـ (Hattori, 2002, P.271)، وبافتراض أن مرافق توزيع الكهرباء تستخدم متجها موجبا من المدخلات  $x = (x_1, \dots, x_N)$  للحصول على متجه موجب من المخرجات  $y = (y_1, \dots, y_M)$ ، فإنه يمكن وصف حالة التكنولوجيا لهذا القطاع على أنها:

$$T = \{(x, y) | x \text{ can produce } y\} \quad 1$$

وتستوفى حالة التكنولوجيا هذه الخصائص الاقتصادية بأن:  $T$  مغلقة ومحدودة ومحدبة. ومن ثم يمكن أن نحدد مجموعة المدخلات على أنها

$$L(y) = \{x | (x, y) \in T\} \text{ for all } y \quad 2$$

وباستخدام دالة مسافة المدخلات، يمكن تحديد أقصى قدر يمكن تخفيضه تناسبيا من متجه المدخلات مع إمكانية الحفاظ على متجه المخرجات دون تغيير.

$$D_I(y, x, t) = \max \{\lambda : x/\lambda \in L(y)\} \geq 1 \quad 3$$

حيث  $t$  تمثل الاتجاه الزمني بما يعكس التغير التكنولوجي إن وجد. وتقيس  $\lambda$  التخفيض التناسبي في متجه المدخلات  $x$ . وتتميز دالة مسافة المدخلات بأنها متجانسة من الدرجة الأولى في المدخلات، وأنها تستوفى الشروط التنظيمية الاقتصادية من حيث الرتبة والتقعر. بمعنى أنها غير تناقصية ومقعرة في المدخلات وغير تزايدية في المخرجات (Ibid, p. 272).

وباعتبار أن  $x \in L(y)$  وأن  $D_I(x, y) \geq 1$ ، فإن ذلك يتبع أن يكون متجه المدخلات كفاء فنيا ويقع على حدود مجموع المدخلات عندما تكون القيمة مساوية للواحد الصحيح، بينما يتصف متجه المدخلات بأنه غير كفاء فنيا ويقع أعلى حدود الكفاءة عندما تكون القيمة أكبر من الواحد الصحيح. ويرتبط هذا المفهوم ارتباطا وثيقا بقياس Farrell (1957) للكفاءة الفنية الموجهة نحو المدخلات، والتي يمكن حسابها على أنها مقلوب دالة مسافة المدخلات:

$$TE(x, y) = 1/D_I(x, y) \leq 1 \quad 4$$

وفيه تحدد قيم الكفاءة الفنية المساوية للواحد الصحيح الوحدات الإنتاجية الكفاء فنيا والتي تستخدم متجها للمدخلات يقع تماما على حدود الإنتاج. بينما قيم الكفاءة الفنية التي تقع بين الصفر والواحد الصحيح فهي تنتمي الى الوحدات الإنتاجية غير الكفاء فنيا والتي تستخدم متجها للمدخلات يقع أعلى حدود الإنتاج.

#### 4-2 عدم الكفاءة الفنية

باستخدام دالة مسافة المدخلات، يمكننا تطبيق تحليل الحدود العشوائية لبحث ومقارنة عدم كفاءة مرافق توزيع الكهرباء. وفي إطار تحليل الحدود العشوائية، نفترض أولا شكلا داليا محددًا لدالة المسافة  $D_I$ ، ويتم نمذجة حد عدم الكفاءة الفنية على أنه حدًا للخطأ من جانب واحد. ويتيح لنا هذا المنهج تجنب افتراض تساوي كل مرافق التوزيع من حيث الكفاءة. هذا إضافة الى أن استخدام بيانات إطارية (على خلاف البيانات المستعرضة) يمكننا من الفصل بين تأثيرات التغير التكنولوجي وتغير الكفاءة الفنية، بجانب تقدير عدم الكفاءة الفنية لكل وحدة إنتاجية على حده خلال سنوات الدراسة المختلفة.

وبناء على تعريف دالة مسافة المدخلات، يمكن كتابة دالة مسافة المدخلات العشوائية كما يلي:

$$1 = D_I(y, x, t) \exp(-u + v) \quad 5$$

حيث تمثل  $v$  حد الخطأ العشوائي والذي يتوزع على أنه  $iid N(0, \sigma_v^2)$  ، بينما يمثل  $u$  حد عدم الكفاءة الفنية والذي يفترض ان له توزيع طبيعي مبتور  $N^+(\mu, \sigma_u^2)$  truncated normal distribution ، حيث يشير الدليل العلوي (+) إلى أنه يأخذ قيما موجبه فقط.

وفي ظل هذه الافتراضات، فإنه يمكن تحديد دالة لوغاريتم الإمكان **log-likelihood function**، ومن ثم يمكن تقدير معلمات دالة المسافة والتباين في عدم الكفاءة بطريقة الإمكان الأعظم.

وبناء على المعلمات المقدره من دالة المسافة، يمكننا الحصول على مقدر للكفاءة الفنية ( $TE$ ) لكل مرفق توزيع على حدة خلال سنوات الدراسة المختلفة على أنه التوقع المشروط لـ  $\exp(u)$  في ظل حد مركب للخطأ  $v_{it} - u_{it}$ .

$$; \varepsilon_{it} = v_{it} - u_{it}TE_{it} = E[\exp(u_{it})|\varepsilon_{it}] \quad 6$$

#### 4-3 التأثيرات البيئية

في تحليل كفاءة توزيع الكهرباء، يكون من المهم أن نأخذ في الاعتبار العوامل البيئية (مثل ظروف الطلب على الخدمة في منطقة جغرافية محددة) التي من الممكن أن تؤثر على كفاءة التشغيل لكنها لا تقع تحت سيطرة مرفق التوزيع. ومن ثم يكون الغرض هو التحكم في أو السيطرة على تأثيرات مثل هذه العوامل البيئية. ووفقا لنموذج تأثيرات عدم الكفاءة والذي طوره (Battese and Coelli, 1995)، يُفترض أن عدم الكفاءة الفنية له توزيع طبيعي مبتور  $N^+(\mu, \sigma_U^2)$  بمتوسط  $\mu$  وأن متوسطه دالة في المتغيرات البيئية. ويمكن التعبير عن ذلك كما يلي:

$$\Sigma \delta_{s,it} u_{it} = \delta_0 + \quad 7$$

#### 4-4 المرونات وعوائد الحجم والتغير التكنولوجي

بجانب تقديرات الكفاءة الفنية التي يتم الحصول عليها من دالة المسافة، يمكن الحصول على معلومات أخرى قيمة (Rasmussen, 2010, p. 341; Goto, and Tsutsui, 2008, p. 20).

أ- مرونات دالة المسافة: تتيح لنا مرونة دالة المسافة فيما يتعلق بالمدخلات والمخرجات تفسيرات مفيدة وهامة.

ب- من ناحية أولى، وبالنسبة لتدنية تكلفة مستويات المدخلات، فإن مرونة دالة مسافة المدخلات D بالنسبة لأي مدخل  $x_{nit}$  تعادل حصة تكلفة هذا المدخل  $s_{nit}$ ، أي:

$$\varepsilon_{nit} = \frac{\partial \ln d_{it}(x, y)}{\partial \ln x_{nit}} \quad 8$$

$$\varepsilon_{nit} = \beta_n + \sum_{k=1}^N \beta_{nk} \ln x_{kit} + \sum_{m=1}^M \rho_{nm} \ln y_{mit} + \sum_{n=1}^N \varphi_n = s_{nit} \quad 9$$

ومن ثم، فإن المرونة  $\varepsilon_{nit}$  تعكس الأهمية النسبية للمدخل  $x_n$  في عملية الإنتاج.

ج- من ناحية ثانية، فإن مرونة دالة مسافة المدخلات D بالنسبة لأي مخرج  $y_{nit}$  تعادل حصة تكلفة هذا المدخل  $\tau_{nit}$ ، أي:

$$\varepsilon_{mit} = \frac{\partial \ln d_{it}(x, y)}{\partial \ln y_{mit}} \quad 10$$

$$\varepsilon_{mit} = \alpha_m + \sum_{l=1}^M \alpha_{ml} \ln y_{lit} + \sum_{n=1}^N \delta_{mn} \ln x_{nit} = \tau_{mit} \quad 11$$



وهي تعادل سالب مرونة التكلفة لهذا المخرج فيما يتعلق بالمرجات بشأن تدنية تكلفة مستويات المدخلات. ومن ثم، فإن  $\varepsilon_{y_{mt}}$  تعكس الأهمية النسبية لهذا المخرج بالنسبة للوحدة الإنتاجية.

ب-العوائد بالنسبة للحجم: على أساس دالة مسافة المدخلات، يمكن أيضا قياس العائد بالنسبة للحجم (RTS). ويمثل مجموع مرونة دالة مسافة المدخلات بالنسبة للمخرجات درجة العائد بالنسبة للحجم.

$$RTS = \sum_{m=1}^M \tau_{mit} \quad 12$$

فإذا كانت قيمة RTS أكبر من قيمة الوحدة (بالقيمة المطلقة)، فإن هذا يعني أن تكنولوجيا الإنتاج تتميز بتزايد العائد بالنسبة للحجم، أما إذا كانت قيمة RTS أقل من قيمة الوحدة فإن هذا يعني أن تكنولوجيا الإنتاج تتميز بتناقص العائد بالنسبة للحجم. وأخيرا إذا كانت هذه القيمة تساوى الوحدة فإن تكنولوجيا الإنتاج تتميز بثبات العائد بالنسبة للحجم.

ج-التغير التكنولوجي: يعبر التغير التكنولوجي (إن وجد) عن حدوث انتقال في المنحنى الحدودي للإنتاج.

$$TC = \frac{\partial \ln d_{it}(x, y)}{\partial t} = \alpha_t \quad 13$$

فإذا ما كانت قيمة TC موجبة، فإن هذا يشير الى حدوث تقدم تكنولوجي عبر الزمن (Ibid).

أخيرا، تجب الإشارة بأنه وكما في المبحث السابق، تم قسمة جميع متغيرات دالة مسافة المدخلات والمخرجات على وسطها الهندسي. مع العلم بأن هذا لا يغير من درجات الكفاءة الفنية التي يتم الحصول عليها، ولكنه في نفس الوقت يتيح لنا تفسير معلمات الرتبة الأولى المقدره  $\alpha_m$  و  $\beta_n$  بشكل مباشر على أنها مرونة المدخلات والمخرجات، مقدره على أساس متوسطات العينة (Rungsuriyawiboon and Coelli, 2004, p. 15).

## 5- النموذج التطبيقي والبيانات

### 5-1 توصيف نموذج الدراسة

لتقدير دالة مسافة المدخلات، ووفقا لمعظم دراسات كفاءة مرافق توزيع الكهرباء، نتبنى هنا الشكل الدالي المتسامي. فعلى خلاف دالة كوب-دوجلاس، والتي تفترض نفس مرونة الإنتاج، ونفس مرونة الحجم وأن مرونة الاحلال تساوى الواحد لكل الوحدات الإنتاجية، فإن الدالة المتسامية لا تفترض مثل هذه القيود، ولذلك فهي تعد أكثر مرونة من الشكل الدالي كوب-دوجلاس.

وعلى ذلك يمكن كتابة دالة مسافة المدخلات المتسامية لعدد  $M=(m=1, \dots, M)$  من المخرجات وعدد  $N=(n=1, \dots, N)$  من المدخلات والفترات الزمنية  $T$  على الشكل الآتي:

$$\begin{aligned} Ind_{it}(x, y) &= \alpha_0 + \sum_{m=1}^M \alpha_m \ln y_{mit} + \frac{1}{2} \sum_{m=1}^M \sum_{l=1}^M \alpha_{ml} \ln y_{mit} \ln y_{lit} + \sum_{n=1}^N \beta_n \ln x_{nit} + \\ &= \frac{1}{2} \sum_{n=1}^N \sum_{k=1}^N \alpha_{nk} \ln x_{nit} \ln x_{kit} + \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N \rho_{mn} \ln y_{nit} \ln x_{nit} + \sum_{m=1}^M \lambda \ln y_{mit} t + \quad 14 \\ &= \sum_{n=1}^N \varphi \ln x_{nit} t + \theta_1 t + \frac{1}{2} \theta_{11} t^2 + \varepsilon_{it} \end{aligned}$$

حيث  $y_{mit}$  تمثل كمية مخرجات الوحدة الإنتاجية  $i$  في الفترة الزمنية  $t$ ، وتمثل  $x_{nit}$  كمية مدخلات الوحدة الإنتاجية  $i$  في الفترة الزمنية  $t$ ، وتمثل  $t$  اتجاه الزمن، وتمثل  $\alpha, \beta, \theta, \rho, \varphi, \lambda$  معاملات مجهولة يتم تقديرها. ويوضح حد الخطأ  $\varepsilon_{it}$  الفرق بين نقاط البيانات الفعلية وتلك النقاط المقدرة بواسطة دالة التحويل التي يتم تقديرها.

وتتميز دالة مسافة المدخلات بأنها متجانسة خطياً في المدخلات، وأن المعلمات في المعادلة السابقة (3.2.8) لابد وأن تستوفي الشروط التالية:

$$\sum_{n=1}^N \beta_n = 1 \quad 15$$

$$\sum_{k=1}^N \beta_{nk} = 0 ; (k = 1, \dots, K) \quad 16$$

$$\sum_{n=1}^N \rho_{mn} = 0 ; (m = 1, \dots, M) \quad 17$$

كما يتم افتراض التماثل من خلال الشروط التالية:

$$\alpha_{ml} = \alpha_{lm} ; (m, l = 1, \dots, M) \quad 18$$

$$\beta_{nk} = \beta_{kn} ; (n, k = 1, \dots, N) \quad 19$$

ويقتضى التجانس في المدخلات أن يكون

$$d_I(wx, y) = w d_I(x, y) ; w > 0 \quad 20$$

وفقاً لـ (Lovell et al., 1994, p. 793)، وباختيار أحد المدخلات عشوائياً (مثلاً  $N$ -th)، ويوضع  $w = 1/x_N$ ، فإننا نحصل على:

$$d_I(x/x_M, y) = d_I(x, y)/x_M \quad 21$$

وبتطبيق normalize دالة المسافة المتسامية المعطاة في المعادلة رقم (3.2.14) بأحد المدخلات، فإنه يمكن كتابتها على الصورة:

$$\begin{aligned} \ln(d_{it}(x, y) / x_{Nit}) &= \alpha_0 + \sum_{m=1}^M \alpha_m \ln y_{mit} + \frac{1}{2} \sum_{m=1}^M \sum_{l=1}^M \alpha_{m1} \ln y_{mit} \ln y_{lit} + \sum_{n=1}^{N-1} \beta_n \ln x_{nit}^* + \\ &\frac{1}{2} \sum_{n=1}^{N-1} \sum_{k=1}^{N-1} \alpha_{nk} \ln x_{nit}^* \ln x_{kit}^* + \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^{N-1} \rho_{mn} \ln y_{nit} \ln x_{nit}^* + \sum_{m=1}^M \lambda \ln y_{mit} t + \\ &\sum_{n=1}^{N-1} \varphi_n \ln x_{nit} t + \theta_1 t + \frac{1}{2} \theta_{11} t^2 + \varepsilon_{it} \end{aligned} \quad 22$$

وحيث:

$$x_{nit}^* = x_{nit} / x_{Nit} \quad \varepsilon_{it} = -\ln d_{it} = v_{it} - u_{it}$$

فإنه يمكن إعادة ترتيب المعادلة السابقة لتكون على الشكل:

$$\begin{aligned} -\ln(x_{Nit}) &= \alpha_0 + \sum_{m=1}^M \alpha_m \ln y_{mit} + \frac{1}{2} \sum_{m=1}^M \sum_{l=1}^M \alpha_{m1} \ln y_{mit} \ln y_{lit} + \sum_{n=1}^{N-1} \beta_n \ln x_{nit}^* + \\ &\frac{1}{2} \sum_{n=1}^{N-1} \sum_{k=1}^{N-1} \alpha_{nk} \ln x_{nit}^* \ln x_{kit}^* + \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^{N-1} \rho_{mn} \ln y_{nit} \ln x_{nit}^* + \sum_{m=1}^M \lambda \ln y_{mit} t + \\ &\sum_{n=1}^{N-1} \varphi_n \ln x_{nit} t + \theta_1 t + \frac{1}{2} \theta_{11} t^2 + v_{it} - u_{it} \end{aligned} \quad 23$$

## 2-5 متغيرات نموذج الدراسة

تتمثل المهمة الأولى في دراسات قياس الكفاءة في تحديد المدخلات والمخرجات والعوامل (البيئية) الأخرى للقطاع محل الدراسة. وباعتبار أن تكنولوجيا توزيع الكهرباء متشابهة في جميع أنحاء العالم، فغالبا ما يتم استخدام متغيرات متشابهة في الدراسات المختلفة تمثل المدخلات والمخرجات الأساسية لنموذج الدراسة، وهذا الى جانب المتغيرات البيئية. وأن اختلاف استخدام بعض المتغيرات من دراسة الى أخرى، يرجع غالبا الى عدم توافر بيانات بشأن هذه المتغيرات (Hattori, Jamasb and Pollitt, 2005, p. 28).

كذلك، يجب التأكيد على أنه وإن كان من الأفضل أخذ العديد من العوامل والمتغيرات في الاعتبار في دراسات الكفاءة، إلا أنه من الناحية العملية، ومع استخدام نماذج مرنة (مثل الدالة المتسامية)، فغالبا ما تظهر

مشكلة الارتباط الخطى بسبب كثرة عدد المتغيرات مما يؤثر في جودة النموذج. هذا إضافة الى أن صعوبات جمع البيانات ربما يؤدي الى قلة أو تقليص عدد المتغيرات.

وفي نفس اتجاه الدراسات السابقة والمتعلقة بقياس الكفاءة الفنية لقطاع توزيع الكهرباء (انظر الجدول رقم (2))، فإننا نستخدم في دراستنا هذه المتغيرات الآتية:

1-الكهرباء المباعة ( $y_1$ ) مقاسة بـ MWh.

2-عدد العملاء ( $y_2$ ).

ويرجع استخدام عدد العملاء بجانب الكهرباء المباعة الى أن جزءا واسعا من أنشطة توزيع الكهرباء (مثل خدمات القياس الفوترة والتواصل مع العملاء) ترتبط مباشرة بعدد العملاء. ومن ثم، إذا ما استخدمنا الكهرباء المباعة كمتغير وحيد يعبر عن المخرجات، يكون هناك تمييزا غير عادل ضد الشركات التي تباع كميات أقل من الكهرباء لكل عميل.

3-عدد الموظفين ( $x_1$ ).

4-أطوال الخطوط والكابلات ( $x_2$ ).

5-سعة محولات التوزيع ( $x_3$ ) مقاسة بـ MVA.

ويعبر عدد الموظفين عن مدخلات عنصر العمل، بينما يعبر المتغيرين الآخرين عن عنصر رأس المال. وتعد هذه المتغيرات (المخرجات والمدخلات) الأكثر استخداما في الدراسات التي مراجعتها سواء كانت تستخدم المنهج المعلمي الحدودى أو المنهج غير المعلمي الحدودى.

6-كثافة العملاء ( $z_1$ ) مقاسا بـ (عدد العملاء/أطوال خطوط والكابلات). والذي يتم استخدامه كمتغير بيئى يفسر التباينات في كثافة العملاء للمناطق الجغرافية التي تغطيها شركات التوزيع بالخدمة. ومن المتوقع أن تؤدي زيادة كثافة العملاء الى ارتفاع درجة الكفاءة الفنية.

7-نسبة الخطوط الى الكابلات ( $z_2$ ) مقاسا بـ (أطوال الخطوط الهوائية/أطوال الكابلات الأرضية) بما يعكس خصائص شبكة التوزيع.

ويمثل هذين المتغيرين متغيرات عدم الكفاءة في نموذج الدراسة. وبمعنى آخر المتغيرات التفسيرية للتباين في الكفاءة الفنية بين شركات توزيع الكهرباء والتي لا ترجع الى الأخطاء العشوائية في النموذج.

جدول (2) ملخص الدراسات السابقة لقياس كفاءة شركات توزيع الكهرباء				
المخرجات	المدخلات	المنهجية	عينة الدراسة	المؤلف وسنة الدراسة
1-الكهرباء المباعة (MWh). 2-عدد العملاء.	1-صافي مدخلات الطاقة (kWh). 2-النفقات التشغيلية. 3-النفقات الرأسمالية.	نموذج تحليل مغلف DEA	عدد 40 مرفق لتوزيع الكهرباء في عدد 17 ولاية في الهند خلال الفترة من 2012-2013	Meher and Sahu (2016)
1-اجمالي استهلاك الطاقة. 2-صافي الطاقة المستهلكة. 3-عدد العملاء. 4-منطقة الخدمة. 5-معلمة تمييزية. 6-متغير بنى.	1-عدد الموظفين. 2-أطوال خطوط التوزيع. 3-سعة محولات التوزيع. 4-متغير صوري.	نموذج تحليل مغلف DEA	عدد 26 مرفق لتوزيع الكهرباء في ايرلندا لعام 2012	Mullarkey, Caulfield, McCormack and Basu (2015)
1-الكهرباء المباعة (MWh). 2-عدد العملاء.	1-التكلفة المتغيرة. 2-التكلفة الكلية. 3-رأس المال (MW). 4-خصائص الشبكة (معامل الحمل، معامل الجودة وكثافة العملاء).	نموذج حدود التكلفة العشوائية SFA	عدد 28 شركة لتوزيع الكهرباء في نيوزلاند خلال الفترة من 2011-1996	Filippini and Wetzel (2013)
1-الكهرباء المباعة (MWh). 2-عدد العملاء.	1-عدد الموظفين. 2-أطوال خطوط التوزيع. 3-سعة محولات التوزيع. 4-متوسط مدة انقطاع الكهرباء لكل عميل. 5-المتغيرات البنينة (كثافة العملاء، هيكل المستهلكين ومتغير وهمي يعبر عن إعادة الهيكلة).	نموذج تحليل الحدود العشوائية SFA في ظل دالة مسافة المدخلات.	عدد 21 شركة لتوزيع الكهرباء في تركيا خلال الفترة من 2009-2002	Çelen (2013)
1-الكهرباء المباعة (MWh). 2-عدد العملاء.	1-عدد الموظفين. 2-أطوال خطوط التوزيع. 3-سعة محولات التوزيع. 4-متغيرات عدم الكفاءة (نسبة خسائر النظام، متوسط السعر الحقيقي، نسبة الاتصال بالكهرباء ومتوسط دخل الفرد).	نموذج تحليل مغلف مع DEA نموذج انحدار توبت Tobit	عدد 22 شركة لتوزيع الكهرباء في أندونيسيا خلال الفترة من 2005-2002	Fujii, Kaneko and Afrizal (2011)
1-الكهرباء المباعة (MWh). 2-عدد العملاء.	1-التكلفة الاجتماعية (تكلفة الإنتاج الكلية+تكلفة الجودة الخارجية)	تحليل الحدود العشوائية SFA في ظل دالة مسافة المدخلات.	عدد 128 مرفق لتوزيع الكهرباء في النرويج خلال الفترة من 2004-2001	Growitsch, Jamasb and Wetzel (2010)
1-الكهرباء المباعة (MWh). 2-عدد العملاء.	1-عدد الموظفين. 2-أطوال خطوط التوزيع. 3-خسائر الشبكة.	مؤشر مالمكويست للانتاجية MPI	عدد 14 شركة لتوزيع الكهرباء في بيرو خلال الفترة من 2006-1996	Reyes and Tovar (2009)
1-الكهرباء المباعة (MWh). 2-عدد العملاء.	1-عدد الموظفين. 2-أطوال خطوط التوزيع. 3-سعة محولات التوزيع.	مقارنة لنموذجي DEA و SFA	عدد 38 شركة لتوزيع الكهرباء في ايران خلال الفترة من 2006-1996	Sadjadi and Omrani (2008)
1-الكهرباء المباعة (MWh). 2-عدد العملاء.	1-عدد الموظفين. 2-طول شبكة التوزيع.	نموذج تحليل مغلف DEA	دراسة مقطعية لشركات توزيع الكهرباء في عدد خمس دول من دول	Cullmann and Hirschhausen (2008)

			التحول في أوروبا الشرقية عام 2002	
1-الكهرباء المباعة (MWh). 2-عدد العملاء. 3-أطوال الخطوط (km).	1-تكاليف التشغيل. 2-تكاليف التشغيل الكلية 3-مدة انقطاع الكهرباء. 4-خسائر الشبكة.	نموذج تحليل مغلف DEA	عدد 14 شركة لتوزيع الكهرباء في المملكة المتحدة خلال الفترة من 1991-2004	Yu, Jamasb and Pollitt (2007)
1-تكلفة التوزيع الكلية.	1-الكهرباء المشتراه. 2-سعر العمل. 3-سعر رأس المال. 4-كثافة العملاء. 5-معامل الحمل.	نموذج حدود التكلفة العشوائى SFA	شركات توزيع الكهرباء في سلوفينيا خلال الفترة من 2000-1991	Filippini, Hrovatin and Zoric (2004)

وتغطي مجموعة البيانات الإطارية المستخدمة في هذه الدراسة البيانات السنوية لعدد تسع شركات لتوزيع الكهرباء في مصر خلال الفترة من 2010/09 - 2017/16. وتم الحصول على هذه البيانات بشكل أساسي من تقرير الشركة القابضة لكهرباء لمصر بجانب التقرير السنوي لإحصاء الكهرباء والطاقة. ويعرض الجدول (2) ملخصاً لإحصاءات هذه المتغيرات.

جدول رقم (3) الإحصاءات الوصفية لشركات توزيع الكهرباء خلال فترة الدراسة

متغيرات نموذج الدراسة	الوسط الحسابي	الانحراف المعياري	أعلى قيمة	أدنى قيمة
y1	13035.9	5426.2	24220	37.6
y2	3307387.0	923761.9	5500000	1630842
x1	11723.1	3395.9	18526	7528
x2	47433.5	16853.4	84210	18528
x3	7181.9	3711.6	15623	3738
Z1	76.6	28.6	140.6	41.2
Z2	301.3	247.5	776.7	5.8
عدد المشاهدات	72 مشاهدة			

المصدر: الباحث اعتماداً على تقارير الشركة القابضة لكهرباء مصر، سنوات مختلفة.

## 6- النتائج ومناقشتها

بداية وقبل الشروع في تحليل الكفاءة الفنية لشركات توزيع الكهرباء، توجد عدة فرضيات يتم اختبارها إلى جانب التحقق من استيفاء الشروط التنظيمية لدالة مسافة المدخلات المتسامية، وذلك بما يؤكد النتائج المتعلقة بتقديرات الكفاءة الفنية التي يتم الحصول عليها من نموذج الدراسة.

أضف الى ذلك، فإنه ولتجنب تفسير نسب  $t$  المرتبطة بمعاملات نموذج الدراسة بشكل خاطئ، فإن اختباراً أكثر ملاءمة يتم إجراؤه للتأكيد على معنوية مجموعات المعاملات وهو اختبار نسبة الإمكان LR. ولاختبار صحة القيود المسبقة *priori restrictions*، والتي يجعلها (المعلمت) مساوية للصفر، يتم اختبار LR وفقاً للإحصاء التالي (Damodar and Dawn, 2009, p. 275):

$$\lambda = 2(ULLF - RLLF) \quad 24$$

حيث  $ULLF$  و  $RLLF$  هما على الترتيب دالة لوغاريتم الإمكان غير المقيدة (لنموذج الانحدار العشوائى المتسامى)، ودالة لوغاريتم الإمكان المقيدة (لتوصيفات نماذج الدراسة الأخرى) التي يتم تقديرها في ظل القيود المسبقة على هذه النماذج.

والفكرة الرئيسية وراء هذا الاختبار مباشرة، فلو أن القيود المسبقة كانت صحيحة، فإن دالة لوغاريتم الإمكان المقيدة وغير المقيدة لن يختلفا، ومن ثم تكون قيمة  $\lambda$  مساوية للصفر. أما إذا لم تكن الحالة كذلك، فإن قيم دوال الإمكان لا بد وأن يختلفا (Ibid).

وهذا يعنى أنه على الرغم من أن بعض المعلمت الفردية قد لا تكون معنوية إحصائياً، إلا أن أي تقليل أو تقليص في عدد المتغيرات التفسيرية في النموذج لا بد وأن يعتمد على اختبارات الفرضيات المتعلقة بمجموعات المعاملات من خلال اختبار نسبة الإمكان LR.

## 6-1 اختبار الفرضيات واستيفاء شروط النموذج

### 3.2.6.1.1 الفرضيات المتعلقة بمدى ملاءمة نموذج تأثيرات عدم الكفاءة الفنية

يمكن معرفة مدى ملاءمة نموذج تأثيرات عدم الكفاءة للصناعة محل الدراسة عن طريق اختبار فرضيات عدم بأن 1- تأثيرات عدم الكفاءة الفنية غير موجودة بنموذج الدراسة، ويستلزم ذلك وضع القيد المسبق بأن  $\delta_0 = \delta_1 = \delta_2 = 0$  ، 2- أن معاملات المتغيرات البيئية في نموذج تأثيرات عدم الكفاءة تساوى الصفر، ويستلزم ذلك وضع القيد المسبق بأن  $\delta_1 = \delta_2 = 0$ .

جدول (4) معلمات دالة مسافة المدخلات المقدرة من المعادلة (23)

Variables	parameters	Coefficient	t-ratio
Constant	$\alpha_0$	0.258	9.085
$\ln y_1$	$\alpha_1$	-0.297	-4.669
$\ln y_2$	$\alpha_2$	-0.338	-3.279
$0.5(\ln y_1)^2$	$\alpha_{11}$	-0.049	-0.786
$0.5(\ln y_2)^2$	$\alpha_{12}$	-0.842	-0.945
$(\ln y_1) * (\ln y_2)$	$\alpha_{22}$	0.123	0.375
$\ln(x_1 / x_3)$	$\beta_1$	0.595	4.664
$\ln(x_2 / x_3)$	$\beta_2$	0.296	5.235
$x_3$	$\beta_3$	0.109	-
$\ln(x_1 / x_3) * \ln(x_2 / x_3)$	$\beta_{11}$	0.544	2.357
$0.5 \ln(x_1 / x_3)^2$	$\beta_{12}$	0.715	1.495
$0.5 \ln(x_2 / x_3)^2$	$\beta_{22}$	-0.886	-2.980
$\ln y_1 * \ln(x_1 / x_3)$	$\rho_{11}$	1.003	2.361
$\ln y_1 * \ln(x_2 / x_3)$	$\rho_{12}$	0.546	2.926
$\ln y_2 * \ln(x_1 / x_3)$	$\rho_{21}$	-0.093	-0.250
$\ln y_2 * \ln(x_2 / x_3)$	$\rho_{22}$	-0.373	-1.128
$t$	$\theta_1$	0.015	1.828
$0.5t^2$	$\theta_{11}$	0.004	0.923
$t \ln y_1$	$\lambda_1$	0.024	0.664
$t \ln y_2$	$\lambda_2$	0.058	1.489
$t \ln(x_1 / x_3)$	$\varphi_1$	0.034	1.391
$t \ln(x_2 / x_3)$	$\varphi_2$	0.014	0.941
Constant	$\delta_0$	0.962	13.933
$z_1$	$\delta_1$	-0.011	-13.297
$z_2$	$\delta_2$	-0.001	-3.924
$\sigma^2$		0.010	5.523
$\gamma$		0.999	223.076
log likelihood function		132.733	

لاحظ:  $\beta_3$  محسوبة عن طريق شروط التجانس.

ومن الجدول (5)، نجد أن إحصاء اختبار لوغاريتم الإمكان للتوصيفين البديلين للنموذج غير المقيد أكبر من قيمة  $(\chi^2)$  الجدولية عند مستوى معنوية 5%، بما يعنى رفض فرضيات العدم وبما يعنى وجود



تأثيرات عدم الكفاءة الفنية بنموذج الدراسة وأن هذه التأثيرات عشوائية، وبما يعنى ملائمة إدراج المتغيرات البيئية في نموذج الدراسة وأن دالة الإنتاج المتوسطة لا تمثل توصيفا ملائما لقطاع توزيع الكهرباء في مصر.

جدول (5) نتائج اختبار الفرضيات

الاختبار	القيود	لوغاريتم الإمكان	إحصاء نسبة اللوغاريتم	القيمة الحرجة	القرار
النموذج المتسامى غير المقيد	لا يوجد	132.73	-	-	-
وجود تغير فنى محايد	$\lambda_1 = \lambda_1 = \varphi_1 = \varphi_1 = 0$	127.82	9.82	9.48	رفض فرضية العدم
عدم وجود تغير فنى	$\lambda_1 = \lambda_1 = \varphi_1 = \varphi_1 = \theta_1 = \theta_1 = 0$	122.65	20.16	12.59	رفض فرضية العدم
الشكل الدالى (كوب-دوجلاس)	$\beta_6 = \dots = \beta_{20} = 0$	39.78	185.9	25	رفض فرضية العدم
تأثيرات عدم الكفاءة	$\gamma = \delta_0 = \delta_1 = \delta_2 = 0$	80.68	104.1	9.48	رفض فرضية العدم
التأثير المشترك لمحددات عدم الكفاءة	$\delta_1 = \delta_2 = 0$	94.31	76.84	5.99	رفض فرضية العدم

أضف إلى ذلك أن المعنوية الإحصائية المرتفعة لقيمة المعلمة  $\gamma$  والتي تقترب من الواحد الصحيح، تشير الى أن حد عدم الكفاءة الفنية على الأرجح له تأثير هام ومعنوى في تفسير التباين في استخدام المدخلات بين شركات التوزيع. وبمعنى آخر، أن التباين في استخدام المدخلات إنما يرجع بشكل أساسى الى عدم الكفاءة الفنية وليس الى الضوضاء الإحصائية.

## 6-2 الفرضيات المتعلقة بدالة مسافة المدخلات المتسامية

تم اجراء ثلاثة اختبارات لثلاث فرضيات تتعلق بالمتغيرات الأساسية لنموذج الدراسة. الفرضية الأولى: وجود تغير فنى محايد، ويستلزم ذلك وضع القيد المسبق بأن  $\lambda_1 = \lambda_1 = \varphi_1 = \varphi_1 = 0$ . والفرضية الثانية تتعلق بعدم وجود تغير تكنولوجى خلال فترة الدراسة، ويستلزم ذلك وضع القيد المسبق بأن  $\lambda_1 = \lambda_1 = \varphi_1 = \varphi_1 = \theta_1 = \theta_1 = 0$ . والفرضية الثالثة تتعلق بدالة كوب دوجلاس، ويستلزم ذلك وضع القيد المسبق بمساواة متغيرات دالة المسافة بالصفر باستثناء  $\theta_1, \beta_2, \beta_1, \alpha_2, \alpha_1$ .

ومن خلال جدول نتائج اختبار الفرضيات (5)، نجد أن إحصاء الاختبار لدالة لوغاريتم الإمكان أكبر من القيم الجدولية ( $\chi^2$ ) للفرضيات الثلاث. ومن ثم يتم رفض فرضيات العدم الثلاث. وهذا يعنى وجود

تغير فنى محابى لبعض المدخلات والمخرجات على حساب البعض الآخر، وأن السماح بوجود تغير تكنولوجى متجسد في المدخلات والمخرجات يمثل توصيفا ملائما لنموذج الدراسة. وأخيرا يشير رفض فرضية عدم الثالثة الى أن الشكل الدالى كوب-دوجلاس لا يعد توصيفا ملائما لقطاع توزيع الكهرباء في مصر وذلك مقارنة بدالة مسافة المدخلات الحدودية المتسامية.

### 6-3 استيفاء الشروط التنظيمية لدالة مسافة المدخلات

تتوقف موثوقية النتائج التي يتم الحصول عليها من الدالة المقدره على استيفاء الدالة المقدره لخصائصها المحددة في نظرية الإنتاج. ووفقا لـ (O'Donnell and Coelli, 2005, p. 495)، فإن شروط الرتبة والانحناء تتضمن قيودا على المشتقات الجزئية لدالة المسافة بشأن كل من المدخلات والمخرجات. إذ أن الدالة المقدره والتي تعبر عن تكنولوجيا توزيع الكهرباء في مصر لا بد وأن تكون غير تزايدية (تناقصية) في المخرجات وغير تناقصية (تزايدية) في المدخلات. وهذا يعنى أن معاملات المخرجات والمدخلات لا بد وأن تأخذ قيما ذات إشارات سالبة وموجبة على الترتيب.

ومن الجدول رقم (4)، نجد أن معاملات الدرجة الأولى المقدره لكل من المخرجات والمخرجات تأخذ قيما ذات إشارات سالبة وموجبة على الترتيب وأنها معنوية إحصائيا، وهذا يشير الى استيفاء الشروط التنظيمية للدالة المقدره والى توافقها مع خصائصها النظرية في دالة الإنتاج. وبما يعنى صلاحية الاعتماد على نتائجها المقدره.

### 6-4 علاقة المدخلات بالمخرجات

يوضح الجدول (4) تقديرات معاملات دالة المسافة الحدودية المتسامية. ويمكن استخلاص النتائج التالية بناء على هذه التقديرات:

أ- تشير مرونة المخرجات (بالقيم المطلقة) الى أن خدمة مزيد من عملاء قطاع التوزيع يتطلب مدخلات أكثر نسبيا من توفير قدر إضافي من الكهرباء للعملاء. إضافة الى ذلك نجد أن مجموع معاملات الدرجة الأولى للمخرجات (بالقيمة المطلقة) أقل من الواحد الصحيح، بما يشير الى تميز هذا القطاع بتناقص العائد بالنسبة للحجم مقدرا ذلك عند متوسط العينة، وبما يعنى أن زيادة كل المدخلات بنسبة 1% تؤدي الى زيادة المخرجات بنسبة 0.635% فقط.

ب- باعتبار أن مرونة المدخلات تمثل حصص تكلفتها في خدمة توزيع الكهرباء، نجد أن تكلفة العمالة تفسر 60% تقريبا من التكلفة الكلية، بينما تفسر تكلفة كل من أطوال الخطوط والكابلات وساعات محولات التوزيع تقريبا 30% و 10% من التكلفة الكلية على الترتيب.

ج- وفيما يتعلق بالتغير التكنولوجي، نجد أن القيمة المقدرة لمتغير معامل الزمن  $\theta_1$  تشير الى أن قطاع توزيع الكهرباء في مصر شهد تقدما تكنولوجيا خلال فترة الدراسة بمعدل معنوي قدره 1.5% سنويا. وعلى الرغم من عدم المعنوية الإحصائية للمعلمة  $\theta_{11}$ ، إلا أنها في نفس اتجاه المعلمة  $\theta_1$ ، بما يشير الى أن هذا التغير التكنولوجي كان تزايديا وليس تناقصيا.

كذلك وعلى الرغم من أن معاملات الزمن في علاقتها بمتغيرات المدخلات والمخرجات غير معنوية، إلا أنه مع ذلك تم رفض فرضية العدم والمتعلقة بالتغير الفني المحايد لهيكس، وهذا يشير الى وجود تغير تكنولوجي مرتبط بالمدخلات والمخرجات. كما نلاحظ أن معاملات الزمن في علاقتها بالمدخلات تقترب من الصفر، بما يمكن معه استنتاج ان التغير التكنولوجي كان محابيا للعمل وخطوط التوزيع بينما كان مستخدما بشكل كبير لساعات محولات التوزيع.

## 7- تحليل الكفاءة الفنية لشركات التوزيع

يوضح الجدول رقم (6) درجات الكفاءة الفنية التي تم الحصول عليها باستخدام المعادلة (23) والتي تمثل توصيفا ملائما لحالة تكنولوجيا توزيع الكهرباء في مصر. ويمكن النظر الى نتائج هذا الجدول من ناحيتين، الأولى على مستوى فترات الدراسة والثانية على مستوى الشركات.

جدول (6) الكفاءة الفنية لشركات توزيع الكهرباء خلال فترات الدراسة

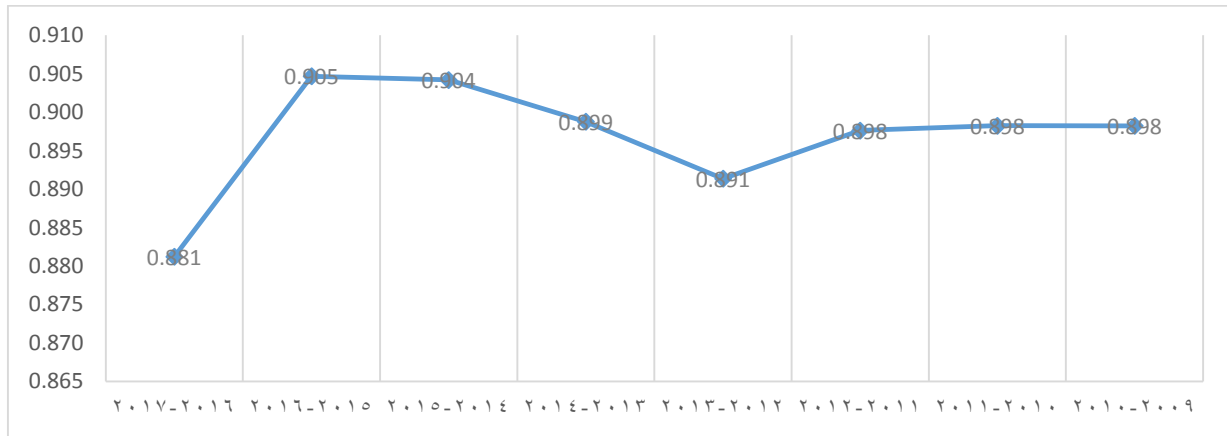
التغير بين السنة الأولى والأخيرة	2016-2017	2015-2016	2014-2015	2013-2014	2012-2013	2011-2012	2010-2011	2009-2010	المتوسط	رتبة الشركة	الشركات
-7.06	0.755	0.870	0.881	0.991	0.928	0.891	0.845	0.812	0.872	5	شمال القاهرة
-13.05	0.858	0.875	0.894	0.917	0.921	0.922	0.957	0.987	0.917	6	جنوب القاهرة
-4.19	0.956	0.983	0.975	0.983	0.977	0.982	0.995	0.998	0.981	2	الإسكندرية
19.64	0.710	0.721	0.744	0.571	0.581	0.613	0.603	0.593	0.642	9	القناة
-0.56	0.985	0.991	0.976	0.981	0.958	0.978	0.986	0.991	0.981	3	شمال الدلتا
-2.49	0.975	0.999	0.996	0.997	0.983	0.980	0.998	1.000	0.991	1	جنوب الدلتا
2.83	0.881	0.882	0.841	0.880	0.869	0.872	0.870	0.857	0.869	8	البحيرة
-4.59	0.875	0.871	0.863	0.850	0.844	0.850	0.901	0.917	0.871	7	مصر الوسطى
0.76	0.937	0.951	0.965	0.920	0.962	0.990	0.929	0.930	0.948	4	مصر العليا
-1.89	0.881	0.905	0.904	0.899	0.891	0.898	0.898	0.898	0.897		المتوسط

## 7-1 الكفاءة الفنية على مستوى فترات الدراسة

وتعكس نتائج الجدول السابق ارتفاع الكفاءة الفنية لقطاع توزيع الكهرباء في مصر خلال الفترة من 2010/09 وحتى 2017/16، والتي بلغت في المتوسط 89.7%.

من ناحية أخرى لا تظهر وجود قيم شاذة للكفاءة الفنية بين سنوات الدراسة المختلفة، إذ تراوحت في مدى لم يتجاوز 2.5%، بما يشير الى ثبات واستقرار أداء قطاع التوزيع عند مستوى مرتفع من الكفاءة الفنية خلال فترة الدراسة. وتعنى هذه النتائج أيضا أنه بالإمكان تقليص مدخلات قطاع التوزيع بنسبة 10% تقريبا مع الإبقاء على نفس القدر من مخرجات هذا القطاع.

شكل (1) التباين في متوسطات الكفاءة الفنية خلال سنوات الدراسة المختلفة



## 7-2 الكفاءة الفنية على مستوى الشركات

يوضح الجدول السابق (6) التباين في مستويات الكفاءة الفنية بين الشركات كل على حدة وخلال سنوات الدراسة المختلفة. ويظهر من الجدول أن أربعة شركات حققت مستويات مرتفعة من الكفاءة الفنية تجاوزت 91%، وكان أبرزها شركة جنوب الدلتا بمتوسط الكفاءة الفنية خلال الفترة كاملة بلغت 99.1%، وأن ثلاث شركات حققت مستويات الكفاءة الفنية تدور حول 87%، وأخيرا حققت شركة القناة أقل مستوى للكفاءة الفنية بمتوسط بلغ 64.2% وذلك على الرغم من حدوث تحسن ملحوظ في مستوى كفاءتها الفنية خلال السنوات الثلاث الأخيرة مقارنة بالسنوات السابقة لها.

كذلك يعكس الجدول السابق وجود حالة من التقلبات في مستويات الكفاءة خلال سنوات الدراسة بالنسبة لبعض الشركات. ويظهر ذلك بوضوح في شركات القناة وشمال وجنوب القاهرة.

## 8- خاتمة البحث

على ما وقف عليه الباحث، تعد هذه الدراسة هي أولى الدراسات التي تتناول قياس الكفاءة الفنية لقطاع توزيع الكهرباء في مصر باستخدام منهج تحليل الحدود العشوائية. وتشير نتائج الدراسة الى ارتفاع متوسط الكفاءة الفنية لشركات توزيع الكهرباء في مصر والذي يصل الى 90% تقريبا خلال فترة الدراسة. كما أظهرت نتائج الدراسة وجود تأثير معنوي إيجابي للمتغيرات البيئية في نموذج الدراسة في رفع مستويات الكفاءة الفنية لشركات التوزيع.

## مراجع البحث

### أولاً: المراجع العربية

- الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء، النشرة السنوية لإحصاء الكهرباء والطاقة، سنوات مختلفة.
- الشركة القابضة لكهرباء مصر، التقرير السنوي، سنوات مختلفة.

### ثانياً: المراجع الأجنبية

- Çelen, A. (2013). The effect of merger and consolidation activities on the efficiency of electricity distribution regions in Turkey. *Energy Policy*, 59, 674-682.
- Cullmann, A., & von Hirschhausen, C. (2008). Efficiency analysis of East European electricity distribution in transition: legacy of the past?. *Journal of Productivity Analysis*, 29(2), 155.
- Damodar N. and Dawn C. (2009). *Basic econometrics*. 5th Edition. The Mc-Graw Hill.
- Farrell, M. (1957) The Measurement of Productive Efficiency, *Journal of the Royal Statistical Society Series A (General)*, 120 (3): 253-281.
- Filippini, M., & Wetzel, H. (2013). The impact of ownership unbundling on cost efficiency: Empirical evidence from the New Zealand electricity distribution sector. *Energy Economics*, 45, 412-418.
- Filippini, M., Hrovatin, N., & Zorič, J. (2004). Efficiency and regulation of the Slovenian electricity distribution companies. *Energy policy*, 32(3), 335-344.
- Fujii, H., & Kaneko, S. (2011). Operational Performance of Regional Electricity Distribution in Indonesia. *國際協力研究誌*, 18(1), 23-30.
- Goto, M., & Tsutsui, M. (2008). Technical efficiency and impacts of deregulation: An analysis of three functions in US electric power utilities during the period from 1992 through 2000. *Energy Economics*, 30(1), 15-38.
- Growitsch, C., Jamasb, T., & Wetzel, H. (2010). Efficiency effects of quality of service and environmental factors: experience from Norwegian electricity distribution.
- Hattori, T. (2002). Relative performance of US and Japanese electricity distribution: an application of stochastic frontier analysis. *Journal of Productivity Analysis*, 18(3), 269-284.
- Hattori, T., Jamasb, T. and Pollitt, M., (2005), 'Electricity distribution in the UK and Japan: a comparative efficiency analysis 1985-1998', *The Energy Journal*, 26(2): 23-47.

- Kumbhakar, S. C., & C. A. K. Lovell (2000), Stochastic Frontier Analysis. New York: Cambridge University Press.**
- Kumbhakar, S. C., Wang, H. J., & Horncastle, A. P. (2015). A practitioner's guide to stochastic frontier analysis using Stata. Cambridge University Press.**
- Lovell, C.A.K., Richardson, S., Travers, P., and Wood, L. (1994), Resources and Functionings: A New View of Inequality in Australia, in W.Eichhorn (ed.), Models and Measurement of Welfare and Inequality, Springer-Verlag, Heidelberg, 1994.**
- Meher, S., & Sahu, A. (2016). Efficiency of electricity distribution utilities in India: a data envelopment analysis. Opec Energy Review, 40(2), 155-179.**
- Mullarkey, S., Caulfield, B., McCormack, S., & Basu, B. (2015). A framework for establishing the technical efficiency of Electricity Distribution Counties (EDCs) using Data Envelopment Analysis. Energy conversion and management, 94, 112-123.**
- O'Donnell, C.J., Coelli, T.J., (2005). A Bayesian approach to imposing curvature on distance function. J. Econ. 126, 493-523.**
- Pérez-Reyes, R., & Tovar, B. (2009). Measuring efficiency and productivity change (PTF) in the Peruvian electricity distribution companies after reforms. Energy Policy, 37(6), 2249-2261.**
- Rasmussen, S. (2010). Scale efficiency in Danish agriculture: an input distance–function approach. European Review of Agricultural Economics, 37(3), 335-367.**
- Rungsuriyawiboon, S., & Coelli, T. (2004). Regulatory reform and economic performance in US electricity generation. Centre for Efficiency and Productivity Analysis.**
- Sadjadi, S. J., & Omrani, H. (2008). Data envelopment analysis with uncertain data: An application for Iranian electricity distribution companies. Energy Policy, 36(11), 4247-4254.**
- Shephard, R. W. (1953), Cost and Production Functions. Princeton, NJ: Princeton University Press.**
- Shephard, R.W., (1970). Theory of Cost and Production Functions. Princeton, N.J.: Princeton University Press.**
- Yu, W., Jamasb, T., & Pollitt, M. G. (2007). Incorporating the Price of Quality in Efficiency Analysis: The Case of Electricity Distribution Regulation in the UK.**