الآثار غير المباشرة للبحث والتطوير على الانتاج، نموذج رياضي – قياسي مقترح لقياس الكفاءة والتقنية

الدكتور قبيس سعيد عبد الفتاح الفهادي (*)
الدكتور نوفل قاسم علي الشهواني(**)

ملخص

تهدف هذه الدراسة الى الحصول على مقاييس منفصلة للآثارالتي تتركها انشطة البحث والتطوير (ب&ت) على مدخلات الانتاج الرئيسة،العمل ورأس المال، ضمن اطار دالة الانتاج، وتقترح ان هذه المقاييس، اذا أمكن الحصول عليها، تجسد آثار معينة غير مباشرة لجهود (ب&ت) على الانتاج.

وبافتراض تغير تقاني حيادي غير–مجسد، وان الانشطة الابداعية تصب في (ب&ت) اساليب انتاج ومنتجات معاً والسماح لمتغير (ب&ت) عنصراً ثالثاً في الانتاج تشتق الدراسة مقاييس مستقلة لتلك الاثار من نموذج رياضي قياسي مقترح لقياس تغيرات الكفاءة والتغيرات التقنية الناجمة عن (ب&ت) في النشاط الصناعي. والنموذج المقترح هو توسيع لأطار عمل دالة انتاج كوب–دوكلاس، لاشتقاق مقاييس مستقلة يمكن اعادة تقديرها تطبيقياً، في سبيل اختبار كل من اطار عمل النموذج، والتحقق من وجود آثار هامة للكفاءة والتقنية على الانتاج.

وبتلك الافتراضات مع افتراضات تبسيطية اخرى تقدم هذه المحاولة طريقة لقياس تغيرات الكفاءة والتغيرات التقنية بشكل متغيرات قياسية قابلة للاختبار على مستوى المنشأة الصناعية والقطاع الصناعي والصناعة والاقتصاد بسواء.

1– مدخل

على طريقة الاقتصاديين الكلاسيك المحدثين قدمت دراسة 'سولو' الرائدة[1] تقديرات للاسهامات النسبية لكل من تراكم رأس المال والتقدم التقاني في النمو الاقتصادي الاميركي (1909.1949)، وذلك بطريقة الانتاجية غير–المفسرة بعوامل الانتاج والمقاسة بالباقي من نمو انتاجية العمل بعد استبعاد اسهام نمو متوسط نصيب الفرد الواحد العامل من الملكية الثابتة مقياساً للتغير التقاني غير–المجسد. وتعد أول عرض هندسي رياضي لدالة انتاج مجموعي اقترحت الاسهامات المقاسة فيها ان علاقات الانتاج المقدرة هي بشكل دالة انتاج كوب–دوكلاس، خطية في لوغارتمات المتغيرات.

وتركز الاهتمام اللاحق طيلة العقود الاربعة الماضية على تفسير اكبر قدر ممكن من ذلك المجهول الكبير "الباقي" الذي ربما كان حسب بعض الاقتصاديين[2] مقياساً لإهمالنا ' للمعلومات التي ينطوي عليها أو للمقاييس الصحيحة للمدخلات والمخرجات. ومع هذا توصل بعض آخر مثل فابريكانت[3] وأبراموفتز[4] الى وجود باقي من نمو الانتاج لايعزى الى مدخلات الانتاج، واكدت ذلك دراسة'سولو' بأن إسهام هذا الباقي اكبر بكثير من الإسهام المقاس لعنصر الانتاج، ويعزى دوماً الى التقانة الخارجية. وحظي هذا الموضوع بعد ذلك في الجزء الاكبر من ادبيات

(*) أستاذ بحوث العمليات والاحصاء ، جامعة الموصل.

(**) باحث علمي في شركة الكندي العامة ، محاضر في كلية الادارة والاقتصاد بجامعة الموصل.

النمو الاقتصادي باهتمام كبير[5] أجمعت على ان نمو الانتاجية هو مسألة حيوية وملحة لصحة الاقتصاد وسلامته، وان معدل نمو الانتاجية قد تأثر بمعدل التغير التقاني، وان الاخير قد تأثر بدوره جزئياً بالجهود الحقيقية للنشاط الابداعي الخاص والعام، واخيراً فان احد الاستثمارات المهمه في الابداع هو في (ب&ت).

في هذا الوقت تقريباً (مع مطلع الثمانينيات) اتخذت بعض الدراسات اتجاهت متميزة لإجاع نمو الانتاجية الى مكونات رئيسية، تركزت في جانبين هما تغيرات كفاءة وتغيرات تقنية، وذلك باساليب مختلفة وأهما: [Nishimizu and Page,1982[6]; Caves, Christensen and Diewert,1982[7]; Chavas and Cox,1990[8]; Fare et. al.,1994[9]]

تقدم بمجملها طرقاً لتشخيص الابداع التقاني في نمو الانتاجية بشكل خاص فضلاً عن اختبار تقارب المقاييس المقارنة لنمو الانتاجية بين المنشأت الصناعية او بين الصناعات او بين الاقتصادات العالمية. وبهذا تكشف عما اذا كان التغير التقني قد حصل ام لا، وهل تهيمن عليه الكفاءة ام التقانة !

وقد بينت أحدث دراسة مسحية واسعة [للفهادي مع الشهواني،1998][10] عن الاختبارات المختلفة لعلاقات (ب&ت) مع الانتاجية، من بين نتائجها ان (ب&ت) قد عد خلال طيلة العقود المنصرمة وسيبقى كذلك مستقبلاً اهم مكونات التغير التقني شرحاً وتفسيراً، ومصدراً للمزيد من الابداعات التقانية وعليه طرحت الدراسة المحلية سؤالاً مع اجابات تطبيقية عن تفسير اكبر ما يمكن من الانتاجية المقاسة بتغرات كفاءة تقنية مصدرهما انشطة (ب&ت) الصناعي في اطار تحليلي واحد يجمع بين الاتجاهين السابقين معا، وفي الفقرات القادمة توضيحاً لمحاولة مقترحه بهذا الصدد.

2- الاطار النظري

يستند الاطار النظري للنموذج المقترح الى توسيع اطار عمل دالة انتاج كوب-دوكلاس الذي يتضمن ثلاثة عناصر للانتاج هي رأسمال البشري ورأس المال الطبيعي ورأس مال (ب&ت). والاخير يؤثر بدهياً بكل من الانتاج وبعنصري الانتاج الاوليين معاً، أي أن انشطة (ب&ت) الداخلي تترك آثاراً مباشرة على الانتاج واخرى غير مباشرة عليه.

وتظهر الآثار غير المباشرة بصورة تحسن في كفاءة العمل (تغيرات كفاءة) وتحسن في اداء رأس المال (تغيرات تقنية) وكلاهما مجسد. وتفترض الدراسة "ان (ب&ت) يترك آثاراً ايجابية مختلفة على الانتاج والانتاجية، بحيث ان الاثار غير-المباشرة، اذا امكن قياسها او فصلها بشكل مستقل فانها تعمل كمتغيرات وعناصر مستقلة".

وفي اطار دالى انتاج كوب–دوكلاس يمكن صياغة وجهة النظر اعلاه بفرض أن تغير الاستجابات المقدرة للانتاج بالنسبة للعمل ورأس المال بعد السماح بظهور (ب&ت) عنطراً ثالثاً للانتاج يعكس آثاراً داخلية غير–مباشرة للاخير على الانتاج في ظل عوائد حجم متغيرة.

واذا امكن تشخيص هذا التغير، تجريبياً مثلاً، فأن هذا الاجراء يقدم اولاً مقياساً لتغيرات الكفاءة والمتغير التقاني الناتجة عن (ب&ت)، يختلف كلياً عن المقاييس التي تناولتها كل الدراسات السابقة. واذا عومل هذين المقياسين بوصفهما عنصرين مستقلين للانتاج، فسوف يقدم الاجراء ذاته تقديراً للآثار غير–المباشرة للبحث والتطوير على الانتاج ايضاً. وعند ذلك، اذا استبعدنا اسهامات العمل ورأس المال من نمو الناتج فأن كل مايتبقى يشرح الآثار المباشرة وغيرالمباشرة، لجهود (ب&ت) على الانتاجية.

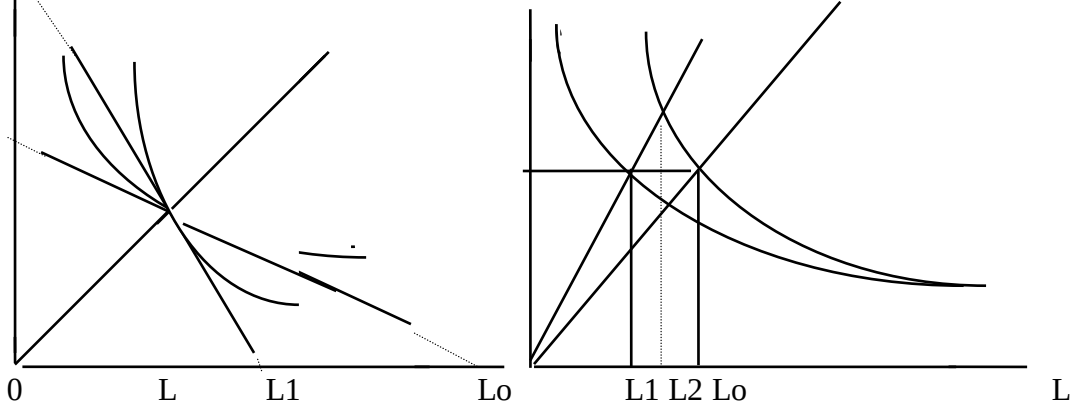
وبأفتراض حالة التوازن التنافسي لاسواق عناصر الانتاج او لتحديد المسبق لمستويات المدخلات يفترض بالتغير التقاني ايجابياً ويعبر عن تقدم تقاني يهدف الى اعظم مستويات ناتج ممكنه في ظل الكميات المحدده من توليفة عناصر الانتاج، بحيث تهدف حلقات (ب&ت) الى تقليل تكلفة عناصر الانتاج الى اقل مستوى ممكن. وتشير تغيرات الكفاءة المجسدة الى تحسن نوعية ومهارة العمل والى التعليم اثناء العمل، والى كل اشكال المعرفة التقانية المتطورة بفضل انشطة (ب&ت) الداخلي للمنشأة (الصناعة). ويصنف كل ما خلافه من تطورات في اساليب الانتاج الفنية والتحسينات في نوعية واداء رأس المال على انه تغير تقني مجسد. وتعمل آلية الحلقات العلمية لمختبرات (ب&ت) بشكل رأسمال متراكم من المعرفة التقانية التي تعمل على تقليل التكاليف المتغيرة الكلية على الدوام فضلاً عن تطوير النوعية بالنسبة للمنتجات.

صورت طريقة سولوالتغير التقاني في دالة الانتاج بيانياً، بانتقال الدالة الى الاعلى مع الزمن. واوضحت تحليلياً، بأن نمو الانتاج الذي لاتشرحه التغيرات في عناصر الانتاج التقليدية هو الباقي،الذي أطلق عليه العنصر الكلي. ومن دراسة سابقة [الفهادي والشهواني،مصدر سابق] توصلنا الى أن التغير التقاني تشرحة التغيرات في المعرفة وتطبيقاتها واهم عناصره الابداع والابتكار وانتشاراتهما وجميعها تنشأ من انشطة وحقول البحث والتطوير. واذا تناولنا اي مقياس لانشطة (ب&ت)أو مكوناته متغيراً مباشراً في الانتاج، فيكون المتغير الذي يتفرد بخاصية هامة ومتميزة وهي اشتراكه آنياً في شرح معدلات التغير التقاني وفي شرح معدلات نمو الانتاج معاً. وحيث ان التغير التقاني هوجزء من منظومة نموالانتاج ، وبمعنى اوسع النمو الاقتصادي، عندها يمكن القول أن انشطة (ب&ت) الداخلي تترك آثاراً مباشرة واخرى غير مباشرة مع الزمن على نمو الانتاجية. وانطلاقاً من هذه الفرضية يركز هذا المبحث على عرض لاسلوب غير مطروق فيما سبقة من الدراسات ، لفصل تغيرات الكفاءة عن تغير الاداء التقني ، ومن ثم تقدير هذه الاثار غيرالمباشرة على نمو الانتاجية، بشكل آثار كفاءة وآثار تقنية ... ومجسدة بعنصري

العمل ورأس المال على الترتيب. وهذه الطريقة تتضمن شرح اكبر قدر ممكن من نمو الانتاج وتقليل هامش الباقي الى ادنى حد ممكن باسلوب تطبيقي مبسط .

وتظهر انشطة (ب&ت) بكونها المسار الكفيل بتحقيق مبدأ التدنية (في التكاليف)أو التعظيم (في الانتاج) احياناً او كليهما من وجهة نظر تنظيمية وادارية (وزاوية التقانة غير المجسدة).ويكون التغير التقاني مكثف لرأس المال اذا كان المعدل الحدي للتعويض الفني للعمل برأس المال ($MRTS_{L,K}$) متزايداً على طول خط النتاج المتساوي الذي تكون نسبة (K/L) عليه ثابتة، حيث تكون الانتاجية الحدية لرأس المال (MPK) متزايدة اكثر من الانتاجية الحدية للعمل (MPL) كما في الشكل (1أ).

الشكل (1) : أثر (ب&ت) في القدم التقني : (أ) في الاجل الطويل (ب) في الاجل القصير.



بينما نلاحظ في الشكل (ب) تزايد الانتاجية الحدية للعمل بأسرع من تزايد نظيرتها لرأس المال. ويتوضح أثر (ب&ت) في التقدم التقاني كما يلي : في الشكل (3.3أ) مثلاً يحصل تغير تقني مدخر لعمل ، وبانتقال منحنى الناتج المتساوي باتجاه الاصل من (I_o) الى (I_1)[1] وبقاء المعدل الحدي للاحلال التقني بدون تغيير مع تغير نسبة رأس المال/ العمل بين (a) و (N) من التوليفة (K_oL_o) الى (K_1L_1). ومع ثبات رأس المال في العمليتين ($K_o = K_1$) فأن:

$$K_1/L_1 > K_o/L_o$$

وانتاج مستوى الانتاج نفسه بعمل اقل.

بينما الانتقال من (a) الى (A) على منحنى الناتج المتساوي (Io) نفسه يتضمن ازدياد مرونات الاحلال مع ارتفاع المعدلات الحدية للاحلال التقني. وتغير توليفة رأس المال بحيث :

$$K_2/L_2 > K_o/L_o$$

ولكن تخفيض عنصر العمل هنا، صاحبه زيادة عنصر رأس المال لانتاج مستوى الانتاج نفسه (وربما عند التكلفة الكلية نفسها). ولذلك تبقى (A') افضل من (A) على خط الانتاج المتساوي الجديد وهو الاساس الفني $(K/L)_1$ وكلتاهما افضل من $(K/L)_o$. ويكون التحرك من (a) الى (A) ناشيء عن تغيرات الكفاءة بينما التحرك من (A) الى (A') نتيجة تغير تقني سببه

[1] مع انتقال سطح دالة الانتاج الى الاعلى عموديا" على المخطط ذي البعد بين (أ).

بشكل رئيسي آثار (ب&ت) سواء الداخلي ام الخارجي. ونلاحظ ان النشاط الابداعي هنا هو (ب&ت) منتجات. وبذلك تعزى (AA^I) الى البحث والتطوير (تقدم تقني مجسد او غير مجسد) او الى الكفاءة التنظيمية (تقدم تقني غير مجسد) او الى اية توليفة مشتركة من السياسات الخاصة بهما معاً.

وفي الشكل (ب) مثلاً تقدم تقني قصير الاجل. حيث نلاحظ ثبات (K/L) مع تزايد المعدلات الحدية للاحلال التقني باستدارة منحنى الناتج المتساوي من (Io) الى (I1) على خط العمليات نفسه عند (A). و(ب&ت) يعمل على تخفيض كلفة المدخلات مع تغير (وازدياد ميل) خط الاسعار النسبية (K_oL_o) الى (K_1L_1) بأحداث تطوير وتحسن نوعي في كمية العمل (او رأس المال او كلاهما) المستخدمة للوحدة من الناتج بحيث يصبح عنصر الانتاج اكثر انتاجية وعملية الانتاج على خط الانتاج المتساوي (K/L) تصبح اكثر كفاءة بما يحقق تخفيضاً في الكلفة الكلية مساوياً للمقدار (AA^I) وبما يشابه الانتقال الى منحنى ناتج متساوي ثالث (وجديد) هو ($I_oA'I_1$) الذي يتميز بارتفاع المعدل الحدي للاحلال التقني اكثر مما في ($I_oA'I_o$) الاكثر تحدياً.

ولكن مستوى الانتاج لايزال يتحقق عند التوليفة (A) وبقاء العلاقة بين المعدل الحدي للاحلال التقني وبين نسبة رأس المال/ العمل بدون تغيير، أي حيادية هكس معبراً عنها بالدالة:

$$Q = A(t)F(K,L) \qquad (1)$$

وفي كلتا الحالتين (أ و ب) يحتل (ب&ت) دوراً هاماً بوصفه عنصراً للانتاج يؤثرفي مستوى عناصر الانتاج الرئيسية (عمل ورأس المال) فضلاً عن تأثيرة في مستوى الانتاج.

وبهذا يكون مصدراً ذا أهميه من بين مصادرنمو الانتاج[1] وبالتالي نمو الانتاجية. أي انه يؤثر في كفاءة استخدام الموارد المتاحه اولاً ومن ثم يؤثر في نمو الانتاجية بوصفه احد مكونات التغير التقني ثانياً. ويصوغ العلاقات في دالة الانتاج دالتين هما دالة الكفاءة، ودالة التقانة وتنتقل تأثيرات الثانية الى الاولى من خلال انشطة (ب&ت) المجسدة بالعمل ورأس المال، ومن ثم في الانتاج بشكل تغيرات كفاءة مجسدة وتغيرات تقنية مجسدة. وهنا يتركز اهتمام هذه الدراسه على فصل وقياس وتقدير هذه المتغيرات التي هي آثار (ب&ت) غير المباشرة على الانتاجية. ويبدأ مع التغيرات الحاصلة في مرونات (استجابات) الانتاج لعنصري العمل قبل وبعد السماح بظهور آثار (ب&ت) المباشرة على الانتاج، فيما اذا كانت الاخيرة هامة وذات دلالة (ومعنوية) احصائية.

---

(1) والى جانبه مصادر اخرى للنمو مثل الطاقة والنقل والاستيرادات والمواد الوسيطة والصادرات ورأس المال البشري وغيرها. للمزيد من التفصيل: [Goel and Ram,1994] .

فأذا اخذنا في الحسبان التغير الذي يحدثه ظهور متغير (ب&ت) بوصفه عنصراً ثالثاً للانتاج (R) في دالة الانتاج فسوف يتركز التعامل مع التغيرات في مقدار واتجاه تأثير كل من العمل (L) ورأس المال (K) على مستوى الناتج المقاس. أي سيكون التركيز على التغير الذي يحصل في معاملات عنصري الانتاج التقليديين بعد ظهور معامل (R). ان هذا التغيير يفترض مستويات متزايدة من المقدرة التوضيحية (Explanatibility) . ورياضياً دالتي انتاج (كوبدوكلاس) :

$$Q = A_1 L^{\alpha 1} K^{\beta 1} \qquad (2)$$

$$Q = A_2 L^{\alpha 2} K^{\beta 2} R^{\gamma} \qquad (3)$$

في الدالة الاخيرة نوع (كوبدوكلاس) ظهور المتغير (R) وتغير اسهامات عنصر الانتاج من)α($_1$ الى)α($_2$ومن) β($_1$الى)β($_2$ فضلاً عن تغير مقياس الكفاءة والتقانية من (A_1) الى (A_2). والتغير الحاصل في كل منها يعني تغير المعاملات (وبضمنها الاسهامات) المقاسة. ويمكن ان يفسر ذلك التغير على أنه سحب جزء من تأثير كل من (K, L) على مستوى الانتاج بسبب تأثيرات عوامل داخلية للمتغير الثالث (R) على كل من (K, L) نفسها، فضلاً عن تأثيرة على الناتج ايضاً . في الحالة الاولى هناك تأثير مشترك لقوة العمل وللتحسن النوعي الذي يطرأ على العمل مع الزمن على الانتاج. هذا التأثير المشترك، يظهر مجسداً بمعامل عنصر العمل)α($_1$. اما في الحالة الثانية يختزل تأثير التحسن النوعي للعمل على الانتاج مع ظهور آثار البحث والتطوير (R&D). فيبقى تأثير التطور الكمي للعمل بالمعامل)α($_2$، ويقاس الاختزال في تأثير تحسن العمل بالفرق)$\alpha_1 - \alpha = \alpha\Delta$($_2$. هذا التحليل الاقتصادي للعلاقة الدالية اعلاه يضع في الاعتبار عوائد الحجم المتزايدة والثابتة، ويفترض مبدئياً ان)$\alpha_2 < \alpha$($_1$ ولكن مع هذا لاتشترط هذه الصورة من معاملات التأثيرفي الواقع ، وقد يحصل العكس وتظهر قيمة المعلمة ($\alpha\Delta$) سالبة وتنم عن تراجع نوعي في العمل لاسباب موضوعية. والكلام ذاته ينطبق على سلوك العلاقة اعلاه مع رأس المال الطبيعي.

هذا يعني وجود تحسن في العمل وفي رأس المال، يعزى الى اولاً: جهود التطوير الداخلية للعاملين، والتعليم اثناء العمل، والابحاث التجريبية التي تعمل على رفع كفاءة العمل داخل الصناعة، وثانياً: كفاءة استغلال رأس المال الطبيعي في الانتاج والتطوير او التحسين على الآلات والمكائن العاملة. وحيث أن المعدات الرأسمالية مشتراة من الخارج، فان محاولات التكيف (Adaptation) مستمره في البلدان النامية لتطويع التقانه المستوردة ضمن فنون الانتاج المتبناة (Adopted). فيحصل تحسن نوعي في رأس المال الانتاجي بما يتلائم والتقانة الجديدة، وربما يعكس النوع الرابع من انماط (ب&ت) التي اشار اليها الباحث'أسامه' [الخولي،1900] .

بافتراض ان دالة انتاج متجانسة من الدرجة واحد)$\alpha + \beta(1 =$ ، واسواق تنافسية لعناصر الانتاج والمنتجات، فان العلاقة الافتراضية الممكنة لتفاعلات عناصر الانتاج الثلاثة وتغير تأثيراتها على مستوى الانتاج تسلم بتضمن دالتى الانتاج لكل من عنصر العمل الى جانب عنصر التحسن النوعي في العمل (او العمل البحثي والتقني وآثارة على مستويات العمل) والذي يمكن عده تغيراً في الكفاءه المجسدة بالعمل. كما تتضمن الدالة وفق السياق نفسه عنصر رأس المال الى جانب التحسن النوعي في رأس المال (او التاثير الداخلي لانشطة التطوير الابداعية) والذي يمكن ان يقيس تغيرالادآء التقني المجسد برأس المال وعليه فأن:

$$Q_2 = A_2(L_{R*}L)^{\alpha_2}(K_{R*}K)^{\beta_2}R^{\gamma} \quad (4)$$

ولتحقق التفاعل اعلاه للعلاقة الافتراضية، هنالك اكثر من احتمال جزئي اولي لتصور ابعاد هذه العلاقة قياسياً. فقد يكون أثر التحسن في كل من العمل ورأس المال افتراضاً، وهذه الحالة على الاغلب الاعم هي السائدة في الواقع. والاحتمال المبدئي الممكن هنا، ان يتساوى اسهام تغيرات الكفاءة والتقدم التقني في الناتج.ولاجل توضيح ذلك فأن دالة الانتاج وفق التحليل السابق تصبح:

$$Q_2 = A_2(L_R^{-\Delta\alpha} * L^{\alpha 1})(K_R^{-\Delta\beta} * K^{\beta 1})R^{\gamma} \quad (5)$$

$$Q_2 = A_2 L^{\alpha_1} K^{\beta_1} L_R^{-\Delta\alpha} K_R^{-\Delta\beta} R^{\gamma} \quad (6)$$

ومع افتراض تقدم تقني حيادي وثبات كثافة (نسب) عناصر الانتاج، فان ما سيضيفه رأس المال الى الدخل بما يعزى الى (ب&ت) يساوي مايضيفه عنصر العمل الى الدخل بفضل انشطة (ب&ت) :

$$Q_2 = A_2 L^{\alpha_1} K^{\beta_1}(2.L^{-\Delta\alpha})R^{\gamma} \quad (7)$$

$$Q_2 = A_2 L^{\alpha_1} K^{\beta_1}(2.K^{-\Delta\beta})R^{\gamma} \quad (8)$$

وهذا الاحتمال يفترض المتطابقة التالية :

$$L_R^{\Delta\alpha} = K_R^{\Delta R}$$

او قد يتحقق واحد من التاثيرين فقط على الانتاج وهو إما أثر تغير كفاءة او اثر التقدم التقني اما :

$$Q_2 = A_2 L^{\alpha_1} K^{\beta_2} L_R{}^{-\Delta\alpha} R^{\gamma} \quad (9)$$

أو :(10)
$$Q_2 = A_2 L^{\alpha_2} K^{\beta_1} K_R{}^{-\Delta\beta} R^{\gamma}$$

والامكانية الاكثر واقعية هي أن : $(L_R^{\Delta\alpha} \neq K_R^{\Delta\beta})$، أي عدم تساوي الاسهامين معاً في الناتج. وتكون تغيرات الكفاءة نحو الافضل والتغير التقني في جوهره تقدم تقني، والاكثر اسهاماً يشير الى الانتاجية الاعلى بلغة دالة الانتاج، والافضل استخداماً كلما كانت التكاليف الداخلية للتحسينات الحاصلة مع عمليات الانتاج اقل من قيمة السوق لتلك التكاليف، بمعنى استخدام

عناصر الانتاج بتكاليف اقل بلغة دالة التكاليف. وفي هذه الحالة تكون الصناعة مستخدمة (أي مكثفة) لعنصر الانتاج الاكفأ مع بقاء الامور الاخرى على حالها. ويستمر الاستخدام الى أن تبدأ الانتاجية الحدية بالتناقص عند مستوى (كثافة عنصر) معين.

ان اختلاف اسهام الكفاءة والتقدم التقني خلال مدة معينة في الاجل–الطويل قد يكون فيه تناسب لهذين الاسهامين :

$$L_R^{\Delta\alpha} = \Omega K_R^{\Delta\beta}$$

والمعالجة في هذه الحالة لاتتوفر معها مقاييس عن تحسن العمل (L_R) او تحسن رأس المال (K_R) والهدف هنا في الحقيقة هو محاولة الحصول على هذه المقاييس وبالتالي ليست هنالك معلومات عن ثابت التناسب (Ω) الا بعد الحصول على مقاييس لهما، وتقدير معاملي هذين المقياسيين في دالة الانتاج. وهذه حالة مستبعدة تماماً. او ان اختلاف الاسهامين يتغير باستمرار من سنه لاخرى او من فترة لاخرى ضمن المدة الزمنية الواحدة في الانتاج الصناعي. وفي كلتا الحالتين يتوجب الحصول على مقياس ما للتحسن في العمل وفي رأس المال الذي تحدثه انشطة (ب&ت).

3– قياس تغيرات الكفاءة والتغير التقني

لقياس الاثر الاولي لانشطة (ب&ت) على عنصري الانتاج الرئيسيين اولاً وفي ضوء المعلومات المتاحه فان الدراسة تفترض كما افترضت الدراسات المماثلة ان الانفاق على (ب&ت) هو اقرب مقياس لتلك الانشطة، وان الانفاق السنوي عليها يقرب الاستثمار السنوي في رصيد رأسمال (ب&ت) او ان الاندثار يحصل ولكنه بطيء جداً. وهذا الافتراض جوهري لغرض استمرار التحليل بسبب عدم توفر اية معلومات عن هيكل فجوة التباطؤ الزمني في تراكم رأس المال[1] ، ونسب الاندثار السنوية فيه. ولايمكن تقدير دالة الانتاج اعلاه مباشرة الا بعد تحويلها الى علاقة خطية في لوغارتمات المتغيرات. والصيغة الخطية لدالة الانتاج كوب–دوكلاس للاساس الطبيعي :

$$\ln Q = \ln A_1 + \alpha_1.\ln L + \beta_1.\ln K \qquad (11)$$

$$\ln Q = \ln A_2 + \alpha_2.\ln L + \beta_2.\ln K + \gamma.\ln R \qquad (12)$$

والمعادلتين الاخيرتين هما التحويل اللوغارتمي للدالتين (2) و (3). ومع الاخذ في الاعتبار التأثير الممكن لانشطة (ب& ت) على عنصري الانتاج الرئيسين يفترض ان :

$$\left.\begin{aligned} L_R &= F(R) \\ K_R &= F(R) \end{aligned}\right\} \qquad (13)$$

---

[1] أي رأسمال المعرفة لدى المنشأة الصناعية.

وبتسمية التغير في المعلمه(α)والمعلمه(β) بنسبه(δ) من االمعلمه الاصليه لكل منهما،أي:

$$\alpha_1 - \alpha_2 = \Delta\alpha = \delta_1\alpha 1, \quad \alpha_2 = \alpha_1 - \Delta\alpha \qquad (14)$$

$$\beta_1 - \beta_2 = \Delta\beta = \delta_2\beta 1, \quad \beta_2 = \beta_1 - \Delta\beta \qquad (15)$$

والمعادلة (5) ستكون بصيغة :

$$Q_2 = A_2(L_R^{\delta 1\alpha 1}.L^{\alpha 1})(K_R^{\delta 2\beta 1}.K^{\beta 1})R^{\gamma} \qquad (16)$$

$$Q_2 = A_2 L^{\alpha 1} K^{\beta 1} L_R^{\delta 1\alpha 1} K_R^{\delta 2\beta 1} R^{\gamma} \qquad (17)$$

وبأخذ اللوغاريتمات الطرفين نحصل على المعادلة الخطية المطلوبة لغرض التقدير:

$$\ln Q_2 = \alpha_o + \alpha_1.\ln L + \beta_1.\ln K - \delta_1\alpha_1.\ln L_R - \delta_2\beta_1.\ln K_R + \gamma.\ln R \qquad (18)$$

والتقدير القياسي للمعادلة اعلاه بطريقة (OLS) هو :

$$\ln\hat{Q}_{2i} = \hat{\alpha}_o + \hat{\alpha}_1 \ln L_i + \hat{\beta}_1 \ln K_i - \delta_1 \hat{\alpha}_1 \ln L_{Ri} - \delta_2 \hat{\beta}_1 \ln K_{Ri} + \hat{\gamma} \ln R_i + e_i \qquad (19)$$

والتطبيق التجريبي للنموذج(19) يعطينا واحد من ثلاثة احتمالات او اكثر لكل حالة تقديرلفصل الآثار غير-المباشرة لانشطة (ب&ت) على مستوىالانتاج ، أي خلال تأثيرها على مدخلات الانتاج المراد فصلها بصورة مستقلة ومن ثم تقدير الآثار المباشرة للاخيرة على الناتج. واذا عدت المقدرات الثلاثة الاولى من (19)مقدرات دالة الانتاج بعنصرين، فأن الاحتمالات الثلاث هي:

$$\ln\hat{Q}_{2i} = \ln\hat{Q}_{1i} + \delta_1 \hat{\alpha}_1 \ln L_{Ri} + \hat{\gamma}.\ln R_i \qquad (20)$$

$$\ln\hat{Q}_{2i} = \ln\hat{Q}_{1i} + \delta_2 \hat{\beta}_1 \ln K_{Ri} + \hat{\gamma}.\ln R_i \qquad (21)$$

$$\ln\hat{Q}_{2i} = \ln\hat{Q}_{1i} + \hat{\gamma}.\ln R_i \qquad (22)$$

والمعادلة (19) تتضمن :

$$\alpha_1.\ln L + \delta_1\alpha_1.\ln L = (\alpha_1 + \delta_1\alpha_1)\ln L = \alpha_2.\ln L \qquad (23)$$

$$\beta_1.\ln k + \delta_2\beta_1.\ln k = (\beta_1 + \delta_2\beta_1)\ln k = \beta_2.\ln k \qquad (24)$$

مع افتراض ان :

$$\Delta\alpha.\ln L_i = \delta_1\alpha_1.\ln L_{Ri} \qquad (25)$$

$$\Delta\beta.\ln k_i = \delta_2\beta_1.\ln k_{Ri} \qquad (26)$$

حيث أن سبب التغير في معامل العمل (αΔ) وفي معامل رأس المال (βΔ) هو التأثير المشترك للعنصر الثالث (R)، فيكون (αΔ)نسبة مقدارها ($\delta_1\alpha_1$) معامل لمتغير جديد هو (L_R)

المراد قياسة بحيث ان ($\delta_1\alpha_{1.L_R=\Delta\alpha L}$) خطياً ايضاً. والشيء ذاته يقال عن (K_R) والمطلوب الان الحصول على مقياس لكل من هذين المجهولين، بناء على ذلك.

ولغرض الحصول على مقياس حسابي لكل من هذين المتغيرين من النموذج الذي جرى تطويره في(19) هناك امكانية لاسلوبين بديلين. الاول مع توفر الشرطين في(25و26) معاً، فنجد أن :

$$\ln L_{Ri} = (\ln \hat{Q}_{2i} - \hat{\alpha}_o - \hat{\alpha}_1 \ln L_i - \hat{\beta}_1 \ln K_i + \delta_2 \hat{\beta}_1 \ln K_{Ri} - \hat{\gamma} \ln R_i) / \delta_1 \hat{\alpha}_1 \qquad (27)$$

$$\ln K_{Ri} = (\ln \hat{Q}_{2i} - \hat{\alpha}_o - \hat{\alpha}_1 \ln L_i - \hat{\beta}_1 \ln K_i + \delta_1 \hat{\beta}_1 \ln L_{Ri} - \hat{\gamma} \ln R_i) / \delta_2 \hat{\beta}_1 \qquad (28)$$

وبحل هاتين المعادلتين آنياً، نحصل على متجهين من القيم بحيث يقدمان مقياساً لكل منهما. والاسلوب الآخر يفترض توفر احد الشرطين اعلاه فقط، ومن هذه الحالة نجد أن:

$$\ln L_{Ri} = (\ln \hat{Q}_{2i} - \hat{\alpha}_o - \hat{\alpha}_1 \ln L_i - \hat{\beta}_1 \ln L_i - \Delta\hat{\beta} \ln K_i - \hat{\gamma} \ln R_i) / \delta_1 \hat{\alpha}_1 \qquad (29)$$

$$\ln K_{Ri} = (\ln \hat{Q}_{2i} - \hat{\alpha}_o - \hat{\alpha}_1 \ln L_i - \hat{\beta}_1 \ln K_i - \Delta\hat{\beta} \ln L_i - \hat{\gamma} \ln R_i) / \delta_2 \hat{\beta}_1 \qquad (30)$$

والتعويض المباشر لقيم ومقدرات الطرف الايمن المعلومة في كل من المعادلتين الاخيرتين يقدم المتجهين المطلوبين. واختلاف هاتين المعادلتين عن نظيرتيهما السابقتين هو احتواءهما على القيم المعلومة للحد الخامس فيهما ($\Delta\hat{\beta}.\ln K_i$) و ($\Delta\hat{\alpha}.\ln L_i$) وفيهما المقادير الاصلية للعمل ورأس المال.

ان كلاً من الاسلوبين له ميزته في القياس ، وعليه شيء من الحذر تجاه حساسية المقياس لاي تغيير في البيانات المستخدمة في احتسابه فالاسلوب الاول الاقرب للمنطق الواقعي الا ان احتمالات التداخل الخطي ممكنةٍ فيه بسبب القياس الآني. في حين يتميز الاسلوب الثاني بسهولة اكثر وربما يتلافى مشكلة الآنية، وفضلاً عن ذلك لايوجد مأخذ عليه. وعليه فان التعويل عليه الى هذا الحد ذا ارضية اقوى من الاسلوب الاول. وفي كلا الاسلوبين لايوجد تطابق آني كبير بين المعادلتين القياسيتين، لان طرح الحدود: الثاني والثالث والرابع من الحد الاول–في الطرف الايمن – يعطي هامشاً محدوداً قريباً من المتبقي من المربعات الصغرى الاعتيادية (e_i). وبذلك يكون كل من المتغيريين الجديدين دالة في (R) :

$$\ln L_{Ri} \approx (e_i - \hat{\gamma} \ln R_i) / \delta_1 \hat{\alpha}_1 + \Delta\hat{\beta} \ln k_i / \delta_1 \hat{\alpha}_1 \qquad (31)$$

$$\ln K_{Ri} \approx (e_i - \hat{\gamma} \ln R_i) / \delta_2 \hat{\beta}_1 + \Delta\hat{\alpha} \ln L_i / \delta_2 \hat{\beta}_1 \qquad (32)$$

وذلك بالنسبة للاسلوب الثاني. والشيء اته يقال بالنسبة للاسلوب الاول. وبذلك يمكن تقدير النموذج (19)، واختبار معنوية معلماته يقدم اثباتاً اختبارياًايضاً للنموذج كلياً.

INDIRECT IMPARTS OF R&D ON PRODUCTION A MATHEMATICAL-ECONOMETRICAL SUGGESTED MODEL FOR MEASURING EFFICIENCY AND TECHNIQANCY

Prof. Dr. Qubais Saeed Abdul Fattah FAHADI
Dr. Nawfal Kassim Ali SHAHWAN

Summary

This study aims to build separate indexes of the indirect imparts of (R&D) Activities on output, implementing the Cobb-Douglas production function. These impart represent embodied internal effects of (R&D) on labor and capital.

Assuming neutral disembodied technological change and allowing (R&D) be a third factor in production, we expertise a stepwise method with an anecdotal paradigm in order to derive two tremendous vectors for efficiency changes and technical changes, due to (R&D) in the production process.

By a proactive procedure, and in the light of many simplified hypotheses, the suggested mathematical-econometric model coining an extension to the framework of (CD) production function. The two vectors of the above two variables also could be estimated as indirect effects of (R&D) on productivity growth, besides the direct effects.

الهوامش والمراجع

[1] R. M. Solow, " Technical Change and Aggregate Production Function", **Rev.Econ.& Stat.,** 1957, 28, 117-124.

[2] Dale W. Jorgensen, and Z. Griliches, "The Explanation of Productivity Change", **Rev.Econ.& Stat**., 1967, 34, 249-284.

[3] Solomn Fabricant, "Economic progress and Economic Change", **NBER** Report No.34, New York,1954.

[4] Moses Abramovits, "Resoueces Output Trends in the U.S. Since 1870", **Amer.Econ. Rev.**, 1956,2,5-23.

[5] Albert N. Link, **Technological Change and Productivity Growth**, Harwood Switzerland, 1987.

[6] M. Nishimizu, and J. M. Page,Jr., "Total Factor Productivity Growth,Technological Progress and Technical Efficiency Change: Dimensions of Productivity Change in Yogoslavia(1965-78)", **Econ.J.,** 1982, 92, 920-936.

[7] D. W. Caves, L. R.Christensen, and W. E. Diewert, "Multilateral Comparisons of Output, Input, and Productivity Using Superlative Index Numbers", **Econ.J**., 1982, 92(365), 73-86.

[8] Jean-Paul Chavas and Thomas L. Cox, "A Nonparametric Analysis of Productivity: The Case of U.S and Japanese Manufacturing", **Amer.Econ.Rev**., 1990(3), 450-464.

[9] Rolf Fare, et.al., "Growth,Technical Progress,and Efficiency Change in Industrial Countries", **Amer.Econ.Rev**., 1994, 1, 66-83.

[10] د. قبيس سعيد الفهادي و د. نوفل قاسم علي الشهواني، "البحث والتطوير والانتاجية"، هذه المجلة، قيد النشر.

مصادر البحث وقراءات مقترحة

مصادر بالعربيه

الخولي، د.أسامة، "البحث العلمي التطبيقي أساس التطور العلمي التكنولوجي"، **مجلة التنمية الصناعية العربية، 1973،ع13، م13،4-18.**

الشهواني، نوفل قاسم علي، "دور التغير التقاني في النمو الإقتصادي في بعض الأقطار النامية"، **دراسة غير منشورة**، مقدمة الى قسم الإقتصاد بجامعة الموصل، إشراف د. سالم توفيق النجفي، الموصل، 1996 .(45 ص)

الفهادي ، د. قبيس سعيد، "نظام الحوافز كأداة لرفع مستوى الإنتاجية"، **النفط والتنمية**، 1977 ، ع6 ، 77.85.

الفهادي ، د. قبيس سعيد ونوفل قاسم علي الشهواني، "البحث والتصوير والانتاجية"، هذه المجلة، قيد النشر.

قاسم، د.صبحي، "أفكار في إصلاح مسيرة البحث العلمي والتطوير التجريبي في بلدان الوطن العربي" ، **مجلة المنتدى** (منتدى الفكر العربي عمان)، 1997،م12، ع139، 24−30.

مصادر بالانكليزية

Abramovits, Moses," Resoueces Output Trends in the U.S. Since 1870", **Amer.Econ. Rev.**, 1956,2,5-23.

Brown, Murray, **On the Theory and Measurement of Technological Change**, Cambridge University Press, Cambridge,1966.

Cave, D. W., L. R.Christensen, and W. E. Diewert, "Multilateral Comparisons of Output,Input, and Productivity Using Superlative Index Numbers", **Econ.J**., 1982, 92(365), 73-86.

Chavas. Jean-Paul and Thomas L. Cox, "A Nonparametric Analysis of Productivity: The Case of U.S and Japanese Manufacturing", **Amer.Econ.Rev**., 1990(3), 450-464.

Cobb, C. and P. Douglas, "A Theory of Production", **Amer.Econ.Rev**.,1928, 139-165.

Fabricant Solomn, "Economic progress and Economic Change", **NBER** Report No.34, New York,1954.

Fare, Rolf, et.al., "Growth,Technical Progress,and Efficiency Change in Industrial Countries", **Amer.Econ.Rev**., 1994, 1, 66-83.

Goel, Rajeev K. and Rati Ram, "Research and Development Expenditures and Economic Growth : A Cross-Country Study", **Econ.Dev.&Cult. Change**, 1994, 42, 2, 403-411.

Griliches, Zvi, "Productivity,R&D and Data Constraint", **Amer.Econ.Rev**.,1994,1, 1-23.

Griliches, Zvi, "R&D and Productivity:Econometric Results and Measurement Issues", in:Handbook of the **Economics of Innovation and Technological Change**, ed.by Paul Stoneman,Blackwell,Oxford,1995,53-101.

Hall, Bronwyn H. and Jacques Mairesse, "Exploring the Relationship Between R&D and Productivity in French Manufacturing Firms",**J.Econometrics**, 1995, 65, 263-293.

Maire, Jacques and Bronwyn H. Hall, "Estimating the Productivity of Research and Development in French and United States Manufacturing Firms:An Exploring of Simultaneity With GMM Methods", in:**International Productivity Differences**, ed. by K.Wagner and B.Van Ark, Elsevier Science B.V.,New York,1996.

Link,Albert N., **Technological Change and Productivity Growth**, Harwood Switzerland, 1987.

Nadiri, M. Ishaq, "Innovations and Technological Spillovers", C.V.Starr Center for Applied Economics" **Report No**.93-31,1993.(47)

Nishimizu, M. and J.M. Page,Jr., "Total Factor Productivity Growth,Technological Progress and Technical Efficiency Change: Dimensions of Productivity Change in Yogoslavia(1965-78)", **Econ.J.,** 1982, 92, 920-936.

Solow, R. M., " Technical Change and Aggregate Production Function", **Rev.Econ.& Stat.,** 1957, 28, 117-124.

Schumpeter J.A., **The History of Economic Analysis**,McGraw-Hill, New York, 1900.