مجلة جامعة الملك عبدالعزيز : الاقتصاد والإدارة، م٤، ص ص ٢٩-٥١ (١٤١١هـ/١٩٩١م)

التغير التقني والنمو الاقتصادي
دراسة عن واقع صناعة الأسمنت السعودية

محيي الدين ياسين أيوب و عبد العزيز أحمد دياب

أستاذ مساعد *أستاذ مشارك*

قسم الاقتصاد - كلية الاقتصاد والإدارة

جامعة الملك عبد العزيز — جدة — المملكة العربية السعودية

المستخلص : شهدت صناعة الأسمنت السعودية نموا هائلا في نهاية السبعينيات وبداية الثمانينيات من هذا القرن. وتهدف هذه الدراسة إلى توضيح وتحليل التغير التقني والإنتاجية في الصناعات السعودية وذلك بالتطبيق على صناعة الأسمنت باعتبارها ثاني أكبر الصناعات السعودية بعد صناعة النفط والبتروكيماويات من حيث الناتج والاستثمار والعمالة.

ولتحقق ذلك تمت الاستعانة بدالة كوب-دوجلاس(Cobb-Douglas) الإنتاجية ومشتقاتها المختلفة لتقدير معاملات عناصر الإنتاج والتغير التقني باستخدام طريقة المربعات الصغرى. وقد ثبت من الدراسة أن نموذج الدالة المتسامية (Transcendental Function) للإنتاج الذي هو أحد تعميمات كوب-دوجلاس الإنتاجية يعطي أفضل النتائج لشرح التغير التقني والإنتاجية في صناعة الأسمنت السعودية، فقد أظهرت النتائج الإحصائية أن مرونتي رأس المال والعمل هما ٠,٣٠٩، ٠,٧٩٩٤ على التالي. أما قيمة معامل التغير التقني فهي ٠,٠٥٩ مما يدل على أن انتاجية صناعة الأسمنت السعودية تزايدت بمعدل ٥,٩٪ سنويا خلال فترة الدراسة من ١٩٦١-١٩٨٧م.

المقدمة

يهتم الاقتصاديون بدراسة العوامل التي تؤثر في الإنتاجية ومن ثم رسم السياسات الملائمة للوصول إلى أفضل النتائج الممكنة بهدف التأثير على حجم ومستوى الإنتاج في الصناعات المختلفة. ونظرا لأن التغير التقني ونسب المزج بين عناصر الإنتاج هي المحددة لمستوى الإنتاجية، فإن حجم الناتج يعتمد اعتمادا كليا على هذه العناصر.

وحيث أن الصناعات في المملكة العربية السعودية، خاصة صناعة الأسمنت، شهدت قفزات كبيرة في الإنتاج للفترة بين ١٩٧٣-١٩٨٦م مما ترتب عليه نمو غير عادي في حجم الناتج بسبب الزيادة الكبيرة في حجم المدخلات والتطور التقني الذي واكب هذه الصناعة، فإننا نتساءل عن الدور الذي لعبه التغير التقني في نمو هذه الصناعة.

ويهدف هذا البحث إلى محاولة الإجابة على ذلك التساؤل باستخدام الأسلوب القياسي المناسب والمتمثل في نموذج دالة كوب-دوجلاس (Cobb-Douglas) والنماذج الأخرى المشتقة منها، وقد تم تجميع بيانات عن إسهامات عناصر الإنتاج (رأس المال والعمل) للفترة التي تغطيها الدراسة (١٩٦١- ١٩٨٧م).

وباستخدام طريقة المربعات الصغرى (OLS) تبين أن أفضل نموذج يشرح العلاقة بين التغير التقني وحجم الناتج من الأسمنت في المملكة العربية السعودية هو نموذج الدالة المتسامية (Transcendental) للإنتاج بالإضافة إلى نموذج دالة كوب-دوجلاس.

تطور صناعة الأسمنت بالمملكة العربية السعودية

تعتبر صناعة الأسمنت بالمملكة من أكبر الصناعات بعد صناعة الزيت والبتروكيماويات وذلك من حيث حجم الإنتاج والاستثمار والعمالة. وقد بدأت هذه الصناعة في عام ١٩٥٨م بمصنع صغير في جدة بفرن واحد بطاقة قدرها ٣٠٠ طن في اليوم الواحد وأنتج في ذلك العام ٣٠٠٠٠ طن. ومنذ ذلك الحين توسع هذا القطاع بشكل هائل. وكان نمو الإنتاج بشكل تدريجي حتى وصل إلى ٩١١,٠٠٠ طن عام ١٩٧٢م كما هو واضح من الجدول رقم (١). ويوجد في المملكة الآن ثماني شركات لديها ستة وعشرون فرنا بطاقة إنتاجية قدرها ٣٤ ألف طن من اسمنت بورتلاند في اليوم الواحد.

جدول رقم (١)

إنتاج واستهلاك الاسمنت السنوي بالآلاف الأطنان

السنة	الإنتاج المحلي	الاستيراد	الاستهلاك الكلي	نسبة الإنتاج المحلي إلى الاستهلاك
١٩٥٨	٣٠,٣	٣٤٦,٨	٣٧٧,١	٨,٠
١٩٥٩	٧٨,٨	٢٢٩,٥	٣٠٨,٣	٢٥,٦
١٩٦٠	٨٩,٦	٢٧٠,٨	٣٦٠,٤	٢٤,٩
١٩٦١	١٢٠,٢	٢٣٤,٠	٣٥٤,٢	٣٣,٩
١٩٦٢	١٩٦,٢	٢٧٥,٧	٤٧١,٩	٤١,٦
١٩٦٣	٢٧١,٠	٢٠١,٥	٤١٨,٥	٥١,٨
١٩٦٤	٢٥٨,٥	٣٣٩,٧	٥٩٨,٢	٤٣,٢
١٩٦٥	٢٥٠,٢	٤٩١,٨	٧٤٢,٠	٣٣,٧
١٩٦٦	٣٢٣,٢	٤٥٦,٠	٧٧٩,٢	٤١,٥
١٩٦٧	٤٧١,٦	٢٩١,٦	٧٠٩,٢	٥٨,٩
١٩٦٨	٥١٠,٨	٤٩٠,٣	١٠٠١,١	٥١,٠
١٩٦٩	٥٧٤,١	٦٨٥,٧	١٢٥٩,٨	٤٥,٦
١٩٧٠	٦٦٦,٩	٤٦٣,٧	١١٣٠,٦	٥٩,٠
١٩٧١	٧٠٣,٤	٥٤٩,٩	١٢٥٣,٣	٥٦,١
١٩٧٢	٩١١,١	٢٩٩,٥	١٢١٠,٦	٧٥,٣
١٩٧٣	١٠٠٨,٣	٢٠٨,٥	١٢١٦,٨	٧٨,٢
١٩٧٤	١٠٥٦,٦	١٥١٠,٧	٢٥٦٧,٣	٤١,٢
١٩٧٥	١٠١٢٥,٤	١٨٢٥,٨	٢٩٥١,٢	٣٨,٢
١٩٧٦	١٠١٤٣,٠	٢٧٩٥,٠	٣٩٣٨,٠	٢٩,٠
١٩٧٧	١٠٢٩٢,٤	٥٣٥٦,٠	٦٦٤٨,٤	١٩,٤
١٩٧٨	١٠٧٩٠,٧	٦٦٧٩,٠	٨٤٦٩,٧	٢١,١
١٩٧٩	٢٠٦٤٧,٦	٦٢٨٠,٠	٨٩٢٨,٠	٢٩,٧
١٩٨٠	٢٠٩١٠,٦	١٠٠٢,٠	١٢٩١٢,٦	٢٢,٥
١٩٨١	٤٠٧٨٠,٨	٩٥٠١,٤	١٤٢٨٢,٢	٣٣,٥
١٩٨٢	٧٠٠٩٠,٣	١٠٩٠٥,١	١٧٦٩٥,٤	٤٠,١
١٩٨٣	٨٠١٢٦,٠	١٤٩٦٠,٣	٢٣٠٨٦,٣	٣٥,٢
١٩٨٤	٧٠٥٠٤,٢	١٢١١٨,٤	١٩٦٢٢,٦	٣٨,٢
١٩٨٥	٩٠٨٥٤,٠	٥٠٧٨,٧	١٤٩٣٢,٧	٦٦,٠
١٩٨٦	٩٠٢٣١,٦	٢٦٧٧,٣	١١٩٠٨,٩	٧٧,٥
١٩٨٧	٨٠٦٧٦,٤	١٩٩٢,٤	١٠٥٩٨,٨	٨١,٩

المصدر: مؤسسة النقد العربي السعودي، التقرير السنوي، الرياض، للأعوام، ١٩٧٥– ١٩٨٨م.

ولقد فاق نمو صناعة الأسمنت كل تصور في السبعينيات والثمانينيات حيث بلغ معدل النمو السنوي للإنتاج ٢٢,٤٪ في الفترة ما بين ١٩٥٨-١٩٨٣م. ولعل معدل النمو السنوي للناتج المحلي الإجمالي البالغ ٢٣,٢٣٪ في الفترة من ١٩٧٣-١٩٨٣م، إضافة إلى الإنفاق العمراني الذي تجاوز ٣٤٪ من حجم الناتج المحلي الاجمالي لنفس الفترة، يفسر هذا المعدل الهائل للنمو في هذه الصناعة. ومن أهم العوامل التي ساعدت على توسع صناعة الأسمنت بالمملكة مايلي:

١- التزايد الهائل في الطلب على الأسمنت.

٢- توفر الطاقة بسعر رخيص جدا.

٣- الدعم الحكومي المستمر عن طريق القروض الصناعية والإعفاءات الجمركية.

أما استهلاك الأسمنت فقد ارتفع بدرجات كبيرة لمواجهة التطور العمراني الهائل بالمملكة. وقد بلغ معدل النمو السنوي لاستهلاك الأسمنت أكثر من ١٦٪ للفترة من ١٩٥٨-١٩٨٣م. ففي عام ١٩٥٨م بلغ حجم الأسمنت المستهلك ٣٧٧ ألف طن، بينما بلغ الاستهلاك في عام ١٩٨٣م أكثر من ٢٣ مليون طن. وهو معدل استهلاك يزيد عن ٢,٥ طن للفرد الواحد في تلك السنة كما هو واضح من الجدول رقم (١). ومن أهم العوامل التي أدت إلى زيادة استهلاك الأسمنت في المملكة ما يلي:

١- ارتفاع متوسط دخول الأفراد ومستويات معيشتهم.

٢- الهجرة من المناطق الريفية إلى المناطق الحضرية.

٣- ارتفاع العائد الاستثماري في العقارات.

٤- التطور السريع في التنمية الاقتصادية بالمملكة.

الأسس النظرية للدراسة

إن إنتاج حجم معين من منتج ما يكون عن طريق المزج بين مجموعة من عناصر الإنتاج مثل العمل ورأس المال طبقا للإمكانات الفنية المتاحة. وتهدف المنشآت إلى تحقيق أكبر حجم ممكن من الناتج وفقا لتوليفة معينة من عناصر الإنتاج. وافتراض أن دالة الإنتاج هي:

$$Y = f(K,L)$$

حيث أن: Y ترمز لحجم الناتج (المخرجات)

K ترمز لرأس المال

L ترمز للعمل

ويقاس الناتج كوحدات أو كقيمة إجمالية للوحدات خلال فترة زمنية ما. أما عناصر الإنتاج تقاس بخدمات كل عنصر، فالعمل يمكن أن يقاس بعدد ساعات العمل أو بعدد العمال بينما يمكن قياس رأس المال بصافي الاهلاك أو بعدد الوحدات العاملة خلال نفس الفترة الزمنية. ويفترض أن دالة الإنتاج تتوافر فيها الخصائص التالية:

$$F(O,K) = f(O,L) = 0$$

الأمر الذي يؤكد ضرورة توافر عنصري الإنتاج لإنتاج المنتج. كذلك من الضروري أن يكون الناتج الحدي لكل عنصر غير سالب، أي أن

$$\partial f / \partial K \geq O$$
$$\partial f / \partial KL \geq O$$

ويستوجب أن تكون مصفوفة هيشان (Hessian) للتفاضل الجزئي الثاني لدالة الإنتاج سالبة لتأكيد الانحناء المناسب للكميات المتساوية.

وأحد أهم دوال الإنتاج ذات الاستخدام الشائع هي دالة كوب–دوجلاس (Cobb-Douglas) التي تأخذ الشكل التالي:

$$Y = akaLb$$

حيث أن a, A , b معاملات ثابتة موجبة. والأخيران يمثلان مرونات رأس المال والعمل على التوالي، ذلك أن

$$a - (K/Y)(\partial Y / \partial K)$$
$$b - (L/Y)(\partial Y / \partial L)$$

مما يستوجب أن قيم كل من a , b محصورتان بين صفر وواحد صحيح. وبالتالي نجد أن

$$a + b \leq 1$$
$$>$$

ومن خصائص هذه الدالة ثبات قيم معاملي عنصر الإنتاج. كما أن مجموع قيم المرونات يعطي درجة تجانس الدالة. وهذه الدالة خطية إذا كتبت في صورة اللوغاريتمات للمتغيرات الداخلة في تكوينها. وبأخذ اللوغاريتمات وإضافة عنصر الخطأ العشوائي فإن الدالة تصبح :

$$1nY = 1nA + a \cdot 1nk + b1nL + \sum$$

فالتغيرات التي تحدث في دالة الإنتاج عبر الزمن تتأثر بالتركيبات المختلفة لعناصر الإنتاج، الأمر الذي يؤدي إلى زحف الدالة إلى أحد أشكال التغير الزمني. وبإضافة عامل الزمن لدالة إنتاج كوب–دوجلاس

$$Y=f(K,L,t)$$

حيث أن t ترمز لعامل الزمن(١)

ويمكن الحصول على التغير في الناتج بإجراء التفاضل الكلي للناتج بالنسبة لعنصر الزمن

$$\frac{dy}{dt}=\frac{\partial f}{\partial K}\frac{dk}{dt}+\frac{\partial f}{\partial L}\frac{dL}{dt}+\frac{\partial f}{\partial t}$$

ويبين التفاضل السابق إسهام كل من رأس المال والعمل، والزمن في التغيرات التي تحدث في حجم الناتج. فالجزء الأخير من الجانب الأيمن للمعادلة يبين ذلك التغير الذي يحدث في الناتج دون أن يكون لأي من المدخلات دور فيه (أي زحف دالة الإنتاج)، بينما يبين الجزآن الأولان من الجانب الأيمن للمعادلة إسهام كل من عنصر رأس المال وعنصر العمل في تغير حجم الناتج.

ويكون التغير التقني (المقاس بعنصر الزمن) محايدًا أو ما يسمى (Hicks-Neutral) إذا لم يؤثر في معدل الإحلال بين عناصر الإنتاج. فالتغير التقني المحايد يؤدي إلى انتقال الكميات المتساوية لدالة الإنتاج بشكل منتظم إلى نقطة الأصل بدون أي تغيير في ميل الكميات المتساوية.

وبافتراض أن معدل التغير التقني المستغل النسبي ثابت، وأن هذا المعدل نرمز له بالرمز Z.

وبقسمة أطراف المعادلة السابقة على الناتج نحصل على المعادلة التالية:

$$\frac{1}{Y}\frac{dY}{dt}=a\frac{1}{K}\frac{dK}{dt}+b\frac{1}{L}\frac{dL}{dt}+Z$$

وبالنسبة لدالة كوب–دوجلاس يمكن أن نحصل على :

$$Y=\left(A_o e^{zt}\right)L^a K^b$$

(1) **R. SoIow**, "Technical Change and the Aggregate Production Function", *Review of Economics and Statistics*, vol. **39**, 1957, p. 78.

الذي يمكن كتابته في الصورة اللوغاريتمية كما يلي:

$$\ln Y = \ln A_o + a \ln K + b \ln L + zt$$

وبأخذ التفاضل

$$\frac{d \ln Y}{dt} = \frac{1}{Y} = \frac{dY}{dt} = a \frac{1}{K} \frac{dK}{dt} + b \frac{1}{L} \frac{dL}{dt} + z$$

وعلى هذا فإن قيمة e^{zt} تعبر عن التغير التقني المحايد الذي لا يعتمد على عناصر الإنتاج المستخدمة (disembodied)، أما التغير التقني المحايد الذي يعتمد على عناصر الإنتاج المستخدمة (embodied) فيمكن الحصول عليه من المعادلة السابقة، أي أن[٢]:

$$Z = \frac{1}{Y} \frac{dY}{dt} - a\left(\frac{1}{K} \frac{dK}{dt}\right) - b\left(\frac{1}{L} \frac{dL}{dt}\right)$$

الدراسات التطبيقية السابقة

إن كلا من عناصر الإنتاج والتغير التقني يعتبر حجر الزاوية في تحديد حجم الناتج. فزيادة التقدم التقني مثلا تؤدي إلى ارتفاع إنتاجية المنشآت مما يترتب عليه الزيادة في حجم الناتج. ومن أهم الدراسات التي تناولت موضوع التغير التقني وأثره في الناتج هي تلك التي قام بها كل من سولو (Solow)، هانز بنزوانجر (H.Binswanger)، موراي براون (M.Brown)، أوكرست (O.Aukrust)، وانتزيليجاتور (M.Intriligator) وغيرهم. وفيما يلي عرض مختصر لأهم هذه الدراسات.

في عام ١٩٦٦م قام موراي براون بدراسة التغير التقني في الولايات المتحدة للفترة من ١٨٩٠-١٩٦٠ باستخدام دالة كوب-دوجلاس معتمدًا التغير في المتغيرات، واستخدم في ذلك النموذج التالي:

$$\Delta \ln Y = a \ln \Delta L + b \ln \Delta K + z$$

وكانت دراسته على أساس كامل فترة السبعين عاما، ثم تقدير التغير التقني لأربع فترات زمنية منفصلة. وقد وجد براون أن أعلى تغير تقني كان للفترة ١٩٢٩-١٩٣٩م وأدناه للفترة ١٨٩٠-١٩٠٦م. إلا أن تقدير التغير التقني لكامل الفترة قريب من تقديرات جميع الفترات ما عدا الفترة ١٨٩٠-١٩٠٦م الذي كان ضئيلا للغاية وبمعنوية إحصائية صغيرة جدا[٣].

(2) M. Intriligator, *Econometric Models, Techniques, and Applications*, Prentice Hall Inc., Englewood, Nj, 1978, p. 290.

(3) M. Brown, *On the Theory and Measurement of Technical Change*, N,Y.: Cambridge University Press, 1966, pp. 110-20.

ومن الدراسات التي تمت في هذا المجال البحث الذي قام به سولو عام ١٩٥٧م لقياس معدل التغير التقني في إنتاج الصناعات غير الزراعية بالولايات المتحدة للفترة ١٩٠٩-١٩٤٩م. ووجد أن العائد النسبي ثابت للمنتجات، وأن التغير التقني أدى إلى زيادة الإنتاجية بمعدل ١,٥٪ في السنة. وهذا التقدير أعلى كثيرا[٤] من تقدير براون.

وفي عام ١٩٧٤م قام هانز بنزوانجر بدراسة تحيزات التغير التقني في الإنتاج ذي العوامل المتعددة واستخدم لقياس هذه التحيزات دالة التكلفة اللوغاريتمية المتسامية وطبق النموذجين على بيانات الزراعة في الولايات المتحدة الأمريكية[٥].

وقد قام أوكرست[٦] في عام ١٩٥٩م بدراسة الإنتاج والتغير التقني في النرويج للفترة ١٩٠٠- ١٩٥٥م باستخدام دالة كوب-دوجلاس للإنتاج. وقد دلت نتائج دراسته على أن تقدير التغير التقني النرويجي أعلى من تقدير التغير التقني الأمريكي الذي حصل عليه براون لجميع الفترات، وأعلى من تقديرات سولو أيضا. وأن مرونات العمل في النرويج أعلى من تقديرات براون وسولو، إلا أن مرونات رأس المال النرويجي المقدرة أقل من مثيلاتها التي حصل عليها كل من براون وسولو.

وفي عام ١٩٦٥م قام أنتزيليجاتور[٧] بدراسة وتقدير التغير التقني والإنتاجية للصناعة الأمريكية للفترة من ١٩٢٩ وحتى ١٩٥٨م. وتدل نتائج الدراسة على أن مرونات العمل أعلى من نظيراتها في الدراسات الأخرى بينما كانت مرونات رأس المال أقل. أما تقدير معامل التغير التقني فقد كان قريبا للغاية من التقديرات الأخرى فيما عدا التقدير الذي حصل عليه براون.

ويوضح الجدول رقم (٢) خلاصة نتائج الدراسات التي سبق الإشارة إليها.

(4) **R. Solow,** "Technical Change and the Aggregate production Function", *Review of Economics and Statistics*, vol. **39**, 1957, pp. 315-19.
(5) **H. Binswanger**, "The Measurement of Technical Change Biases with Many Factors of Production", *American Economic Review*, Dec. 1974, p. 975
(6) O. Aukrust, "Investment and Economic Growth", *Productivity Measurement Review*, vol. 16, pp. 35-53.
(7) M. Intriligator, Embodied Technical Change and Productivity in the United States, *Review of Economics and Statistics*, vol. **47**, 1965, pp. 65-70.

جدول رقم (٢)

مقارنة نتائج الدراسات التطبيقية

الدراسة	مرونة العمل	مرونة رأس المال	التغير التقني	موضع الدراسة	الفترة الزمنية
سولو	٠,٦٥	٠,٣٥	٠,٠١٥	أمريكا	١٩٠٩-١٩٤٩
بروان	٠,٣٢٥	٠,٥٥٢	٠,٠٠٦١	أمريكا	١٨٩٠-١٩٦٠م
اوكرست	٠,٧٦	٢،	٠,٠١٨	النرويج	١٩٠٠-١٩٥٥م
انتزيلجاتور	٠,٨٧٢	٠,١٣٨	٠,٠١٣٨	أمريكا	١٩٢٩-١٩٥٨م

النموذج الاقتصادي

يوضح هذا النموذج العلاقة بين التغير التقني وحجم الناتج في صناعة الأسمنت بالمملكة العربية السعودية، ومن هذه العلاقة يمكننا تقدير ليس فقط قيم معامل التغير التقني وإنما أيضا قيم معاملات عناصر الإنتاج المستخدمة. وحيث أننا سنستخدم دالة كوب-دوجلاس، فإن قيم معاملات المدخلات تدل على مرونات هذه العناصر. هذا وسيتم اختبار هذه العلاقة من خلال البيانات التي تم الحصول عليها عن هذه الصناعة.

أولا: فرضيات النموذج

نظرا لاستخدامنا دالة كوب-دوجلاس لمعرفة أثر التغير التقني في حجم ناتج صناعة الأسمنت بالمملكة العربية السعودية، فإن هذا النموذج يقوم على الفرضيات الخاصة بهذه الدالة. هذه الفرضيات تتلخص فيما يلي:

١- أن حجم الناتج في هذه الصناعة يعتمد على عنصر رأس المال وعلى عنصر العمل.

٢- أن التغير النسبي في الناتج يعتمد على التغير النسبي في رأس المال وعلى التغير النسبي في عنصر العمل.

٣- أن قيم المعاملات تدل على مرونات عناصر الإنتاج.

٤- أن مجموع قيم مرونات عنصري الإنتاج يعطي درجة تجانس الدالة.

٥- أن التغير التقني يعتمد على عناصر الإنتاج (embodied) وعلى عناصر أخرى (disembodied).

٦- أن التغير التقني هو تغير محايد.

ثانيًا: صياغة النموذج

يقوم هذا النموذج على أن حجم الناتج في صناعة الأسمنت بالمملكة العربية السعودية يعتمد على رأس المال، العمل، والتغير التقني، أي أن:

$$Y = \left(Ae^{zt}\right)K^{a}\,L^{b}$$

حيث أن: A, a , b معاملات ثابتة موجبة.

Y ترمز لحجم إنتاج الأسمنت في المملكة.

K, L عنصري رأس المال والعمل على التوالي.

z معدل التغير التقني t.

كذلك نفترض بأن المشتقات الجزئية الأولى لهذه الدالة بالنسبة لمحدداتها(٨) هي:

$$\frac{\partial y}{\partial K} > O \qquad \frac{\partial Y}{\partial L} > O \qquad \frac{\partial Y}{\partial e} > O$$

أي أنه مع بقاء العوامل الأخرى على حالها.، يمكن التوقع بزيادة (انخفاض) إنتاج الأسمنت في المملكة العربية السعودية كلما:

١- ازداد (انخفض) حجم رأس المال المستخدم.

٢- ازداد (انخفض) حجم العمل المستخدم.

٣- تحسن (تدهور) التغير التقني في هذه الصناعة.

وبوضع دالة كوب-دوجلاس في الصورة اللوغاريتيمية نجد أنها تصبح كما يلي:

$$LnY = \ln A_{o} + a\ln K + b\ln L + zt$$

ومن المعروف أن دالة كوب-دوجلاس قد جرى تعميمها بعدة طرق بحيث تعطي نماذج إنتاجية أخرى. ومن هذه النماذج التي جرى اشتقاقها من دالة كوب-دوجلاس نموذج دالة نيرلوف – رينجستاد (Nerlov-Ringstad) الإنتاجية الذي يأخذ الشكل التالي(٩):

$$Y^{1+c1ny} = AK^{a}\,L^{b}$$

---

(٨) نفترض هنا تحقق الشروط الكافية.

(9) **V. Ringstad**, Econometric Analysis Based on Production Function with Neutrally Variable Scale Elasticity, *Sweedish Journal of Economics*, vol. **69**, 1967, pp. 118-125.

وفيه نجد أن c أكبر من أو تساوى الصفر. وفي حالة مساواته بالصفر فإن الدالة تختزل بطبيعة الحال إلى دالة كوب–دوجلاس. وهذا النموذج يمكن تقديره بأخذ الصيغة اللوغاريتمية له.

$$\ln Y + C(\ln Y)^2 = \ln A + a \ln K + b \ln L$$

ومن النماذج المشتقة من دالة كوب–دوجلاس أيضًا الدالة اللوغاريتمية المتسامية (Translog) الإنتاجية التي تأخذ الشكل التالي[١٠]:

$$Y = AK^a L^b (KL) l + q \ln k + d \ln L$$

وحتى يمكن تقدير هذه الدالة لابد من تحويلها للصيغة اللوغاريتمية كما يلي:

$$\ln Y = \ln A + a \ln K + b \ln L + l \ln K \ln l + q (\ln K)^2 + d (\ln L)^2$$

كما هو واضح من هذا النموذج فإنه يحتوي على مربعات قيم المتغيرات اللوغاريتمية علاوة على القيمة اللوغاريتمية المتقاطعة للمتغيرات ولوغاريتمات المتغيرات. هذا النموذج يختزل إلى دالة كوب–دوجلاس إذا آلت قيم معاملات المتغيرات الثلاث الأخيرة صفرا. ولهذا النموذج مزايا هائلة في دراسة إمكانيات الإحلال بين عناصر الإنتاج كما أنه يظهر مرونة إحلال غير وحدوية شريطة تواجده.

ومن النماذج التي تُستخرج من دالة كوب–دوجلاس للإنتاج نموذج الدالة المتسامية (Transcendental) للإنتاج الذي يأخذ الشكل التالي[١١]:

$$Y = AK^a A^b {}_e qk + l L$$

في هذا النموذج نجد أن قيمة A موجبه بينما كل من l و q له قيمة سالبة أو مساوية للصفر. وفي حالة مساواتها بالصفر فإن النموذج يختزل إلى دالة كوب–دوجلاس. ويمكن تقدير هذه الدالة بأخذها للصيغة اللوغاريتمية.

$$1nY = 1nA + s\,1nK + b\,1nL + qK + l L$$

(10) **L. Christensen, D. Jorgenson,** and **L. Lau**, Transcendental Logarithmic Production Frontiers, *Review of Economics and Statistics*, vol. **55**, 1973, pp. 28-45.

(11) **A. Halter, H. Carter,** and **J. Hocking**, A Note on Transcendental Production Function, *Journal of Farm Economics*, vol. **39**, 1957, pp. 966-74.

ويلاحظ على النموذج استخدامه للقيم الأصلية للمتغيرات المستقلة بالإضافة إلى القيم اللوغاريتمية لها. ومن مزايا هذا النموذج أنه يسمح بمرونات إنتاج وإحلال متغيرة في مجال عناصر الإنتاج، كما أنه يرى إمكانية تزايد الناتج الحدي قبل النزول النهائي للدالة.

وأخيرًا من النماذج المشتقة من دالة كوب-دوجلاس، ويعتبر وجها آخر للدالة المتسامية نموذج زيلنر-ريفانكر (Zellner-Revankal) للإنتاج والذي يأخذ الشكل التالي(١٢):

$$Ye^{cy} = AK^{s}L^{b}$$

حيث أن C موجبة أو مساوية للصفر. وعند مساواتها بالصفر يُختزل النموذج إلى دالة كوب-دوجلاس ويمكن تقديره بأخذ اللوغاريتمات كما يلي:

$$1nY + CY = 1nA + s\,1nK + b\,1nL$$

ثالثًا: توصيف النموذج

لمعرفة أثر التغير التقني على إنتاج صناعة الأسمنت في المملكة العربية السعودية، قمنا بتقدير دالة كوب-دوجلاس ومشتقاتها وذلك بعد تجميع البيانات اللازمة بالاتصال المباشر بمصانع الأسمنت في المملكة. ولتوصيف هذه الدالة قمنا بتحديد الفترات المختلفة وبيان كيفية استخدامها.

متغيرات النموذج

أن المتغيرات المستخدمة في النموذج الاقتصادي الخاص بأثر التغير التقني في إنتاج الأسمنت بالمملكة هي:

المتغير التابع: إنتاج صناعة الأسمنت في المملكة العربية السعودية سنويا بآلاف الأطنان.

المتغيرات المستقلة: وتشمل ما يلي:

العمل: عدد ساعات العمل السنوية.

رأس المال: قيمة الاستهلاك السنوي.

التغير التقني: الزمن بالسنوات.

(12) **A. Zellner,** and **N. Revanker**, Generalized Production Function, *Review of Economic Studies*, vol. **36**, 1969, pp. 241-50.

تحديد شكل الدالة

لقد توصل معظم الباحثين إلى أن الدالة اللوغاريتمية هي أفضل دالة يمكن استخدامها في مثل هذا النوع من الدراسة، فهي تقدم أفضل النتائج لعدة أسباب أهمها ما يلي:

١- أن الدالة اللوغاريتمية تسمح بالتأثير المشترك لعناصر الإنتاج في معادلة الانحدار، بمعنى أن نموذج الدالة اللوغاريتمية يسمح للكمية من الناتج أن تتغير تناسبيا مع حجم عناصر الإنتاج المستخدمة.

٢- أن قيم معاملات الدالة اللوغاريتمية يمكن تفسيرها بمقدار التغير النسبي في كمية الناتج من الأسمنت الناتجة عن تغير قدرة وحدة واحدة في أحد عناصر الإنتاج المستخدمة (مع افتراض بقاء العوامل الأخرى على حالها).

٣- أن الدالة اللوغاريتمية تقلل من وجود خاصية عدم ثبات تباين عنصر الخطأ العشوائي (Heteroskedasticity).

النتائج الإحصائية للدراسة

بعد تفريغ البيانات تم استخدام طريقة المربعات الصغرى (Ordinary-Least Squares) لتقدير دالة كوب-دوجلاس ومشتقاتها لصناعة الأسمنت في المملكة العربية السعودية. وفيما يلي شرح لنتائج هذه الدراسة.

أولاً: نموذج كوب-دوجلاس

إن نتائج استخدام هذه الدالة لتقدير مرونات رأس المال والعمل والتغير التقني موضحة في الجدول رقم (٣).

يبين الجدول رقم (٣) أن قيمة معامل التحديد للنموذج الاقتصادي (دالة كوب-دوجلاس) هي ٠,٩٩٦١، الأمر الذي يدل على أن هذه العلاقة تشرح العلاقة الأصلية بنسبة ٩٩,٦١٪. وبمعنى آخر فإن كلا من العمل ورأس المال والتغير التقني يشرح حجم الناتج من الأسمنت في المملكة العربية السعودية بنسبة ٩٩,٦١٪. كذلك يتضح من الجدول نفسه أن قيمة اختبار المعنوية الإحصائية (ف) هي ١٦٢٦ . أي أنه يمكن رفض فرض العدم القائل بأنه لا توجد علاقة بين حجم ناتج الأسمنت والمتغيرات المستقلة الثلاثة.

جدول رقم (٣)

قيمة معامل التغير التقني ومرونات عناصر الإنتاج لدالة كوب-دوجلاس

المتغير المستقل	المعامل	الخطأ المعياري	نسبة (ت) تحت فرض العدم
الثابت	١,٢٨١-	١,٣٠٢٣	٠,٣٢٨٩-
اللوغاريتم الطبيعي لرأس المال	٠,٤٣٣٥	٠,٠٤٤٤	٩,٧٧
اللوغاريتم الطبيعي للعمل	٠,٤٤٠٩	٠,١٧٠٣	٢,٥٨٩
التغير التقني	٠,٠١٨٨	٠,٠١٨٠	١,٠٤١٧

معامل التحديد ($ر^{٢}$) = ٩٩,٦١

قيمة المعامل الإحصائي (ف) = ١٦٢٦

وبالنظر إلى إشارة وقيمة كل متغير من المتغيرات المستقلة الثلاث نجد أنها جميعا تحمل نفس الإشارة المتوقعة، لكن التغير التقني لا يجتاز اختبار المعنوية الإحصائية (ت) مما يجعلنا غير قادرين على الوثوق بقيمته إحصائيا.

ويبين الجدول رقم (٣) أن مرونات رأس المال والعمل هما ٠,٤٣، ٠,٤٤ على التوالي، مما يدل على أنه بزيادة عنصر رأس المال بمقدار عشرة في المائة فإن حجم الناتج سيزداد بمقدار ٤,٣٪، بينما زيادة عنصر العمل بمقدار عشرة في المائة سيؤدي إلى زيادة حجم الناتج بمقدار ٤,٤٪ بافتراض بقاء العوامل الأخرى على حالها وذلك بدرجة ثقة قدرها ٩٥٪ على الأقل. كذلك يلاحظ من الجدول رقم (٣) أن المعنوية الإحصائية للتغير التقني منخفضة، الأمر الذي قد يبدو معقولا من حيث أن إنتاجية صناعة الأسمنت ارتفعت بسبب الإضافات الرأسمالية التي حدثت لها، أي بفعل المدخلات.

ثانيًا: النماذج المشتقة الأخرى

بعد تقدير قيمة معامل التغير التقني ومرونات عناصر الإنتاج باستخدام دالة كوب-دوجلاس وجدنا من الأفضل تقدير دوال الإنتاج المشتقة الموضحة في النموذج الاقتصادي لهذه الدراسة. وكانت النتائج الإحصائية على الوجه التالي:

نموذج نيرلوف-رينجستاد

يبين الجدول رقم (٤) نتائج تقدير هذه الدالة لمرونات رأس المال والعمل وأثر التغير التقني في ناتج صناعة الأسمنت بالمملكة العربية السعودية.

جدول رقم (٤)

قيمة معامل التغير التقني ومرونات عناصر الإنتاج لدالة نيرلوف–رينجستاد

المتغير المستقل	المعامل	الخطأ المعياري	نسبة (ت) تحت فرض العدم
الثابت	٤٦,٤٣-	٢٠,٩٥٧٤	٣,٠٧٤٤-
اللوغاريتم الطبيعي لرأس المال	٨,٩٧١	٠,٩٩١٧	١١,٥٥٧
اللوغاريتم الطبيعي للعمل	٣,٦٤٥	٢,٩٩١٧	١,٢١٩
التغير التقني	٠,٠١٦	٠,٣١٤٥	،٠٥١٢

معامل التحديد ($ر^{٢}$) = ٩٩,٥١

قيمة المعامل الإحصائي (ف) = ١٣٥٧

يتضح من الجدول رقم (٤) أن قيمة معامل التحديد ($ر^{٢}$) تساوي ٠,٩٩٥١، مما يدل على أن عنصري الإنتاج (رأس المال والعمل) والتغير التقني يشرحان ناتج صناعة الأسمنت في المملكة بنسبة ٩٩,٥١٪. ونظرا لأن قيمة اختبار المعنوية الإحصائية (ف) هي ٠,١٣٥٧ فإننا نرفض فرض العدم القائل بأنه لا يوجد علاقة بين هذه المتغيرات المستقلة وحجم الناتج من الأسمنت في المملكة العربية السعودية.

ويبين الجدول رقم (٤) أن مررنة رأس المال تساوى ٨,٩٧ مما يدل على أن زيادة عنصر رأس المال بمقدار ١٠٪ يؤدي إلى زيادة حجم الناتج من الأسمنت بمقدار ٨٩,٧٪ وذلك بدرجة ثقة – قدرها ٩٩٪. أما قيمة مرونة العمل فهي ٣,٦٤٥ مما يعني أن زيادة عدد ساعات العمل بمقدار ١٠٪ سيؤدي إلى زيادة حجم الناتج بمقدار ٣٦,٤٥٪. إلا أن عدم اجتياز هذا المعامل لقيمة المعيار الإحصائي (ت) يجعلنا غير قادرين على الوثوق بقيمته إحصائيا. أما قيمة معامل التغير التقني فهي ٠,٠١٦ مما يدل على أن معدل الزيادة السنوي في إنتاجية صناعة الأسمنت هو ١,٦٪ خلال فترة الدراسة (١٩٦١–١٩٨٧)، لكن لا يمكن الوثوق بهذه النتيجة إحصائيا لانخفاض قيمة المعنوية الإحصائية (ت) بدرجة كبيرة.

نموذج الدالة اللوغاريتمية المتسامية

إن النتائج الإحصائية لدالة الإنتاج هذه موضحة في الجدول رقم (٥) التالي:

يلاحظ من الجدول رقم (٥) أن معنويات جميع المعاملات ضعيفة للغاية ولا تجتاز اختبار المعنوية الإحصائية (ت) بدرجة مقبولة مما يجعلنا غير قادرين على الوثوق بقيم هذه المعاملات

إحصائيا. فالنتائج الإحصائية لدالة اللوغاريتمية المتسامية أظهرت أن قيم المعيار الإحصائي (ت) لكل منها قيمة مطلقة أقل من الواحد الصحيح فيما عدا معامل مربع اللوغاريتم الطبيعي لعنصر رأس المال الذي كانت قيمة (ت) له تساوى (-١,٠٨).

جدول رقم (٥)

قيمة معامل التغير التقني ومرونات عناصر الإنتاج للدالة اللوغاريتمية المتسامية

المتغير المستقل	المعامل	الخطأ المعياري	نسبة (ت) تحت فرض العدم
الثابت	-١١,٢٥٦	١٦,٧٥٢	-٠,٦٧٢
اللوغاريتم الطبيعي لرأس المال	-١,٣١٨	٣,٤٢١	-٣٧٥،
اللوغاريتم الطبيعي للعمل	٥,٠٠٨	٨,٢١١	٠,٦١٠
مربع اللوغاريتم الطبيعي لرأس المال	-٠,٢١٥	٠,١٩٩	-١,٠٨١
مربع اللوغاريتم الطبيعي للعمل	-٠,٧٦١	١,٠٢٧	-٠,٧٤٠
اللوغاريتم الطبيعي لرأس المال والعمل	٠,٧٦٩	٠,٨٨٦	٠,٨٦٨
التغير التقني	-٠,٠٠٣٧	٠,٠٣٧	٠,١٢٠

معامل التحديد ($ر^{٢}$) = ٩٩,٥

قيمة المعامل الإحصائي (ف) = ٥٨٧,٣

كذلك يلاحظ من الجدول رقم (٥) أن معاملات رأس المال والتغير التقني – على عكس ما هو متوقع- ذات إشارات سالبة، مما يدل على عدم صلاحية هذا النموذج لتفسير دالة الإنتاج في صناعة الاسمنت بالمملكة العربية السعودية.

نموذج الدالة المتسامية

يوضح الجدول رقم (٦) النتائج الإحصائية لهذه الدالة

يتبين من الجدول رقم (٦) أن النتائج التي حصلنا عليها بتطبيق نموذج الدالة المتسامية للإنتاج هو الأفضل من جميع النواحي، فقيمة معامل التحديد ($ر^{٢}$) تساوى ٠,٩٩٥٢ مما يدل على أن كلا من رأس المال والعمل والتغير التقني يشرح الناتج في صناعة الأسمنت السعودية بنسبة ٩٩,٥٢٪. كذلك فإن قيمة اختبار المعنوية الإحصائية (ف) هي ٧٤٣ مما يؤكد رفض فرض العدم القائل بأنه لا توجد علاقة بين الكمية المنتجة من الأسمنت في المملكة العربية السعودية وهذه المتغيرات المستقلة الثلاث.

ويُرى من تلك النتائج الموضحة في الجدول رقم (٦) أن معامل التغير التقني وكلا من مرونة رأس المال ومرونة العمل يحمل نفس الإشارة المتوقعة ويجتاز اختبار المعنوية الإحصائية (ت). فمرونة رأس المال تساوي ٠,٣٠٩ مما يدل أن زيادة رأس المال بمقدار ١٠٪ ستؤدي إلى زيادة الكمية المنتجة من الأسمنت في المملكة بمقدار ٣,٠٩٪ في المتوسط، بينما تشير مرونة العمل إلى أن زيادة عدد ساعات العمل بمقدار ١٠٪ ستؤدي إلى زيادة حجم الناتج بمقدار ٨٪ تقريبًا في المتوسط وذلك بدرجة ثقة قدرها ٩٩٪.

جدول رقم (٦)

قيمة معامل التغير التقني ومرونات عناصر الإنتاج للدالة المتسامية

المتغير المستقل	المعامل	الخطأ المعياري	نسبة (ت) تحت فرض العدم
الثابت	٢,٧٧٤-	١١,٨١٣	١,٥٣٠-
اللوغاريتم الطبيعي لرأس المال	٠,٣٠٩	٣,١٢٠	٢,٥٨٤
اللوغاريتم الطبيعي للعمل	٠,٧٩٩٨	٠,٢٧١	٢,٩٤٧
رأس المال	٠,٠٠٠٠٠١٢٢	٠,٠٠٠٠٠١٢٥	١,٩٦١
العمل	٠,٠٠٠٢٢	٠,٠٠٠٠٠٩٧٦	٢,٢٥٢-
التغير التقني	٠,٠٥٩٤	٠,٠٣١٣	١,٨٩٦

معامل التحديد ($ر^2$) = ٩٩,٥٢

قيمة المعامل الإحصائي (ف) = ٧٤٣

أما معامل التغير التقني فيساوي ٠,٠٥٩٤ مما يدل على أن معدل الزيادة السنوي في إنتاجية هذه الصناعة هو ٥,٩٤٪ خلال فترة الدراسة من عام ١٩٦١ وحتى عام ١٩٨٧م -في المتوسط- بافتراض بقاء العوامل الأخرى على حالها.

نموذج زيلنر-ريفانكر

إن النتائج الإحصائية لهذا النموذج موضحة في الجدول رقم (٧) التالي:

كما هو ملاحظ من النتائج الإحصائية، فإن قيمة معامل التغير التقني ذات إشارة سالبة على عكس ما هو متوقع، مما يوضح بجلاء أن هذا النموذج لا يصلح لشرح التغير التقني في صناعة الأسمنت بالمملكة العربية السعودية.

جدول رقم (٧)

قيمة معامل التغير التقني ومرونات عناصر الإنتاج لدالة زيلنر–ريفانكر

المتغير المستقل	المعامل	الخطأ المعياري	نسبة (ت) تحت فرض العدم
الثابت	٢٠٥٤٨,٦-	١٠٦٣٤,٠٦	١,٩٣-
اللوغاريتم الطبيعي لرأس المال	٢٥٥٨,٧٧	٣٩٣,٨٦	٦,٤٩٧
اللوغاريتم الطبيعي للعمل	١٣٧,٨٧٥	١٥١٨,٠٢	٠,٠٩١
التغير التقني	٣٥٠,٦-	١٥٩,٥٧	٢,١٩٧-

معامل التحديد ($ر^2$) = ٩٠,٥٢

قيمة المعامل الإحصائي (ف) = ٦٣,٦٥

ثالثا: استنتاجات عامة

يقدم الجدول رقم (٨) ملخصا لمرونات رأس المال والعمل المقدرة وتقديرات التغير التقني وذلك باستخدام النماذج المختلفة السابق شرحها.

جدول رقم (٨)

قيمة معامل التغير التقني ومرونات عناصر الإنتاج باستخدام النماذج المختلفة

النموذج	مرونة رأس المال	مرونة العمل	التغير التقني
كوب–دوجلاس	٠,٤٣٣٥ (٩,٧٧)	٠,٤٤٠٩ (٢,٥٨٩)	٠,٠١٨٨ (١,٠٤٢)
نيرلوف–رينجستاد	٨,٩٧١ (١١,٥٥٧)	٣,٦٤٥ (١,٢١٩)	٠,٠١٦ (٠,٠٥١٢)
الدالة اللوغاريتمية المتسامية	١,٣١٨- (٠,٣٨٥-)	٥,٠٠٨ (٠,٦١٠)	٠,٠٠٣٧- (٠,١٢٠-)
الدالة المتسامية	٠,٣٠٩ (٢,٥٨٤)	٠,٧٩٩٨ (٢,٩٤٧)	٠,٠٥٩٤ (١,٨٩٦)
زيلنر–ريفانكر	٢٥٥٨,٧٧ (٦,٤٩٧)	١٣٧,٨٧٥ (٠,٠٩١)	٣٥٠,٦- (٢,١٩٧-)

يرى من هذه النتائج أن أفضل نموذج يوضح أثر التغير التقني في حجم الناتج من الأسمنت السعودي هو نموذج الدالة المتسامية للإنتاج، ذلك أن جميع المعاملات ذات معنوية إحصائية جيدة وجميع الاختبارات تدل على توافر جميع الفرضيات التي تقوم عليها نظرية المربعات الصغرى، إضافة إلى مزايا هذا النوع من النماذج الذي هو -كما سبقت الإشارة - تعميم لنموذج كوب- دوجلاس. كل ذلك يجعل هذا النموذج مرشحا قويا للتعبير عن سلوك الإنتاج والمدخلات والتغير التقني في الصناعات السعودية وبصفة خاصة صناعة الأسمنت.

ويوضح الجدول رقم (٩) مقارنة لنتائج الدراسة التي قام بها الباحثان مع الدراسات التطبيقية السابقة.

جدول رقم (٩)

مقارنة نتائج الدراسة بنتائج الدراسات السابقة

الدراسة	مرونة العمل	مرونة رأس المال	التغير التقني
سولو	٠,٣٥	٠,٦٥	٠,٠١٥
بروان	٠,٥٥٢	٠,٣٢٥	٠,٠٠٦١
اوكرست	٠,٢٠	٠,٧٦	٠,٠١٨
انتزيلجاتور	٠,١٣٨	٠,٨٦٢	٠,٠١٦٧
أيوب-دياب	٠,٣٠٩	٠,٧٩٩٨	٠,٠٥٩٤٣

ويلاحظ من هذه المقارنة النقاط التالية:

١- أن مرونة رأس المال التي توصل إليها الباحثان (٠,٣٠٩) تدل على أن حجم الناتج السعودي من الأسمنت يزداد في المتوسط بمقدار ٣,٠٩٪ عند زيادة رأس المال بمقدار ١٠٪، بافتراض ثبات العوامل الأخرى. وهذه المرونة قريبة جدا من مرونة رأس المال التي تحصل عليها سولو.

٢- أن مرونة العمل هي ٠,٧٩٩٨ مما يدل على أن حجم الناتج من الأسمنت السعودي يزداد في المتوسط بمقدار ٨٪ تقريبا عند زيادة عدد ساعات العمل بمقدار ١٠٪ وذلك بافتراض ثبات العوامل الأخرى على حالها. وهذه القيمة قريبة من تلك التي تحصل عليها كل من انتزيليجاتور وأوكرست.

٣- أن قيمة معامل التغير التقني تساوي ٠,٠٥٩٤٣ مما يدل على أن معدل الزيادة السنوي في إنتاجية صناعة الأسمنت السعودية هو ٥,٩٤٣٪ خلال فترة الدراسة. وهذه القيمة أعلى من

القيم التي حصل عليها الباحثون في الدراسات السابقة مما يعكس أهمية التغير التقني في زيادة حجم الناتج من الأسمنت في المملكة العربية السعودية.

٤- أن صناعة الأسمنت في المملكة العربية السعودية هي صناعة ذات غلة متزايدة، ذلك أن زيادة عنصري الإنتاج (رأس المال والعمل) بمقدار ١٠٠٪ سيؤدي إلى زيادة حجم الناتج بمقدار ١١١٪ تقريبًا – بافتراض ثبات العناصر الأخرى على حالها. بينما نجد أن الصناعات في دراسات كل من أنتزيليجاتور وسولو هي صناعات ذات غلة ثابتة، بينما هي ذات غلة متناقصة في الدراسات التي قدمها كل من براون وأوكرست.

وقد يرجع ذلك إلى أن صناعة الأسمنت في المملكة تتمتع بميزة نسبية تتمثل في توافر عناصر الإنتاج المستخدمة. فعنصر العمل يتميز بانخفاض الأجر نتيجة لتوافر العمالة الأجنبية المستوردة ذات المهارات المحدودة وهو ما يتطلبه هذا النوع من الصناعات. كذلك فإن توافر الطاقة المستخدمة وبأسعار رخيصة نسبيًا ينعكس على زيادة الإنتاجية في هذه الصناعة خاصة إذا علمنا أن تكلفة استخدام الطاقة تشكل أكثر من ٣٥٪ من إجمالي التكاليف الكلية.

الخاتمة والتوصيات

نتيجة للتنمية الشاملة التي تعيشها المملكة العربية السعودية، شهدت صناعة الأسمنت تطورا هائلا من حيث المدخلات والمخرجات وخاصة في الفترة من ١٩٧٣-١٩٨٣م. وقد كان لارتفاع إنتاجية المصانع أكبر الأثر في زيادة حجم الناتج من الأسمنت خلال تلك الفترة. هذه الزيادة في الإنتاجية يمكن إرجاعها إلى عدة عوامل: انخفاض سعر الطاقة المستخدم، زيادة رأس المال المتمثل في تحديث الآلات والمعدات وغيرها. وتعتبر مساهمة التغير التقني في الناتج من أهم المواضيع التي ثار الجدل حولها بين الاقتصاديين، لذا جاءت هذه الدراسة للتعرف على هذه العلاقة في المصانع السعودية وذلك بالتطبيق على صناعة الأسمنت.

بعد تجميع البيانات السلسلية عن كميات عنصري رأس المال والعمل المستخدمين في إنتاج الأسمنت، قام الباحثان بتقدير دالة الإنتاج باستخدام نموذج كوب-دوجلاس والنماذج الأخرى المشتقة منه. وباستخدام طريقة المربعات الصغرى (OLS)، أمكن الحصول على قيم معاملات النماذج التي تم استخدامها في حساب مرونات رأس المال والعمل وتحديد الأثر الإيجابي للتغير التقني على إنتاج الأسمنت في المملكة العربية السعودية.

إلا أنه عند حساب معادلات الانحدار المختلفة، تبين عدم صلاحية بعض هذه النماذج لشرح التغير التقني في هذه الصناعة إما لانخفاض معنويات المعاملات أو الحصول على معاملات ذات إشارات مخالفة لما تنص عليه النظرية الاقتصادية. كما يتضح من النتائج التي حصلنا عليها أن أفضل نموذج يعبر عن سلوك الإنتاج والمدخلات والتغير التقني في صناعة الأسمنت السعودية هو نموذج الدالة المتسامية للإنتاج.

فدراسة النتائج الإحصائية التي حصل عليها الباحثان تفسر التطور والنمو الهائلين اللذين عايشتهما صناعة الأسمنت. فقد أظهرت النتائج أن صناعة الأسمنت السعودية عايشت خلال الفترة التي تغطيها الدراسة معدل نمو سنوي مقدار ٥,٩٪. فقد تطور الإنتاج من بضع عشرات الآلاف من الأطنان في السنة إلى عدة ملايين طن في السنة الواحدة. ويلاحظ اعتماد هذه الصناعة على العمالة أكثر من اعتمادها على العوامل الرأسمالية الحديثة لاعتمادها على تقنية الأفران الطويلة التي تستخدم كما كبيرا نسبيا من العمالة. فقد أظهرت الدراسة أن مرونة العمل تبلغ ٠,٨ وأن مرونة رأس المال حوالي ٠,٣١ الأمر الذي يدل على أن زيادة هذين المدخلين بمقدار ١٠٪ سيزيد من المخرجات بأكثر من ١١٪، وأن إسهام رأس المال في هذه الزيادة أقل كثيرا من إسهام العمالة. ولعل ذلك يعود إلى نوعية المدخل الرأسمالي والتقنية المستخدمة فيه. ويتوقع الباحثان بأنه إذا أخذت الصناعة في الاتجاه نحو تقنيات أحدث خاصة في الأفران عند التفكير في التوسع، وفي الاعتماد على الأسلوب الآلي في التشغيل، فإن ذلك سيحقق معدلات أعلى في الإنتاجية وخفضا أكثر في التكلفة الأمر الذي سينعكس بشكل إيجابي على ربحية الصناعة.

المراجع

أولاً : المراجع العربية

مؤسسة النقد العربي السعودي، التقرير السنوي، الرياض، للأعوام ١٩٧٥-١٩٨٨م.

ثانيًا : المراجع الأجنبية

Aukrust, 0., "Investment and Economic Growth" *Productivity Measurement Review*, vol. **16**,1959, pp. 35-53.

Binswanger, H., "The Measurement of Technical Change Biases with Many Factors of Production", *American Economic Review*, Dec. 1974, pp. 969-976.

Brown, M., *On The Theory and Measurement of Technical Change*, NY: Cambridge University Press, 1966.

Christensen, L. D., Jorgenson, and **Lau** "Transcendental Logarithmic Production Frontiers," *Review of Economics and Statistics*, vol. **55**, 1973, pp. 28-45.

Halter, A., H. Carter, and **J. Hocking,** "A Note on Transcendental Production", *Journal of Farm Economics*, vol. **39**, 1957.

Intriligator, M. "Embodied Technical Change and Productivity in the United States", *Review of Economics and Statistics*, vol. **47**, 1965, pp. 65-70.

Econometric Models, Techniques, and Applications, Prentice Hall Inc., Englewood, NJ., 1978.

Ringstad, V., "Econometric Analysis Based on Production Function With Neutrally Variable Scale Elasticity", *Swedish Journal of Economics*, vol. **69**,1967, pp. 115-133.

Solow, R. "Technical Change and the Aggregate Production Function", *Review of Economics and Statistics*, vol. **39**, 1957, pp. 312-320.

Zellner, A., and **N. Revanker.,** "Generalized Production Functions", *Review of Economic Studies*, vol. **36**, 1969, pp. 241-250.

Technical Change and Economic Growth, An Application to the Saudi Cement Industry

MUHIEDDIN Y. AYUB and ABDULAZIZ A. DIYAB
Assistant Professor and Associate Professor,
Department of Economics
Faculty of Economics and Administration,
King Abdul-Aziz University, Jeddah, Saudi Arabia

ABSTRACT. Saudi cement industry experienced a substantial growth, particularly in the late seventies and early eighties. The aim of this study is to analyze and investigate technical change and productivity in Saudi factories. The Saudi cement industry has been selected as case study for this purpose since it represents the second largest industry in the country next to oil and petrochemical industries in terms of output, investment, and employment.

Cobb-Douglas production function and its various generalized forms have been utilized for estimating production parameters by using OLS techniques. Based on the findings, transcendental production function proved to be the best in terms of explaining the relationship between technical change and output. The results show that elasticities of capital and labor are 0.309 and 0.7994 respectively, while technical change was estimated to be 0.059. This indicates that productivity in the Saudi cement industry was increasing by 5.9% per year during the period of 1961-87.