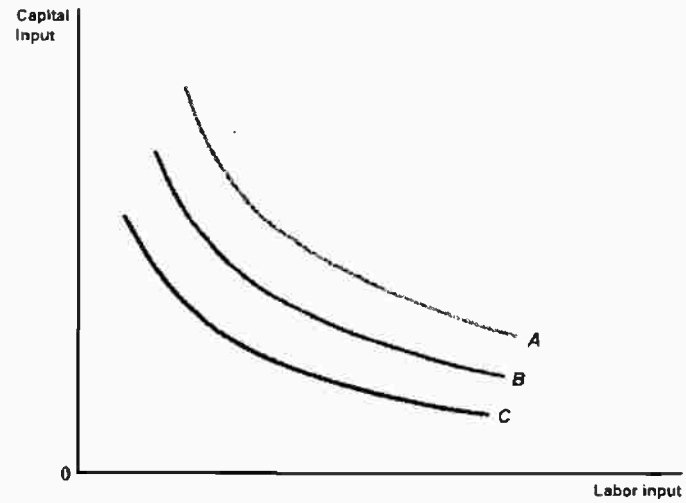
الفصل الثامن

التغير التكنولوجي والابتكار الصناعي

عادة ما كانت الشركات الأمريكية تتبوأ مكان الصدارة في عالم التكنولوجيا المتطورة . وفي أغلب الأحيان ، كانت السلع الجديدة والأساليب المبتكرة هي المسئولة عن الأرباح طويلة الأجل والنجاح الذي يتحقق على أرض الواقع في السوق . وكانت تلك السلع الجديدة والأساليب المبتكرة قد جاءت بدورها كنتيجة طبيعية لهذا الالتزام الفعال للبحث والابتكار ، مع عدم اغفال وجود عوامل جانبية أخرى وراء مثل هذا النجاح ، ومع ذلك فقد قام المديرون في العقود الأخيرة بتبني دراسات مسهبة للوقوف على الأساليب الكامنة وراء التدهور الواضح الذي تشهده بعض الصناعات الأمريكية في مجال التطور والابتكار . وفي يومنا هذا وفي ظل التهديد الذي تمثله اليابان لمكانة الولايات المتحدة القيادية في مجال التكنولوجيا ، كان من الطبيعي أن تقفز مسألة القدرة على الابتكار والتطوير إلى المقدمة في جداول العديد من الشركات ، بعد أن كانت تلك المسألة من الامور المسلم بها في الماضي وفي هذا الفصل سنقوم بمناقشة العديد من النماذج والتقنيات التي أثبتت كفاءتها في هذا الصدد .

التغير التكنولوجي

غالباً ما يأخذ التطور والتقدم التكنولوجي شكلاً من أشكال الابتكار والأساليب الجديدة لإنتاج السلع الموجودة بالفعل ، بالاضافة إلى إتباع أساليب تنظيمية وتسويقية وإدارية مستحدثة . وينتج عن التغير التكنولوجي تغير في دالة الإنتاج فإذا كان بالامكان وضع تصور معين لدالة الإنتاج ، فقد يتمكن القائمون على الإدارة من دراسة تأثير أحد مقاييس التطور التكنولوجي على دالة الإنتاج . ففي حالة وجود اثنان فقط من عناصر الإنتاج كرأس المال والعمالة مع ثبات العوائد المقياسية فإنه يمكن تحديد خواص دالة الإنتاج بشكل تام وذلك من خلال منحنى الناتج المتساوي .[1] ولمعرفة أثر التغير التكنولوجي ، يمكننا إلقاء نظرة سريعة على المواقع المختلفة التي يشغلها هذا المنحنى . فإذا انحرف المنحنى من A إلى B في الشكل (8.1) خلال فترة زمنية معينة كان ذلك دليلاً على ضآلة اثر التغير التكنولوجي في هذه الفترة وبالمثل إذا انحرف المنحنى إلى C .



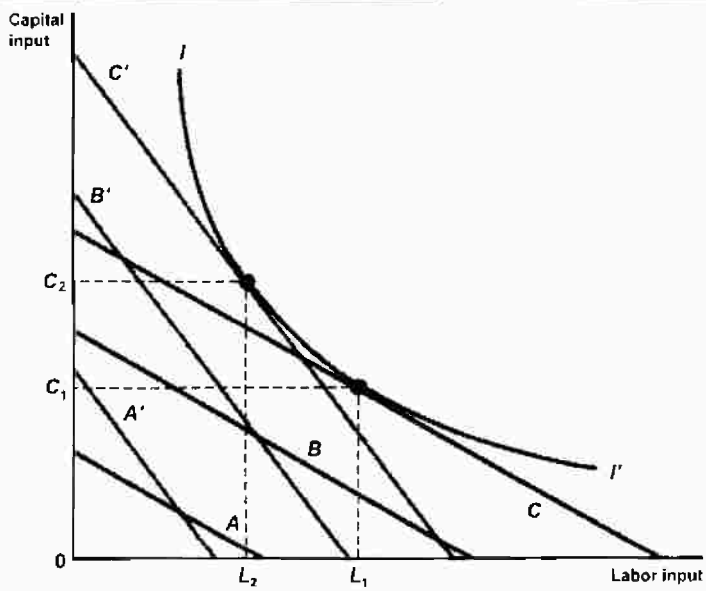
شكل (8.1) التغير في وضع مقادير الإنتاج المتساوية على مدار فترة زمنية بعينها : إذا انحرف مقدار الإنتاج المتساوي من الوضع A إلى الوضع B ، فإن أثر التطور التكنولوجي يكون منخفض عما هو الأمر في حالة انحرافه إلى الوضع C .

[1] ذكرنا في الفصل السابق أنه إذا كان هناك عوائد مقياسية ثابتة ، فإن x % زيادة في كافة عناصر الإنتاج تؤدي إلى x% زيادة في الإنتاج . وتنطبق هذه العلاقة على أي من مستويات الإنتاج ، كما أنها تلخص توليفات عناصر الإنتاج ذات الكفاءة .

كما قد يتسبب التطور التكنولوجي في ظهور سلع جديدة لم تكن موجودة من ذي قبل . فبينما لم تكن أجهزة الفيديو معروفة منذ بضعة عقود نراها الآن أمراً شائعاً ومألوفاً وبينما لم يظهر النايلون في الأسواق إلا في الثلاثينات نجده الآن من المواد التي لا غنى عنها وفي أغلب الأحوال يمكننا النظر إلى توفر السلع الجديدة على أنها تغير في دالة الإنتاج لكونها أساليب أكثر نفعاً للإيفاء باحتياجات الإنسان الكائنة بالفعل ، وذلك إذا ما نظرنا إلى هذه الاحتياجات من منظور أكثر اتساعاً . أما في حالات أخرى فإنه لا يمكن النظر إلى السلع الجديدة على أنها تغير في دالة الإنتاج نظراً لأنها لا تمثل إلا اختلافاً نوعياً فقط .

إنتاجية العمل

منذ أمد بعيد والمديرون يولون عناية خاصة بمسألة الإنتاجية أو النسبة بين الإنتاج وعناصر الإنتاج . وتعتبر معدلات الإنتاجية لكل ساعة عمل – أحد أقدم معايير الإنتاج وأكثرها شيوعاً . أما التطور التكنولوجي فهو أحد العوامل التي تحدد معدل نمو إنتاجية العمل فإذا ما ارتفعت معدلات التطور التكنولوجي كان من الطبيعي أن يرتفع مستوى إنتاجية العمل من حيث النمو وذلك مع افتراض ثبات العوامل الأخرى . إلا أن معدل التطور التكنولوجي ليس هو العامل الوحيد الذي يحدد نمو إنتاجية العمل على الرغم من كثرة الاستعانة بمعيار الإنتاجية لقياس معدلات التطور التكنولوجي .



شكل (8.2) زيادة الإنتاجية دون حدوث تطور تكنولوجي : لما كان سعر العمالة مرتفعاً بالنسبة لرأس المال ، فإن إنتاجية العمالة تأخذ في الزيادة .

يوضح الشكل (8.2) كيف يمكن لإنتاجية العمل أن تعطي مؤشرات كاذبة بخصوص معدل التطور التكنولوجي . فإذا افترضنا أن منحنى الناتج المتساوي – محل الدراسة هو I' ، وأن أسعار عناصر الإنتاج عند بداية الفترة هي على النحو الذي توضحه خطوط التكلفة المتكافئة A ، B ، C . ونفترض كذلك أن أقل توليفات عناصر الإنتاج من حيث التكلفة هي L_1 للعمالة و C_1 لرأس المال . ثم نفترض بعد ذلك أن أسعار عناصر الإنتاج قد تغيرت وأن العمالة قد أصبحت أكثر تكلفة من رأس المال نسبياً الأمر الذي يترتب عليه انحراف منحنيات التكاليف إلى A' ، B' ، C' ، وهكذا . وفي ظل هذه الظروف الجديدة تكون أقل التوليفات تكلفة عند نفس حجم الإنتاج هي L_2 للعمالة و C_2 لرأس المال . ولما كان الإنتاج يبقى ثابتاً بينما تنخفض العمالة لذا فإن إنتاجية العمل في هذه الحالة تتزايد كنتيجة للتغير في أسعار عناصر الإنتاج ولا تعد مؤشراً للتطور التكنولوجي نظراً لثبات دالة الإنتاج .

إنتاجية العوامل الكلية

وثمة مقياس أفضل لمعدل التطور التكنولوجي ألا وهو إنتاجية العوامل الكلية أو الطريقة التي تربط التغيرات في الإنتاج بالتغيرات في كل من العمالة ورأس المال وليس بالعمالة فقط . افترض أن دالة الإنتاج هي على النحو المبسط التالي :

$$Q = a\,(bL + cK) \qquad (8.1)$$

حيث Q هي كمية الإنتاج ، L هي كمية العمالة ، K هي رأس المال ، b و c ثوابت . وبقسمة طرفي المعادلة (8.1) على $(bL + cK)$ نجد أن :

$$\frac{Q}{bL + cK} = a \qquad (8.2)$$

وهي إنتاجية العامل الكلية ، وكما يتضح من هذا النموذج المبسط فإن التغيرات في إنتاجية العوامل الكلية هي التي تقيس التغيرات في الكفاءة .

فإذا ما كانت إحدى الشركات تستخدم أكثر من عنصرين من عناصر الإنتاج فإن إنتاجية العوامل الكلية تساوي :

$$\frac{Q}{a_1 I_1 + a_2 I_2 + \ldots + a_n I_n} \qquad (8.3)$$

حيث I_1 هي الكمية المستخدمة من العنصر الأول ، I_2 الكمية المستخدمة من العنصر الثاني ، I_n هي الكمية المستخدمة من العناصر الأخرى . وكما سنلاحظ فيما يلي ، فإن الشركات تقوم بحساب إنتاجية العوامل الكلية بحيث تجعل a_1 مساوية لسعر العنصر الأول ، a_2 لسعر العنصر الثاني ، a_n للعناصر الأخرى في فترة أساسية معينة . وربما كان أهم ما تمتاز به إنتاجية العوامل الكلية عن إنتاجية العمالة هو أنها تتعامل مع أكثر من عنصر ، وليس عنصر العمالة بمفرده .

وعادة ما تقوم الشركات بحساب إنتاجية العوامل الكلية بغرض قياس التغيرات في كفاءة عملياتها خلال فترة زمنية معينة . ومن الضروري أن يكون مديرو الشركات على دراية بحجم الزيادة في الإنتاجية الناشئة عن الاستعانة بتقنيات جديدة أو غيرها من العوامل . ولعل أحد أهم الأمثلة هو ما يعرف بأنظمة التصنيع المرنة والذي يعد استحداثاً كبيراً في العديد من الصناعات كصناعة الميكنة بمختلف أشكالها – والتي ورد ذكرها في الفصل السابق . وطبقاً لشركة Messerschmidt -- وهي إحدى الشركات الألمانية الرائدة – فإن الاستعانة بأنظمة التصنيع المرنة والتي تم إدخالها بمصنع الشركة بمدينة Augsburg قد أدى إلى تقليص متطلبات العمالة اللازمة لكمية معينة من الإنتاج بنسبة 50% وإلى تقليص حجم استثمارات رأس المال المطلوبة بنسبة 10% المستخدمة في كل فترة .[2]

ولحساب التغيرات التي تطرأ على إنتاجية العوامل الكلية في المصانع أو الشركات خلال فترة زمنية معينة ، يتعين على المديرين الحصول على البيانات الخاصة بحجم الإنتاج الكلي وعناصر إنتاجه . فإذا افترضنا أن شركة Landau تستخدم ثلاثة من عناصر الإنتاج هي العمالة والطاقة والمواد الخام ، وأن الشركة قامت سنة 1996 باستخدام 10,000 ساعة عمل و 100,000 كيلووات ساعة من الطاقة و 5.000 رطلاً من المواد الخام للحصول على 400,000 رطلاً من الإنتاج ، وبفرض أن الشركة ستقوم في سنة 1998 باستخدام 12,000 ساعة عمل و 150,000 كيلووات من الطاقة و 6,000 رطل من المواد الخام للحصول على 700,000 رطل من الإنتاج فما هي إنتاجية العوامل الكلية لكل سنة على حده ؟

الخطوة الأولى للإجابة على هذا السؤال هي محاولة الحصول على بيانات تخص سعر كل عنصر من عناصر الإنتاج في فترة أساسية معينة ، ولتكن 1996 . وبفرض أن سعر العمالة 8 دولار للساعة وسعر الطاقة 2 سنت لكل كيلووات ساعة وسعر المواد الخام 3 دولار لكل رطل . إذن ، وبالتعويض عن هذه الارقام في المعادلة (8.3) نجد أن إنتاجية العوامل الكلية لعام 1996 هي :

$$\frac{400{,}000}{8(10{,}000) + 0.02(100{,}000) + 3(5{,}000)} = 4.12$$

ولعام 1998 هي :

$$\frac{700{,}000}{8(12{,}000) + 0.02(150{,}000) + 3(6{,}000)} = 5.98$$

مما يعني أن إنتاجية العوامل الكلية قد تزايدت من عام 1996 إلى عام 1998 بنسبة 45% (من 4.12 إلى 5.98) .

لاحظ أن أسعار عناصر الإنتاج للسنة الأساسية تُستخدم لكل الأعوام وليست للسنة الأساسية فقط . ففي حالة شركة Landau نستخدم

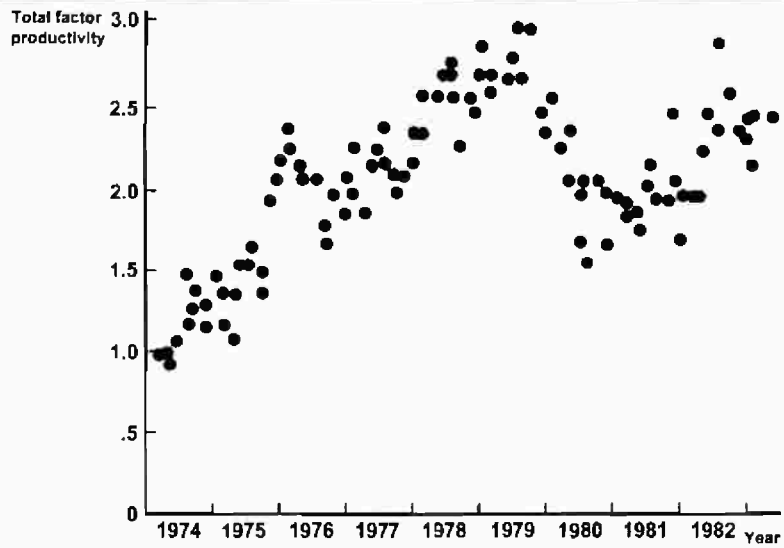
[2] National Research Council, *Toward a New Era in Manufacturing* (Washington, D.C.: National Academy Press, 1986), p. 118.

أسعار عناصر الإنتاج لعام 1996 لكل الاعوام وليس لعام 1996 فقط ، وبهذه الطريقة يمكننا تثبيت أسعار عناصر الإنتاج ولا نسمح للتغيرات فيها بالتأثير على النواتج .[3]

استخدام إنتاجية العوامل الكلية
لمتابعة الأداء في المصانع والشركات

للدلالة على إمكانية الاستعانة بإنتاجية العوامل الكلية في تتبع سير الأداء بأحد المصانع ، سنقوم بإلقاء نظرة على المصنع الذي قام بدراسته كل من : Robert Hays ، Steven Wheelwright و Kim Clark من جامعة Harvard's .[4] ويوضح الشكل (8.3) سلوك إنتاجية العوامل الكلية في هذا المصنع خلال فترة قدرها 10 أعوام . وكما نرى فقد تزايدت إنتاجية العوامل الكلية بمعدل جيد حتى عام 1976 وهي تلك الفترة التي كان فيها المصنع في بدايته . ولما كانت المصانع تتطلب مرور قدر من الوقت قبل أن تتمكن من زيادة أدائها بالشكل المناسب فمن الممكن أن يفسر ذلك بوجود زيادة كبيرة في إنتاجية العوامل الكلية في تلك المرحلة الأولية .

ونلاحظ عدم وجود دليل على وجود زيادة مضطردة واضحة في إنتاجية العوامل الكلية فيما بين عام 1977 و 1983 . بل نلاحظ حدوث زيادة في الفترة ما بين عامي 1977 و 1979 ، ثم انخفاض في الفترة ما بين عامي 1979و 1980 ، وأخيراً زيادة جديدة في الفترة ما بين عامي 1981 و 1982 . وفي عام 1982 كانت الإنتاجية الكلية للمصنع لا تزيد إلا قليلاً عن عام 1976 . وتشير البيانات في الشكل (8.3) إلى أنه لم تطرأ أي تغيرات تكنولوجية كبيرة على هذا المصنع في الفترة ما بين عامي 1977 و 1983 . ويذكر Hays ، Wheelwright و Clark أن هذه البيانات قد أدت إلى تحقيقات واسعة لمعرفة أسباب ذلك الأداء الضعيف ، وأن هذه التحقيقات قد أسفرت عن أن السبب يرجع أساساً إلى طريقة التحكم في إدخال وتشغيل المعدات الحديثة .[5] وما من شك في أن مثل هذه المعلومات قد أثبتت نفعها الجم لمديري الشركة .



شكل (8.3) إنتاجية العوامل الكلية ، مصنع الإنتاج الفعلي : أخذت إنتاجية العوامل الكلية في التزايد حتى عام 1976 ، إلا أنها لم ترتفع كثيراً في عام 1982 عما كانت عليه في عام 1976 .

المصدر : R. Hayes, S. Wheelwright, and K. Clark, *Dynamic Manufacturing*.

[3] بالطبع فإن هذا لا يعني أن قيمة إجمالي العوامل الإنتاجية لا تتأثر بأسعار عام الأساس . فإذا كان السعر خلال فترة الأساس هو 10 دولار للساعة (وليس 8 دولار) فإن النتائج ستكون مختلفة . إلا أن التغيرات في الأسعار مع مرور الوقت لا يسمح لها بالتأثير على ما توصلنا إليه من نتائج .

[4] Hayes, Wheelwright, and Clark, *Dynamic Manufacturing*.

[5] نفس المرجع السابق

وجدير بالذكر أن انخفاض إنتاجية العوامل الكلية في الفترة ما بين عامي 1979 و 1980 لا يعني وجود تغير تكنولوجي سلبي في تلك الفترة . فإذا كانت مبيعات المصنع قد تقلصت بعض الشيء في هذه الفترة لا لشيء – إلا للتعليمات الدورية الوارد ذكرها في الفصل السادس – فمن الممكن أن يؤدي هذا الانخفاض في المبيعات إلى انخفاض في إنتاجية العوامل الكلية ، وأحياناً ما تحتاج المعدات الجديدة إلى بعض الوقت حتى تصل إلى قمة أدائها . ففي بداية استخدام هذه الآلات قد تنخفض الإنتاجية مؤقتاً بسبب مشاكل التشغيل .

الركن الاستشاري

تقييم برنامج واسع النطاق لتطوير إحدى المنتجات *

قررت شركة General Electric – وهي شركة رائدة في إنتاج غسالات الأطباق – أن تقوم باستثمار 40 مليون دولار في إجراء تعديلات جوهرية في المنتجات وطرق إنتاجها . وكان القرار هو أن يتم تصميم الغسالة بحيث تتكون في الاساس من أنبوبة بلاستيكية وباب بلاستيكي يتألف كل منهما من قطعة واحدة . وللتأكد من أن المنتج سوف يفي بمتطلبات الجودة ، فقد تم تحديد المواصفات بدقة لكل من الشركة و الموردين . وأثناء إعادة الهيكلة التصنيعية أولت الشركة عنايتها القصوى لمكنة جميع مراحل الإنتاج بهدف تحسين الجودة وتقليل النفقات ، وكذلك سعت الشركة إلى التنسيق بين تطوير كل من المنتج وعملية الإنتاج وهي الطريقة التي لم تكن متبعة في الماضي . ونتيجة للتطور الذي طرأ على كل من المنتج وعملية الإنتاج فقد تلاحقت التغيرات التالية في الفترة بين عامي 1980 و 1984 :

1984	1980	
88	100	متوسط التكلفة لغسالة الأطباق (100 = 1980)
142	100	الإنتاج لكل موظف (100 = 1980)
55	100	عدد المكالمات التي أجراها العملاء طلباً للخدمة (100 = 1980)
2.5%	10%	عدد غسالات الأطباق التي أعادها العملاء (بعد الاختبارات الميكانيكية والكهربائية)

فإذا كنت تعمل استشاريا لدى الشركة وطلب منك تقييم هذا البرنامج ، فترى ماذا ستكون قراراتك ؟ وما هي البيانات الإضافية التي ترغب أن توافيك الشركة بها ؟

لمزيد من الدراسة راجع : Hayes and Wheelright, Restoring Our Competitive Edge.

البحث والتطوير (R & D)

(نموذج تعليمي)

يعتمد نجاح أي شركة وخصوصاً في الصناعات التي تعتمد على الإلكترونيات أو الكيماويات على مدى وطبيعة الأبحاث التي يتم إجراؤها ، فعمليات البحوث الجوهرية تهدف إلى خلق معارف جديدة ، والابحاث التطبيقية تسعى لتحقيق ربح مادي . والهدف في التطوير هو استغلال نتائج الابحاث في التطبيق ، وقد تنجم بعض المخترعات في مرحلتي البحث والتطوير على حدٍ سواء كنتيجة طبيعية للنشاط البحثي المنظم .

ويلعب الحظ أو المصادفة دوراً كبيراً في عمليات البحث والتطوير ، وقد تتعرض الشركات لسلسلة متعاقبة من الفشل والإخفاق قبل تحقيق أي نوع من أنواع النجاح . ويمكن النظر إلى أي من مشروعات البحث والتطوير باعتبارها إحدى عمليات الاستفادة منها تعليمياً. فمثلاً افترض أن

شركة ما تحاول تصنيع إحدى قطع الغيار وعليها المفاضلة بين سبيكتين، وأنه من المستحيل استخدام الطرق العادية لتحديد خصائص هاتين السبيكتين. فإذا افترضنا أن صلابة السبيكة تلعب دوراً هاماً في عملية المفاضلة، وأن تقديرات الشركة للسبيكتين X و Y تظهر موضحة في التوزيع الاحتمالي في القسم A من الجدول (8.1). فإذا وجدت الشركة نفسها مضطرة لاتخاذ قرار على وجه السرعة، فإنه من الأرجح أن يقع اختيارها على السبيكة Y وذلك لكون الشركة على قناعة بأن فرصة تفوق هذه السبيكة على نظيرتها أكبر نسبياً من فرصة تفوق السبيكة الأخرى من حيث الصلابة .

ومع ذلك ، تبقى هناك فرصة كبيرة لأن يثبت خطأ مثل هذا القرار وتكون نتيجة ذلك خروج قطعة الغيار في صورة أضعف من تلك التي كان يمكن تحقيقها في حالة قيام الشركة باستخدام السبيكة X . ولعل ذلك هو ما يدفع الشركات إلى أجراء اختبارات مسبقة قبيل قيامها بالانتقاء وبناءاً على نتائج مثل هذه الاختبارات ، تتمكن الشركة من صياغة تقديرات جديدة كما هو موضح في التوزيع الاحتمالي في القسم B من الجدول (8.1)، ومن هذه التوزيعات الاحتمالية يتضح أن القسم B من الجدول يخلو من التباين والتشتت أكثر مما هو الحال في القسم A ، أي أن الشركة تجد نفسها أكثر قدرة على تحديد مدى قوة وصلابة كل من السبيكتين الموجودتين في القسم B أكثر مما هو الحال في القسم A . ومن ثم فإن هذه الاختبارات ترفع من مدى تأكد الشركة من صلابة إحدى السبيكتين أكثر من الأخرى .

جدول (8.1) التوزيع الاحتمالي الفردي لصلابة السبيكتين X و Y .

مدى الصلابة	الاحتمالات			
	A قبل الاختبار		B بعد الاختبار	
	السبيكة X	السبيكة Y	السبيكة X	السبيكة Y
مرتفعة للغاية	0.20	0.30	0.10	0.10
مرتفعة جداً	0.40	0.50	0.20	0.80
مرتفعة	0.20	0.10	0.60	0.10
متوسطة	0.10	0.05	0.10	0.00
منخفضة	0.10	0.05	0.00	0.00
الإجمالي	1.00	1.00	1.00	1.00

جهود موازية للتطور

ينطوي البحث والتطوير على كم من المخاطر يفوق معظم الأنشطة الاقتصادية الأخرى . ولمواجهة المواقف المشوبة بالشك ، عادة ما تلجأ الشركات إلى اتباع جهود موازية عند قيامها بإجراء مشروعات التطوير والتحديث . فعند القيام باستخدام القنبلة النووية مثلاً ؛ كان على العلماء المفاضلة بين عدة أساليب تمكنهم من صناعة المواد القابلة للانشطار ، و لم يكن هناك اجماع على اختيار أحد البدائل دون غيره . ولكي يتأكد العلماء من عدم تجاهلهم للبديل الأفضل ، فقد قاموا باختبار كافة الطرق المتاحة لهم في وقت واحد . وقد تجلت الحكمة من وراء اتباع هذه الطريقة عندما ثبت أن أحد الأساليب التي كانوا لا يربون منها نفعاً في بداية برنامج التطوير هو في واقع الأمر أول الأساليب التي أمكن من خلالها الحصول على كمية معقولة من المواد المنشطرة . فكيف إذن يتسنى لمديري إحدى الشركات تحديد ما إذا كان القيام ببذل الجهود المتوازية هو أفضل الخيارات المتاحة ؟ وما هي العوامل التي تحدد العدد الأمثل من تلك الجهود ؟

إذا افترضنا أنه بإمكان إحدى الشركات اختيار عدداً من الطرق يساوي x وبتكلفة تساوي C دولار على كل طريقة وذلك في عدد من الشهور يساوي n . وأنه يمكنها كذلك اختيار الطريقة التي تبدو هي الأفضل عند نهاية الفترة ومواصلة العمل بها. وبفرض أن المعيار الوحيد هو حجم التكاليف التي تنطوي عليها عملية التطوير، باعتبار أن فائدة النتائج والوقت المستهلك متساويين في كل الأحوال. ولمزيد من التبسيط ، نفترض أن

كافة الطرق تبدو مبشرة بنفس القدر . وعندئذ تكون أفضل قيمة لـ x (وهي عدد الجهود المتوازية في عمليات البحث والتطوير) تتناسب عكسياً مع C ، وطردياً مع مقدار ما تمخضت عن الشهور n التالية من معلومات في عمليات البحث والتطوير . هذا ويلاحظ أنه كلما زادت تكاليف أحد الجهود كلما انخفض العدد الأمثل من الجهود المتوازية ، وكذلك كلما زادت المعلومات التي تأمل الشركة في التوصل إليها كلما أرتفع العدد الأمثل من الجهود المتوازية .

ولإيضاح السبب في قيام الشركات أحياناً باللجوء إلى تبني جهود التطوير المتوازية باعتبارها الخيار الأقل تكلفة ، علينا بدراسة إحدى الحالات التي تنطوي على احتمالين :

1- إما أن يتكلف كل جهد متبع 5 مليون دولار (على أن تكون صحة هذا التقدير بنسبة 50%) .

2- أو أن يتكلف كل جهد متبع 8 مليون دولار (على أن تكون صحة هذا التقدير أيضاً بنسبة 50%) .

ولما كنا نفترض تساوي كل الطرق من حيث درجة نجاحها لذا فإن جميع الاحتمالات تتساوى بغض النظر عن الطريقة المتبعة . وتكون إجمالي التكلفة المتوقعة للتطوير هي مجموع إجمالي تكاليف التطوير في حالة كل من النتائج المتبعة مضروباً في احتمال تحقق هذه النتيجة . فإذا ما قامت الشركة باتباع طريقة واحدة لا أكثر ، كانت التكاليف الإجمالية المتوقعة هي :

$$0.5 (\$ 5,000,000) + 0.5 (\$ 8,000,000) = \$ 6.500,000,0 \qquad (8.4)$$

ذلك لأنه يوجد احتمال 0.5 بأن إجمالي التكاليف ستبلغ 5 مليون دولار في حالة تبني طريقة واحدة ، واحتمال 0.5 بأن إجمالي التكاليف ستبلغ 8 مليون دولار .

فإذا كان متاح للشركة تبني أو اتباع طريقتين متوازيتين وإذا كانت التكلفة الحقيقية للتطوير باستخدام أي منهما سيتم تحديدها بعد إنفاق C دولار على كل طريقة ، كانت إجمالي التكلفة المتوقعة هي :

$$0.25 (\$ 8,000,000) + 0.75 (\$ 5,000,000) + C = \$ 5.750,000,0 + C \qquad (8.5)$$

وذلك إذا ما تم إتباع كل طريقة إلى النقطة التي تكون الشركة عندها قد أنفقت C دولار ، وكذلك اختيار الطريقة الأقل تكلفة عند تلك النقطة مع اغفال الطريقة الأخرى . ويرجع السبب في ذلك إلى وجود احتمال 0.25 أن تبلغ أجمالي الطريقة الأفضل 8 مليون دولار ، واحتمال أخر بنسبة 0.75 أن تبلغ 5 مليون دولار . وعلاوة على ذلك فإن الطريقة التي ستقوم الشركة بإغفالها ستؤدي إلى إنفاق C دولار لا محالة . أما مبلغ C دولار الذي يتم إنفاقه على الطريقة التي يقع الاختيار عليها فهو مدرج ضمنياً مع التكلفة الإجمالية لهذه الطريقة كما هو موضح أعلاه . ويرجع السبب في وجود احتمال بنسبة 0.25 أن تبلغ التكلفة الإجمالية للطريقة الأفضل 8 مليون دولار إلى أنه لا يمكن حدوث ذلك إلا عندما تكون إجمالي التكلفة للطريقتين 8 مليون دولار واحتمال حدوث ذلك0.25 . وبمقارنة المعادلة (8.4) بالمعادلة (8.5) يتضح أن التكلفة الإجمالية المتوقعة للتطوير تكون أقل في حالة وجود طريقتين متوازيتين عما هو الحال في حالة وجود طريقة واحدة وذلك إذا كانت C تقل عن 750,000 دولار .

وبصفة عامة إذا كانت P هي احتمال تكلفة التطوير C_1 وأن $(1 - P)$ هي احتمال تكلفة التطوير C_2 ، (حيث $C_2 < C_1$) ، فإنه من الطبيعي أن تبلغ التكلفة المتوقعة للتطوير في حالة تبني طريقة واحدة :

$$PC_1 + (1 - P) C_2$$

أما إذا تم تبني طريقتين متوازيتين ، كانت التكلفة المتوقعة هي :

$$P^2C_1 + (1 - P^2) C_2 + C$$

أي أنها أقل من تكلفة تبني طريقة واحدة بشرط :

$$P^2C_1 + (1 - P^2) C_2 + C < PC_1 + (1 - P)C_2 \qquad (8.6)$$

وعليه ، فإذا صحت هذه المتباينة الكائنة في المعادلة (8.6) كان من الطبيعي أن يؤدي اتباع الطريقتين المتوازيتين إلى تكلفة أقل من تلك الناجمة عن اتباع طريقة واحدة .[6]

---

[6] See R. Nelson, "Uncertainty, Learning, and the Economics of Parallel Research and Development Efforts," *Review of Economics and Statistics* (1961), for an early Paper on this topic. Also, see B. Dean and J. Goldhar, eds., *Management of Research and Innovation*, vol. 15 of *studies in the Management Sciences* (Amsterdam: North-Holland, 1980).

كيف يتحقق النجاح

ربما تختلف الشركات اختلافاً شاسعاً فيما بينها – حتى ولو كانت جميعها تعمل في نفس النشاط – من حيث مدى قدرتها على الإفادة من عمليتي البحث والتطوير ، وبلورة هذه الفوائد في شكل مكاسب تجارية . وعلى سبيل المثال فقد اكتشفت ثلاثة من الشركات العاملة في مجال الكيماويات – وهي شركات متكافئة من حيث حجم نشاطها – أن نسبة ما أنفقته على عمليتي البحث والتطوير اللتين عادا عليها بالربح هي 69% ، 54% ، 39% على الترتيب . ولما كانت هذه الفروق من الضخامة بحيث لا يمكن إرجاعها إلى مجرد أخطاء في القياس أو التحديد ، لذا فإننا في حاجة إلى إيجاد تفسير مقبول لها .[7]

وتنشأ إمكانية النجاح الاقتصادي لمشروعات البحث والتطوير على العوامل الثلاثة التالية كل على حده :

1- احتمال النجاح الفني .

2- احتمال النجاح التجاري (عند تحقق النجاح الفني) .

3- احتمال النجاح الاقتصادي (عند تحقق النجاح التجاري) .

هذا وقد أوضحت إحدى دراسات علم الاقتصاد القياسي أن هذه العوامل الثلاثة ترتبط ارتباطاً مباشراً بسرعة تقييم المشروع من حيث فائدته الاقتصادية في مقابل فائدته الفنية . كما أن الشركات التي لا تشهد تعاوناً أو تقارباً وثيقاً بين فرق البحث والتطوير والتسويق تعاني من عشوائية وتخلف عملية التكامل بين نشاط البحث والتطوير من ناحية وواقع السوق من ناحية أخرى . أما الابتكارات الناجحة تجارياً فتعتمد على هذا النوع من التكامل . ولقد توصلت العديد من الدراسات التطبيقية في مجال الابتكارات الناجحة إلى نفس النتيجة وهي أنه كلما ازداد التقارب بين التسويق والبحث والتطوير ، كلما ازدادت احتمالات النجاح التجاري . وعندما نلقي النظر على تجربة الثلاث شركات الكيماوية ، فإننا نلاحظ أن تساوي حجم الإنفاق على البحث والتطوير لم يؤدي تقريباً إلى تساوي النجاح التجاري في كل منها . هذا وقد أدى إعادة التنظيم في اثنين من هذه الشركات الثلاث إلى إحداث مزيد من التكامل في البحث والتطوير من ناحية والتسويق من ناحية أخرى وذلك بفضل تحسين قنوات الاتصال ، وبمزيد من إدخال عناصر التسويق في مجال البحث والتطوير . أما الشركة الثالثة فقد شهدت مقداراً أدنى من التكامل وبذلك تكون عملية البحث والتطوير قد أولت التسويق اهتماماً أقل مما كان عليه الحال قبيل إعادة التنظيم .

ويمكن الحصول على مؤشرات غاية في الأهمية من خلال البيانات الخاصة باحتمال النجاح التجاري (عند تحقق النجاح الفني) . وقد تجلى ذلك في نحو 330 مشروعاً من مشروعات البحث والتطور التي تبنتها هذا الشركات الثلاثة في فترات تتراوح ما بين ثلاثة إلى سبع سنوات قبل إعادة التنظيم وخمسة إلى ثمانية سنوات بعدها . وقد أوضحت تلك المؤشرات وجود زيادة مقدارها 20% في حالة الشركتين اللتين قامتا بمزيد من التكامل بين البحث والتطوير من ناحية والتسويق من ناحية أخرى ، مع حدوث انخفاض بمقدار 20% في حالة الشركة الثالثة .

وبصفة عامة قد يبقى جانب كبير من جهود البحث والتطوير التي تتبناها شركة ما بلا نفع يذكر نظراً لغياب بعض أقسام الشركة عن التفاعل والاستعانة بها . وطبقاً لإحدى عمليات المسح التي أجريت لاستطلاع أراء عدد من المديرين التنفيذيين ، فإن هناك قناعة لدى الكثيرين بأن إحداث النجاح الاقتصادي لمشروعات البحث والتطوير قد يتزايد بمقدار النصف في حالة الاستغلال الأمثل لإمكانيات قسمي التسويق والإنتاج .

---

[7] لمزيد من المراجع ومصادر المعلومات والبيانات الوارد ذكرها في هذه الأجزاء والأجزاء الثلاثة التالية ، راجع :
E. Mansfield, "How Economists See R and D," *Harvard Business Review* (November-December 1981). Also, see K. Clark and T. Fujimoto, *Product Development Performance* (Boston: Harvard Business School Press, 1991); R. Stobaugh, *Innovation and Competition* (Boston: Harvard Business School Press, 1988); and E. Mansfield, *Innovation, Technology, and the Economy* (Aldershot: Elgar, 1995).

جهود التطوير المتوازية لدى شركة IBM

تعد شركة IBM إحدى الشركات الرائدة في العالم في مجال التكنولوجيا المتطورة ، ولعل قيامها بإنفاق 4 بليون دولار في مجال البحث والتطوير سنة 1994 أحد أهم الدلائل على ذلك . وعلى الرغم من ذلك فإنه يتعين على شركة IBM - مثلها مثل باقي الشركات الأخرى - مواجهة إحدى الحقائق الهامة ، ومفادها أن عمليتي البحث والتطوير هما نشاط محفوف بالمخاطر ليس مقداراه التنبؤ والإيقان بنجاح أو فشل إحدى مشروعات البحث والتطوير . وانطلاقاً من إدراك الشركة لهذه الحقيقة لعبت جهود البحث والتطوير المتوازية دوراً محورياً في تاريخ شركة IBM ، وذلك كما يتضح من تعليق أحد مديري الشركة :

*" ما من شك في أن المشروعات المتوازية تلعب دوراً حاسماً . فعندما أتذكر مجموعة المشروعات التي قمنا بإجرائها مؤخراً ، ألاحظ أنه في أكثر من نصف الحالات التي قمنا بالعمل فيها كانت مشروعات التطوير الضخمة التي نراهن على نجاحها هي التي تتعرض للفشل في مرحلة ما من مراحل سير العمل بها . لقد قمنا بإلقاء نظرة على الكثير من المشروعات الصغيرة ، وفي كل مرة كنا نلاحظ وجود اثنين أو ثلاثة من المشروعات الصغيرة التي لا يتخطى عدد العاملين بها أكثر من أربعة إلى ستة أشخاص . وأذكر أنني لاحظت خمسة مشروعات من هذا النوع يجري فيها العمل جنباً إلى جنب ، وقد كان أحد هذه المشروعات صغيراً إلى درجة أن العاملين به كانوا شخصين فقط . وكان كل هؤلاء يعملون جانباً إلى جنب ويبذلون جهوداً كبيرة في مجالات التكنولوجيا والتطوير المتوازية . وإذا كنا نؤكد على أن هذه المشروعات قد تمت بأقل قدر ممكن من الوقت والأيدي العاملة ، إلا أن مثل هذا العمل سوف يبقى مضرباً للمثل . ومع أننا قد نستخف بمثل هذه المشروعات ، إلا أنها عادة ما تثبت وجودها . فعلى الرغم من فشل المشروعات التي راهن عليها الجميع في البداية ، جاءت المشروعات المطورة متقدمة على الجدول الزمني الذي كان موضوعاً لها في الأصل ، وهو ما شاهدناه في ثلاثة من هذه المشروعات ولا غرابة في ذلك ، فكلما توفر التشجيع الحقيقي ، وكلما أخلص القائمون في عملهم ، كلما كان الإنجاز ضخماً ، حتى ولو كان العاملون لا يتعدون أصابع اليد الواحدة من حيث العدد . بل ويمكن أن أذهب في القول إلى أبعد من ذلك فأؤكد على أن هؤلاء العاملين كانوا يتمتعون بميزة كبيرة ، حيث كانوا مضطرين نظراً لندرة الموارد المتوفرة لديهم إلى إنتاج سلعة تتسم أساساً ببساطتها . " **

* Bartlett. Cases in Stratcgic Management.

انتقاء المشروعات

ربما كانت هناك مبررات قوية ومقنعة من خوف السيطرة الزائدة عن الحد ، ومع ذلك فإن الأشراف الإداري على البحث والتطوير هو أمر لا بد منه. فإذا ما أرادت الشركة أن تحقق أكبر نفع ممكن من طاقة البحث والتطوير التي لديها ، فإنه يتحتم عليها تحديد ما ترمي إليه من أهداف في العمل أولاً ، ثم اطلاع علمائها ومهندسيها على تلك الأهداف . فعملية البحث تبقى دون معنى إذا ما لم ترتبط بالأهداف الاقتصادية للمنشأة .

فإذا تمكنا من انتقاء فريق من العلماء ، وهيئنا لهم ظروف العمل والبحث في المجالات المفضلة لديهم ، فقد نحصل على نتائج جديدة ومبتكرة ، حتى وإن كانت هذه النتائج تفتقر إلى إمكانية بلورتها إلى قيمة تجارية فورية . لذلك فقد وجدت معظم الشركات أنه من المفيد إجراء تقييم اقتصادي لكل من المشروعات المقترحة والمشروعات الجاري العمل بها . وما من شك في أن مثل عمليات التقييم هذه قد أثبت فاعليتها ، حيث أنها تدفع المديرين إلى طرح ما لديهم من تصورات بصورة صريحة ومباشرة . وتشير البحوث المتوفرة إلا أنه كلما أسرعت الشركات في إجراء عمليات التقييم ، كلما زادت فرص النجاح التجاري للمشروعات .

وتختلف طبيعة التقييم في حالة البحوث عنها في حالة مشروعات التطوير، فبينما يتحرك أحد مشروعات البحوث من المعمل صوب السوق، فإن التطوير يحظى بقدر أكبر من الفحص والتدقيق سواء من الناحية التقنية الفنية أو من الناحية الاقتصادية. ففي مراحل البحث المبكرة ربما تكون

مقترحات الفحص سريعة وذات طابع عفوي ؛ وذلك لكون هذه المرحلة تتميز بانخفاض التكاليف وصعوبة التنبؤ بالنتائج . ولكن مع دخول المشروعات مرحلة التطوير ذاتها – وهي المرحلة التي تشهد ارتفاعاً ملحوظاً لكل من التكاليف والقدرة على التكهن بالنتائج ، فإن هذه المشروعات تتطلب الخضوع لعملية من التقييم الاقتصادي أكثر دقة وتفصيلاً .

هذا وقد استحدث علماء التطبيق الاقتصادي في الإدارة عدداً من النماذج المتطورة التي من شأنها الإسهام في حل المشكلات المتعلقة بعملية التقييم . فالبعض يستعينون بتقنيات الموازنة الرأسمالية أو مخصصات الإنفاق على الأصول الرأسمالية بعد إجراء التعديلات الطفيفة عليها . فعلى سبيل المثال ، يمكن القيام بحساب ومقارنة صافي القيمة الحالية أو المعدل الداخلي للعائد – وهما الأمران الوارد تفصيلهما في الفصل الخامس عشر – ويقوم الآخرون بالاستعانة بتقنيات البرمجة الخطية – الوارد تفصيلها في الفصل العاشر – إلا أن الأشكال الأكثر تعقيداً من هذه النماذج لم تدخل بعد إلى حيز التنفيذ بصورة مرضية ، وذلك للأسباب التالية :

① أن كثيراً من هذه النماذج تتجاهل حقيقة أن عملية البحث والتطوير تنطوي على معلومات غاية في الأهمية ؛ الأمر الذي يجعل دورها الحقيقي هو تيسير عملية اتخاذ القرار بشكل متتابع في ظل ظروف محفوفة بالشك والمخاطر .

② أن تطبيق النماذج الأكثر تعقيداً لا يزال أمراً مكلفاً .

③ أما السبب الأكثر أهمية ، فإن هذه النماذج عادة ما ترتكز على تقديرات مسرفة في التفاؤل بحيث يصعب الاعتماد عليها وهي تقديرات تعكس كل من الشك الذي تقترن به عملية التنفيذ ورغبة القائمين على البحث في بيع هذه المشروعات إلى أفراد الإدارة العليا .

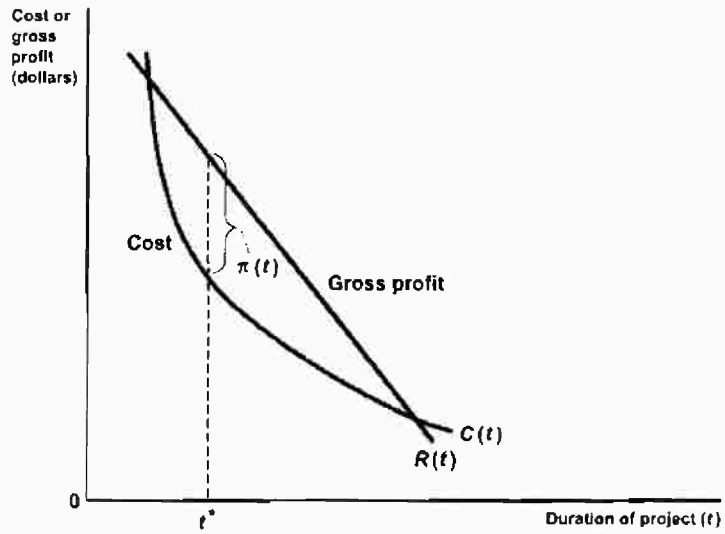
الابتكار

يُعرَّف الاختراع بأنه ابتكار عند تطبيقه لأول مرة ، ويكون الحد الفاصل بين الاختراع والابتكار غير واضح مثل Du Pont`s nylon حيث يكون المخترع والمبتكر هما نفس الشركة ، في هذه الظروف قد تتطلب المراحل النهائية من التطوير التزاماً جزئياً من اختبار السوق . لكن العديد من الحالات – في واقع الأمر – قد لا تكون الشركة المخترعة في موقف يسمح لها بإدخال ما لديها من اختراع إلى حيز التنفيذ ، حيث أن نشاطها يدخل في مجال الاختراع وليس الإنتاج ، أو لأنها مجرد مورد وليست مستخدم للمعدات التي تجسد الابتكار ، أو لأي سبب آخر . وفي حالات أخرى يكون الخط الفاصل بين الاختراع والابتكار واضح نسبياً .

وبغض النظر عن إمكانية الفصل بوضوح بين الاختراع والابتكار فإن الابتكار هو مرحلة نسبية في العملية المؤدية للتقييم الكامل والاستخدام الأمثل للاختراع . ولا بد أن يكون المبتكر – أي الشركة التي قامت بتطبيق الاختراع لأول مرة – راغباً في قبول المخاطر المترتبة على تقييم السلعة أو الخدمة الجديدة التي لم يتم تجربتها بعد . وفي العديد من الحالات تكون المخاطرة كبيرة ، فعلى الرغم من أن البحث والتطوير من شأنهما توفير قدر كبير من المعلومات لتحسين الخواص الفنية والتسويقية ، وكذلك إدخال الاختراع إلى حيز الإنتاج إلا أنه تبقى درجة كبيرة من الشك والمخاطرة لا يمكن حلها إلا عن طريق التصنيع والتسويق الفعليين لهذا الاختراع .

التبادل العكسي بين الوقت والتكلفة

غالباً ما تعكس العلاقة بين الوقت والتكلفة – لأي مبتكر – دالة عكسية كما هو موضح في الشكل (8.4) ، فإذا قامت الشركة بتخفيض إجمالي الوقت المستخدم في تطوير وتقديم الابتكار فإنها تتكبد تكاليف أكبر . وبضغط جدول التطوير ، يجب تأدية المزيد من المهام بشكل متزايد بدلاً من تأديتها تتابعياً . ولما كانت كل مهمة توفر معلومات مفيدة في تأدية المهام اللاحقة لها ، فقد يكون هناك عدداً من البدايات الخاطئة والتصميمات الضائعة . كما يحدث تناقص في الغلة كلما تزايدت الاستعانة بالفنيين داخل المشروع أثناء قيامهم بالعمل في مشروعات أخرى .



شكل (8.4) دالة التبادل العكسي بين الوقت والتكلفة والمدة المثلى للمشروع : إن المدة المثلى للمشروع هي t^* سنة .

فما هي السرعة المناسبة التي يجب أن تلتزم بها الشركة عند قيامها بتطوير وطرح ابتكارها في مواجهة دالة التبادل العكسي بين الوقت والتكلفة؟ من الواضح أن الإجابة تعتمد على العلاقة بين القيمة الحالية للربح من الابتكار – متضمنة إجمالي التكاليف – وسرعة تطويره وتقديمه . وللحصول على مزيد من المعلومات الخاصة بمفهوم القيمة الحالية (أنظر الملحق A) . فإذا كانت $R(t)$ هي القيمة الحالية لإجمالي الربح ، وكانت فترة المشروع هي t عام ، وإذا كانت دالة التبادل العكسي بين الوقت والتكلفة هي $C(t)$ ، فإن الربح يساوي :

$$\pi(t) = R(t) - C(t) \qquad (8.7)$$

ويصبح شرط تعظيم الأرباح :

$$\frac{dC}{dt} = \frac{dR}{dt} \qquad (8.8)$$

لذلك فإن فترة المشروع المثلى هي t^* سنة [كما نرى في الشكل (8.4)] وذلك لأن $\pi(t)$ [والتي تمثل الفرق الرأسي بين $R(t)$ و $C(t)$] هي أكبر قيمه . فعلى سبيل المثال تريد شركة Hanover تطوير نوعاً جديداً من البلاستيك ، ويعتقد نائب رئيس مجلس الإدارة للأبحاث والتطوير أن دالة التبادل العكسي بين التكلفة والوقت هي :

$$C = 520 - 100t + 5t^2$$

حيث C هي التكاليف (بآلاف الدولارات) و t هي فترة امتداد المشروع (بالسنوات) . وتفترض هذه المعادلة أن $t \geq 1$ ، حيث أنه من المعتقد أن المشروع لا يمكن تنفيذه في أقل من عام . ويعتقد رئيس مجلس الإدارة :

$$R = 480 - 20t$$

حيث R هي القيمة الحالية للربح – متضمنة إجمالي تكاليف الابتكار – (بآلاف الدولارات) . وبما أن :

$$\frac{dC}{dt} = \frac{d(520 - 100t + 5t^2)}{dt} = -100 + 10t$$

$$\frac{dR}{dt} = \frac{d(840 - 20t)}{dt} = -20$$

إذن ومن المعادلة (8.8) يجب على الشركة تحديد قيمة t بحيث :

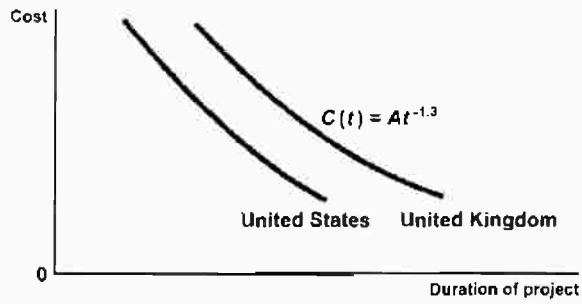
$$-100 + 10t = -20$$
$$t = 8$$

أي أنه يتعين على الشركة القيام بتنفيذ المشروع في خلال 8 سنوات .

تحليل القرارات الإدارية

دالة التبادل العكسي بين عنصري التكلفة والوقت لدى شركات الخطوط الجوية

قام كل من Keith Hartley من جامعة York و W. Corcoran من جامعة Newcastle - الأستاذان بالجامعات البريطانية - بحساب دالة التبادل العكسي لتطوير الطائرات - من أنواع Boeing 707 أو McDonnell Douglas DC-10 - في كل من الولايات المتحدة الأمريكية والمملكة المتحدة . وتظهر النتائج التي توصلوا إليها في الرسم التالي .



(أ) إذا قرر أحد المصانع المنتجة للطائرات في المملكة المتحدة تخفيض الفترة اللازمة لإحدى مشروعات التطوير بمقدار 10% ، فما هي الزيادة التقريبية في تكلفة المشروع ؟

(ب) مع افتراض ثبات الفترة الزمنية ، هل تختلف تكاليف المشروع كثيراً في الولايات المتحدة عنها في المملكة المتحدة ؟

(ج) ما هي العوامل التي قد تفسر هذا الاختلاف في دالة التبادل العكسي بين التكلفة والوقت .

الحل

(أ) سوف تتزايد التكاليف بمقدار 15% . ولإثبات ذلك ، نفترض أن $t' = 0.9t$. وذلك وطبقاً للمعادلة في الشكل السابق فإن :

$$C(t') = A(t')^{-1.3} = A(0.9t)^{-1.3} = 0.9^{-1.3}\, At^{-1.3} = 0.9^{-1.3}\, C(t) = 1.15C(t)$$

وبما أن $0.9^{-1.3} = 1.15$ فإن C تتزايد بمقدار 15% عندما تقل t بمقدار 10% (لتصبح $0.9t$) .

(ب) نعم تميل التكلفة إلى أن تكون أقل في الولايات المتحدة عنها في المملكة المتحدة .

(ج) يقترح كل من Hartley و Corcoran أن مصنعي الطائرات يستفيدون من عقود الدفاع بشكل أكبر من البريطانيين . ولذلك فإن المصنعين الأمريكان يمكنهم تطوير طائرات تجارية بتكلفة أقل من الشركات البريطانية وذلك مع افتراض ثبات فترة مشروع التطوير . (وسوف نتعرض لهذا الموضوع بمزيد من الدراسة في الفصل السابع عشر .) *

* لمزيد من الدراسة راجع : K. Hartley and W. Corcoran, Journal of Industrial Economics (March 1978) .

وقت وتكاليف الابتكار
اليابان في مواجهة أمريكا

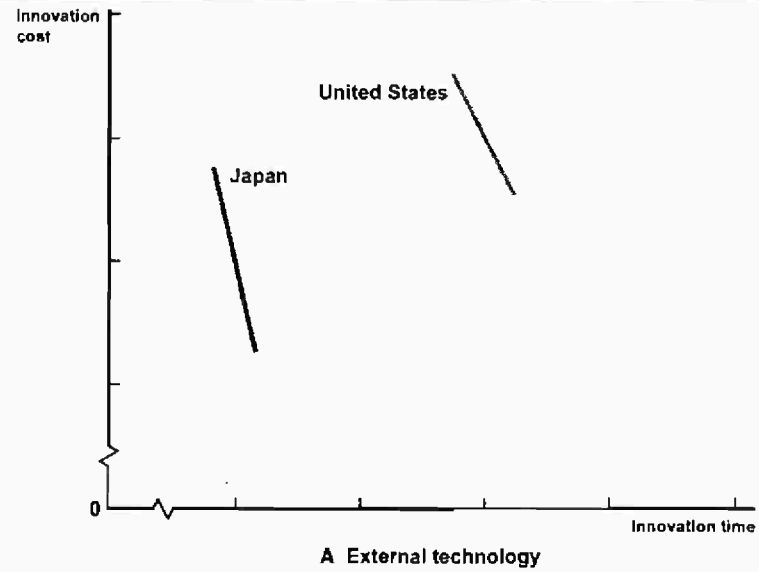
تختلف دالة التبادل العكسي بين التكلفة والوقت ما بين شركة وأخرى ، وذلك لأن بعض الشركات تهتم أكثر من غيرها بتطوير وتقديم أنواع معينة من المنتجات . وقد أوضحت المشاهدات الأخيرة أن دوال التبادل العكسي للتكلفة والوقت لدى الشركات اليابانية في العديد من صناعات التكنولوجيا المتطورة كصناعة الماكينات تميل لأن تقع إلى اليسار من دوال المنافسين الأمريكيين، وذلك بالنسبة للابتكارات القائمة على التكنولوجيا - وهي التكنولوجيا التي يتم تطويرها خارج الشركة المبتكرة - مما يعني أن اليابانيين أسرع وأكثر كفاءة في استخدام وتعديل التكنولوجيا الخارجية . أما بالنسبة للابتكارات القائمة على التكنولوجيا الداخلية - التي يتم تطويرها بداخل الشركة المبتكرة - فلا توجد دلائل على أن دوال التبادل العكسي بين التكلفة والوقت لليابانيين تقع إلى اليسار من الدوال الأمريكية . ويتضح هذا الموقف جلياً في الشكل (8.5) .

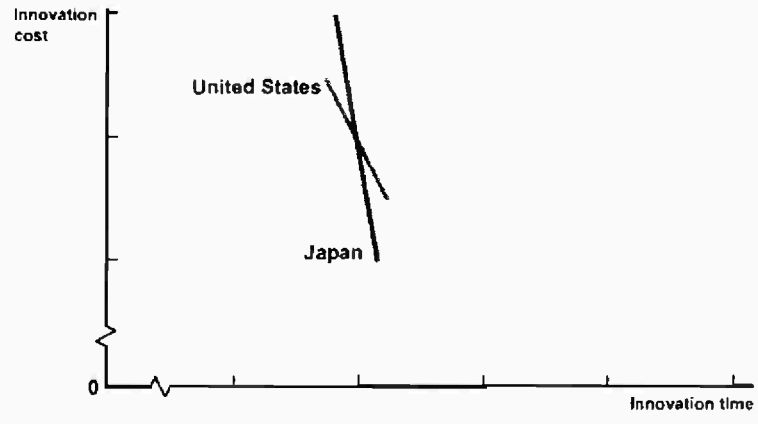
جدول (8.2) نسبة التوزيع لتكلفة التطوير لمائة شركة يابانية وأمريكية لعام 1985 .

مرحلة عملية التطوير	اليابان	الولايات المتحدة
الأبحاث المطبقة	14	18
إعداد مواصفات المنتج	7	8
المصنع النموذجي أو الرائد	16	17
تجهيز المعدات والتيسيرات التصنيعية	44	23
بدء الإنتاج	10	17
بدء التسويق	8	17
الإجمالي	100	100

* المصدر : E. Mansfield, "Industrial Innovation in Japan and the United States," Science (September 30, 1988)
نتيجة لأخطاء التقريب ، قد لا تصل هذه الأرقام إلى الإجمالي .

بالنسبة لإجمالي التكلفة لتطوير وتقديم منتج جديد - تم تقديمه في عام 1985 - لدى 100 من الشركات الأمريكية واليابانية ، وهي التكاليف الذي تم أنفاقها في كل خطوة من الخطوات التالية : الأبحاث التطبيقية ، وإعداد متطلبات المشروع والخواص الأساسية له ، والمصنع الأول ومعدات وتسهيلات التصنيع وكذلك الآلات الخاصة ببداية التصنيع والتسويق . تبلغ نسبة الأموال المخصصة للمعدات والتصنيع من إجمالي النفقات في اليابان ضعف مثيلتها في الولايات المتحدة مما يعكس تأكيد اليابان على هذه العمليات ومراجعة الإنتاج عالية الكفاءة . ومن ناحية أخرى نجد أن نسبة تكاليف الابتكار المخصصة للتسويق المبدئي - أي تكاليف أنشطة التسويق قبل طرح المنتج - في الولايات المتحدة تبلغ ضعف مثيلتها في اليابان .



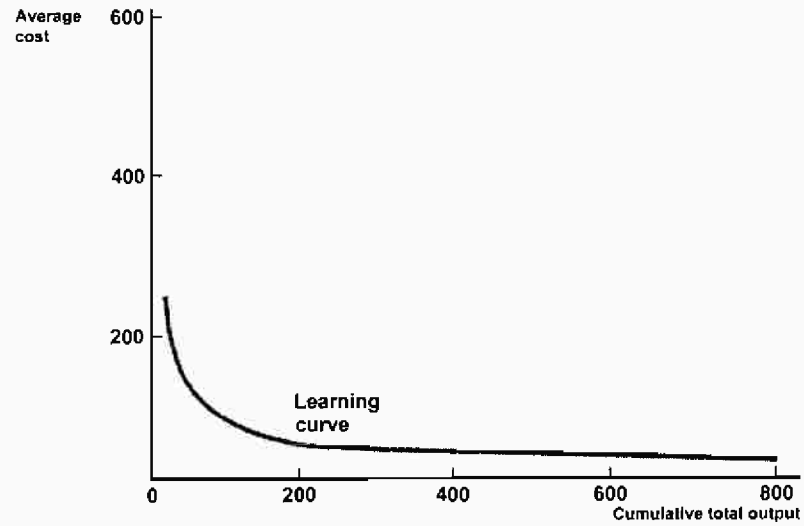


شكل (8.5) دوال إيضاحية للتبادل العكسي بين الوقت والتكلفة : لإيضاح التطور القائم على التكنولوجيا الخارجية ، تظهر دالة التبادل العكسي بين الوقت والتكلفة للمنتجات اليابانية إلى اليسار من مثيلتها للمنتجات الأمريكية .

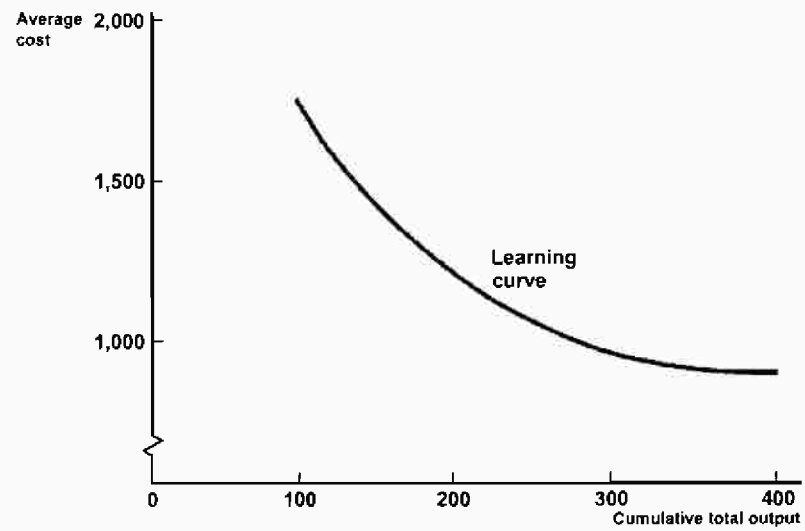
المصدر : E. Mansfield, "The Speed and Cost of Industrial Innovation in Japan and the United States: External vs. Internal Technology," Management Science (October 1988).

منحنى التعلم

يرجع التغير التكنولوجي في العديد من الصناعات إلى التعلم وإلى اكتساب الخبرة في مجال العمل إلى حد كبير ، وينم اكتساب الخبرات عند قيام الشركة بإنتاج المزيد والمزيد من سلعة معينة . وعند ثبات معدل إنتاج الشركة فإن متوسط التكاليف ينخفض مع زيادة إجمالي الإنتاج التراكمي – أي زيادة العدد الإجمالي للوحدات من هذا النوع التي تكون قد أنتجت في الماضي – إذ قد يتطلب إنتاج المائة قطعة الأولى من أحد أنواع الماكينات مثلاً ، قدراً من العمالة يفوق بنسبة 50% قدر العمالة الذي يتطلبه إنتاج المائة قطعة الثانية ، على الرغم من ثبات عدد القطع المنتجة شهرياً . وهكذا فإن متوسط التكاليف لهذا المعدل يقل بشكل كبير مع زيادة الإنتاج الإجمالي .



A Optical equipment produced by Optical Equipment Company



B Portable turbine produced by Solar International, Inc.

شكل (8.6) منحنيات التعلم : ينخفض متوسط التكلفة مع حدوث زيادة في إجمالي الإنتاج التراكمي .

المصدر : Hayes and Wheelright, Restoring Our Competitive Edge.
البيانات الخاصة بالتكاليف ليست كاملة ، ولكن هذا لا يؤثر على أغراض الدراسة الحالية .

هذا ويجب التمييز بين خفض النفقات نتيجة للتعلم من ناحية أو خفض التكلفة نتيجة لزيادة الإنتاج من ناحية أخرى . إذ مع افتراض ثبات عدد الأدوات التي انتهجتها الشركة في الماضي ، نجد أنه من الممكن أن ينخفض متوسط تكلفة الإنتاج خلال نفس الفترة عند إنتاج أعداد أكبر منها . ونلاحظ وجود فارق كبير بين ما يحدث في هذه الحالة وما يحدث في حالة التعلم ، حيث يرتبط متوسط التكاليف عكسياً بإجمالي الإنتاج السابق للمعدة ، وذلك مع افتراض ثبات عدد هذه المعدات في الوقت الحالي . ويوضح الشكل (8.6) منحنيات التعلم لاثنين من السلع وهما : إحدى المعدات البصرية من إنتاج شركة المعدات البصرية Optical Equipment Company وأحد التوربينات المحمولة من إنتاج شركة Solar International . ومن الواضح أن التعلم قد يؤدي إلى حدوث خفض كبير في متوسط تكاليف كل من السلعتين . وبالطبع لا يأتي مثل هذا الخفض بشكل تلقائي ، بل أنه لا يتأتى إلا إذا قام المديرون والعمال ببذل قصارى جهودهم سعياً لتحقيق مزيد من الكفاية . وهناك سلعاً أخرى من هذا النوع يمكن أن تشهد انخفاضاً في معدل التكاليف بنحو 20 أو 30% نتيجة لمضاعفة النتاج التراكمي .

تطبيقات منحنى التعلم

قامت العديد من الشركات بتبني استراتيجيات تسعير تعتمد في أساسها على منحنى التعلم . ولنأخذ مثال شركة Texas Instrument المتخصصة في صناعة أشباه الموصلات وغيرها من السلع الإلكترونية . فعندما كانت صناعة أشباه الموصلات لا تزال في بدايتها قامت الشركة بتسعير السلعة التي تنتجها بأقل من متوسط التكلفة التي كانت تنفق على إنتاج هذه السلعة في ذلك الوقت . وكانت تهدف من وراء ذلك إلى زيادة معدلات إنتاجها من ناحية وزيادة إجمالي الناتج التراكمي من ناحية أخرى . ولما كانت الشركة على قناعة بأن منحنى التعلم حاد نسبياً لذا فأنها كانت تأمل في أن يؤدي هذا إلى تقليص متوسط التكاليف إلى الحد الذي يجعل هذه السلعة قادرة على تحقيق الأرباح حتى لو تم بيعها بمثل هذا السعر المنخفض . ومع استمرار الشركة في خفض أسعارها اضطر عدد من المنافسين إلى الانسحاب من السوق ، مما أدى بالشركة إلى زيادة إنتاجها وخفض تكاليفها ، الأمر الذي أدى إلى تضاعف أرباحها .[8] ويتم التعبير عن منحنى التعلم كما يلي :

$$C = aQ^b \qquad (8.9)$$

حيث C هو تكلفة العنصر للوحدة التي تأتي في المرتبة Q من الإنتاج . فإذا صحَّت هذه العلاقة ، فإن a تكون تكلفة أول وحدة يتم إنتاجها . ونلاحظ أن قيم b تكون سالبة حيث أن الزيادة في إجمالي الإنتاج التراكمي يؤدي إلى تقليص النفقات . وكلما ارتفعت القيمة المطلقة لـ b كلما كان انخفاض التكاليف سريعاً والعكس بالعكس . وبأخذ لوغاريتمات طرفي المعادلة نجد أن :

$$\log C = \log a + b \log Q \qquad (8.10)$$

وفي هذه الصيغة اللوغاريتمية نجد أن b هي ميل منحنى التعلم .

ويمكن استخدام تحليل الانحدار الموضح في الفصل الخامس لتقدير منحنى التعلم من خلال البيانات السابقة المتعلقة بكل من التكاليف والإنتاج التراكمي . وكما هو موضح في المعادلة (8.10) فإن Log C هي دالة خطية لـ Log Q . ولتقدير كل من a و b يمكننا أن نجعل Log C منحدراً على Log Q . (أي أن Log C هو المكافئ لـ Y في الفصل الخامس ، و Log Q هو المكافئ لـ X .)

ولتوضيح كيفية الاستعانة بمنحنى التعلم في حالات معينة ، سوف نفترض أن القائم بعملية التحكم في شركة Killian المتخصصة في إنتاج المعدات المختلفة – قد وجد أن منحنى الإنتاج الخاص بالشركة (في الصيغة اللوغاريتمية) هو :

$$\log C = 4.0 - 0.30 \log Q$$

حيث يتم التعبير عن C بالدولارات . (أي أن : $\log a = 4.0$ و $b = -0.30$.) ومن هذه المعادلة ، يمكن تقدير كمية الانخفاض في التكلفة لكل وحدة في المستقبل . فمثلاً إذا أرادت الشركة تقدير تكلفة القطعة رقم 100 ، فإن الإجابة تكون :

$$\log C = 4.0 - 0.30 \log 100 = 4.0 - 0.30(2) = 3.4$$

وبما أن مقابل اللوغاريتم لـ 3.4 هو 2,512 ، فإن التكلفة تكون 2,512 دولار .

موديل Henry Ford T وطائرة Douglas Dc-9

ليس منحنى التعلم بالأمر المستجد . فقد أنخفض سعر السيارة الفورد موديل T من 3,000 دولار إلى 1,000 دولار في الفترة ما بين عامي 1908 إلى 1923 . وربما كان التعلم هو العامل الأكثر تأثيراً وحسماً في حدوث مثل هذا الانخفاض الكبير . وقد بذل Ford جهد الطاقة بغية تقليص نفقات الشركة . وكانت النتيجة هي الوصول بالمعيارية إلى مستويات أعلى فأعلى وأصبح خط إنتاجه أقل من خطوط منافسيه تعقيداً كما قامت الشركة بإدخال التعديلات على موديلاتها على فترات أكثر تباعد ، ومع مرور الوقت أنخفض حجم الإنتاج وزاد تخصص العمالة الماهرة .

ومع ذلك فلم تنجح باقي الشركات بنفس القدر الذي حققته شركة فورد من حيث قدرتها على خفض تكاليفها بنفس هذه الطريقة ، ففي الحالات التي تعجز الشركات فيها عن الحصول على العمالة الماهرة أو المدربة ، فإنه قد لا يتأتى لمثل هذه الشركات التوصل إلى نفس القدر من خفض تكاليفها نتيجة للتعليم ، فعندما قامت شركة Douglas لصناعة الطائرات بتصميم إنتاج طائرة DC-9 ، لم تتوقع الشركة مواجهة مشكلات تذكر من حيث توفر العمالة المدربة وعندما انتهت الشركة من وضع هذا التصميم ، كان سوق العمل في Los Angeles يشهد ذروته من حيث زيادة

[8] لمزيد من الدراسة التقليدية الخاصة بمنحنيات التعلم راجع : K. Arrow, "The Economic Implications of Learning by Doing," *Review of Economic Studies* (June 1962). The Boson Consulting Group was a leading advocate of their application to corporate planing.

الطلب على العمالة المدربة ، وكانت النتيجة أن فقدت الشركة ما يقرب من ثلث عدد العمال الذين كانت قد قامت بتعيينهم وتدريبهم . وعلى العكس من توقعات الشركة ، لم يؤد التعلم إلى انخفاض التكاليف بل لحقت بالشركة خسائر فادحة ، الأمر الذي اضطرها إلى الاندماج مع شركات أخرى ، مما أوجد كياناً اقتصادياً جديداً يعرف اليوم بشركة McDonnell Douglas .[9]

نماذج الانتشار

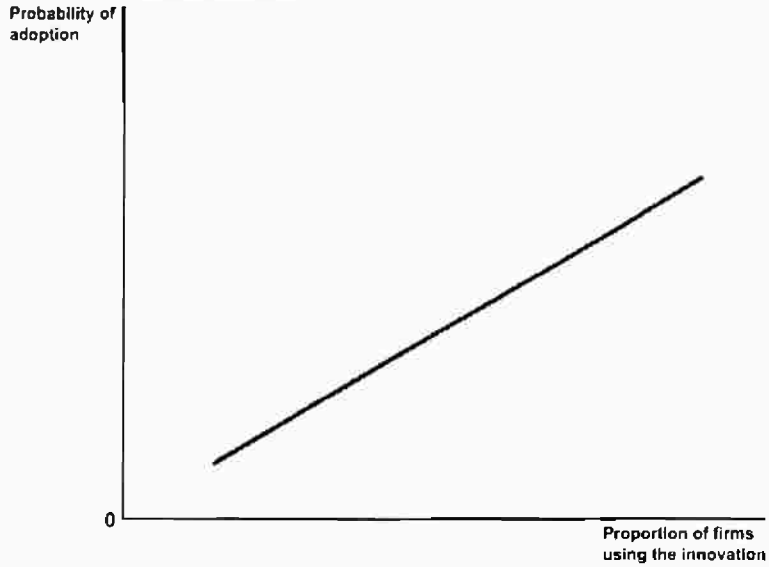
ويعتمد أحد أنواع تقنيات التنبؤ التكنولوجية الأخرى على الاستعانة بنماذج الانتشار المرتبطة بعلم الاقتصاد القياسي ، وهي النماذج التي تقوم بدراسة معدلات اتساع نطاق الابتكارات من حيث الانتشار فالتطبيق . وعلى الرغم من أن هذه النماذج تقوم على التنبؤ بمدى انتشار العمليات والمنتجات التي تكون قد دخلت حديثاً إلى حيز الوجود وليس تلك المزمع ظهورها في المستقبل إلا أن هذا العيب لا يشكل ضررا جسيماً كما قد يبدو ، نظراً لكون المخترعات الكائنة والموجودة بالفعل عادة ما تشغل الاهتمام في المدى القصير أو المتوسط . ويرجع السبب في ذلك أحياناً لطول المدة الزمنية التي يتطلبها أحد الاختراعات الجديدة حتى يصبح قابلاً للتداول على المستوى التجاري . وعلى سبيل المثال لا الحصر فقد استغرق الأمر قرابة 9 سنوات قبل إمكانية استخدام عملية التكسير الوسيطي في مجال تكرير البترول .

والجدير بالذكر أن عملية التكسير الوسيطي هي أحد أهم الابتكارات الحديثة في علم الكيمياء والتي يتم بواسطتها تحويل الهيدروكربونات ذات درجات الغليان المرتفعة إلى أنواع مختلفة ذات درجات غليان منخفضة وذلك باستخدام وسيط ما . وتعد عملية الانتشار – شأنها شأن المراحل الأولى كابتكار واستيعاب المنتجات الجديدة – عملية تعليمية في المقام الأول . إلا أن التعليم لا يبقى حبيس المعامل أو مقتصراً على عدد قليل من الشركات بل أنه يمتد ليشمل عدداً كبيراً من المنتفعين سواء كانوا من العملاء أو المنتجين . وعندما يظهر أحد المبتكرات لأول وهلة ، عادة ما يكون المقبلون على استخدامه في ريبة من حيث طبيعة هذا الابتكار وفاعليته ، لذا فإنهم يميلون إلى النظر لشراء مثل هذا الابتكار على أنه تجربة قد تصيب أو تخطئ . وأحياناً يتطلب الأمر أجراء كم لا بأس به من عمليات البحث والتطوير قبيل تحقيق النجاح ، وأحياناً يتم أجراء بعض التعديلات والتحسينات على التصميم الأول للابتكار دون جدوى ودون أن يتحقق أي نجاح يذكر . ويقوم المنتجون بطرح ونشر المعلومات الخاصة بطبيعة وخصائص ومدى توفر ابتكارهم عن طريق الإعلانات ومندوبي المبيعات . أما المعلومات المتعلقة برد فعل المستهلكين والمستخدمين إزاء الابتكار الجديد ، فإنها عادة ما تنتشر بصورة غير رسمية أو من خلال الصحافة التجارية .

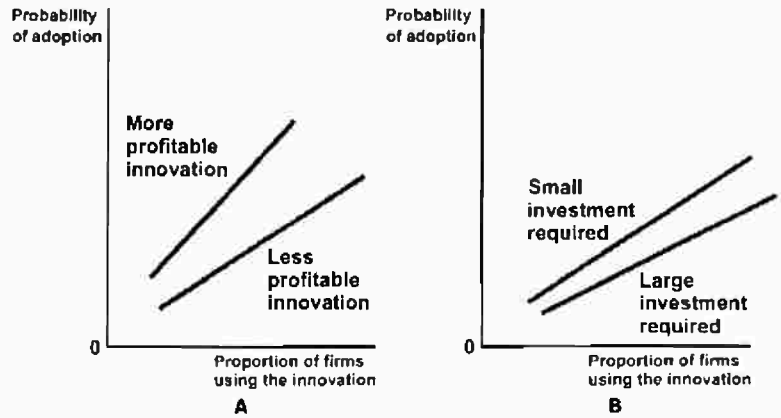
ويتضح من الشكل (8.7) وجود عنصر غاية في الأهمية في العملية التي يتم من خلالها انتشار إحدى التقنيات الجديدة في صناعة أو نشاط ما ، فيتضح من هذا الشكل أن احتمال تبني الشركات الجديدة للابتكار في غضون بضعة شهور لاحقة لظهوره يعتمد على عدد الشركات في نفس الصناعة أو النشاط التي تكون قد سبَّقت في إدخال هذا الابتكار إلى حيز التنفيذ . وكلما زاد عدد الشركات المتبنية لابتكار ما ، كلما زاد احتمال استخدامه من قبل الآخرين ، حيث أن المخاطرة المرتبطة ببداية استخدامه وتطبيقه تكون قد تضاءلت للغاية ، وتزايد ضغوط المنافسة ومؤثرات رواج الابتكار وتراكم المعلومات الخاصة به ونمو الخبرة في استخدامه .

أما الشكل (8.8) فهو يظهر بدوره بعض الجوانب الهامة الأخرى من عملية الانتشار . فالرسم A يوضح أن احتمال قيام المستخدمين الجدد لتبني أحد الابتكارات يتزايد بزيادة ربحية ذلك الابتكار ، مع افتراض ثبات عدد الشركات المتبنية لهذا الابتكار في نفس الصناعة . وكلما كان الاستثمار في أحد الابتكارات مبشراً بإمكانية تحقيق أرباح كبيرة ، كلما رأت الشركات أن أرباحها المتوقعة من تبني مثل هذا الابتكار سوف تعوضها عن المخاطر التي ينطوي عليها استخدامه . أما الرسم B في الشكل (8.8) فإنه يوضح أن احتمال قيام المستخدمين الجدد بتبني أحد الابتكارات يتزايد كلما تضائل حجم الاستثمار الذي يتطلبه إدخال مثل هذا الابتكار وذلك مع افتراض ثبات عدد الشركات المتبنية لهذا الابتكار في نفس الصناعة أيضاً – وكذلك ثبات ربحية الابتكار نفسه . ويرجع ذلك إلى تزايد حرص وحذر الشركات عند قيامها بالخوض في مشروعات ضخمة ومكلفة نظراً لصعوبة التمويل .

[9] J. Macklin, "Douglas Aircraft's Stormy Flight Path," *Fortune* (December 1966).



شكل (8.7) العلاقة بين احتمال دخول شركات جديدة عند استخدام عملية معينة وعـــدد الشـــركات التـــي تستخدمها بالفعل : تميل هذه العلاقة لان تكون طردية .



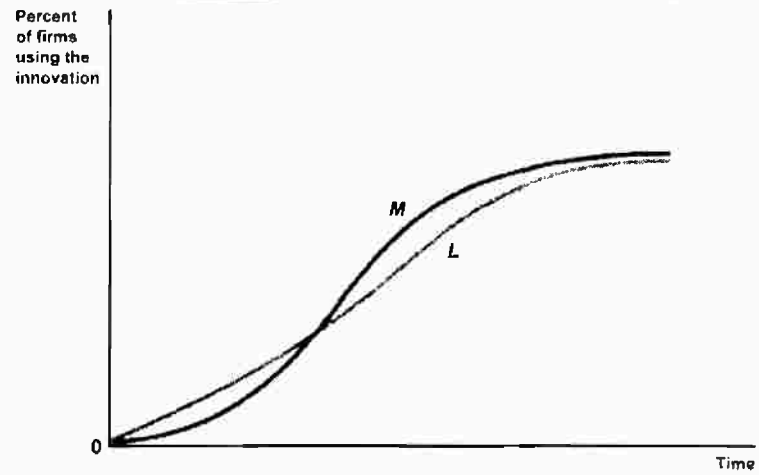
شكل (8.8) أثر ربحية التطوير وحجم الاستثمار المطلوب لإدخال أحد التطويرات ونسبة احتمال تبنيـــه : يميل هذا الاحتمال لأن يكون طردياً مع الربحية وعكسياً مع حجم الاستثمار .

فإذا ما صحّت العلاقة الكائنة في الشكل (8.7) ، كان من الممكن إثبات أن عدد الشركات المتبنية لابتكار ما $P(t)$ سوف يأخذ في الزيـــادة تمشياً مع منحنى النمو المبين بالشكل (8.9) ، والذي يأخذ شكل الحرف S . أما المعادلة الخاصة بمنحنى النمو هذا - والمعروف بالمنحنى اللوغـــاريتمي ، فهي :

$$P(t) = \frac{1}{1 + e^{-(A+Bt)}} \qquad (8.11)$$

حيث A و B هما مؤشران يتباينان من ابتكار لآخر . هذا ويتوقف معدل سريان عملية الانتشار - من حيث البطء كما هو الحال في المنحـــنى L في الشكل (8.9) ، أو بالسرعة كما هو الحال في المنحنى N - على ربحية الابتكار وحجم ما يتطلبه من استثمار. ويتشابه هذا النموذج إلى حد بعيد مع

النماذج التي يستخدمها الأطباء المتخصصون في الأمراض الوبائية لإيضاح مدى تفشي وانتشار الأمراض المعدية . وقد تَكَشَّفَ للعديد من الشركات في مختلف الأنشطة التجارية أنه بالإمكان إيجاد تفسير مُرضٍ ومعقول للغاية للبيانات المتوفرة الخاصة بعمليات الانتشار .[10]



شكل (8.9) زيادة عدد الشركات المستخدمة لأحد أساليب التطوير مع مرور الوقت : يظهر منحنيا الزيادة L و M على شكل حرف S .

تحليل القرارات الإدارية

تطوير آلة التصوير الشخصية Canon وطرحها في الأسواق

في سنة 1980 ، بدأت شركة Canon اليابانية – لإنتاج ماكينات التصوير – العمل في مشروع يهدف إلى تطوير أحد النماذج الصغيرة من آلاتها للاستخدام في المنازل والمكاتب – أي الأماكن التي لا تتقاضى أجراً نظير الخدمة . ولم يكن المهم هو سرعة الآلة الجديدة من حيث عدد النسخ التي يمكنها إخراجها في الدقيقة (6 أو 8 أو 10) ، بل كان الأهم هو أن تنخفض تكلفة إنتاج الآلة الواحدة عن 1,000 دولار . ولإنجاز هذا العمل قامت الشركة بتجنيد قرابة 140 شخصاً من كبار العاملين في مجال البحث والتنمية في مختلف أقسام الشركة ، وهيأت لهم ظروف العمل في سرية تامة لمدة عامين ونصف العام قبل توصلهم إلى النتائج المرجوة . والجدير بالذكر أن هذا المشروع قد كلف الشركة ما يقرب من 8 مليون دولار . وعندما رغبت الشركة في إدخال الآلة الجديدة إلى مرحلة الاختبار الميداني ، قام موظفو الشركة باستخدام المنتج الجديد في منازلهم وذلك للحفاظ على السرية التامة . وبالفعل لم يكن أحد يعرف شيء يذكر عن خصائص الآلة الجديدة PC-10 Canon وذلك قبيل يوم واحد من الإعلان عنها . *

(أ) كلفت هذه الآلة الجديدة Canon أقل من 300 دولار في تصنيعها نظراً لكونها مصممة بشكل يسهل من عملية التجميع الآلي . لذا فقد تم بيعها لتجار الجملة الأمريكيين مقابل 400 – 420 دولار للآلة . وكانت عملية تجميع وحدة التحبير تتم بأكملها بواسطة استخدام الإنسان الآلي دون تدخل اليد البشرية . فهل ترى أن هذا المشروع قد اشتمل على كل من الابتكار في السلعة وعملية الإنتاج ؟

(ب) خصصت شركة Canon 15 مليون دولار للإعلان عن هذه الآلة عام 1983 . حيث ظهرت هذه الآلة في الكثير من الإعلانات على شاشات التليفزيون الأمريكية مع مشاهير الإعلانات والتليفزيون الأمريكيون من أمثال Jack Klugman نجم الحلقات التليفزيونية "*The Odd Couple*" فما هي أنواع المستهلكين المستهدفين من هذه الجهود التسويقية ؟

[10] See. E. Mansfield, *Industrial Research and Technological Innovation* (New York: Norton, 1968); E. Mansfield, et al., *The Production and Application of New Industrial Technology* (New York: Norton, 19677); V. Mahajan and Y. Wind, eds., *Innovation Diffusion Models of New Product Acceptance* (Cambridge, Mass.: Ballinger, 1986); and E. Mansfield, "The Diffusion of Flexible Manufacturing Systems in Japan, Europe, and the United States," *Management Science*, 1993.

(ج) قبل نهاية عام 1983 بلغت المبيعات 10,000 دولار شهرياً ، وقبل 1985 زادت المبيعات على 30,000 ألف دولار شهرياً . وللإسراع من عملية التسليم بدأت الشركة في شحن آلاتها جواً . فما هي التقنيات التي كان يمكن استخدامها للتنبؤ بمبيعات هذه الآلة ؟

الحـــل

(أ) نعم . الآلة الجديدة هي سلعة مبتكرة ، والطرق الجيدة المستخدمة في إنتاجها هي عملية إنتاجية مبتكرة .

(ب) يبدو أن Klugman يمثل تجار التجزئة والمديرين التنفيذيين وملايين الأمريكيين الذين يديرون مكاتبهم الخاصة داخل المنزل وهم بعض المستهدفين من هذه العملية التسويقية .

(ج) يمكن اعتبار نماذج الانتشار الموضحة في هذا الفصل ذات نفع كبير في هذا الصدد .

---

* E. Mansfield, "The Diffusion of Industrial Robots in Japan and the United States," *Research Policy* (1990).

التنبؤ بمعدل انتشار المعدات ذات التحكم الرقمي

لإيضاح كيفية استخدام الانتشار لأغراض التنبؤ ، سوف نلقي النظر على إحدى الدراسات التطبيقية الخاصة بالتنبؤ عن عدد الشركات العاملة في صناعة المعدات والقوالب المعدنية التي ينتظر أن تقوم باستخدام معدات ذات تحكم رقمي بين عامين من انتهاء الدراسة .[11] عند إجراء الدراسة كان حوالي 20% من شركات كبرى مثل National Tool, Die ، Precision Machining تستخدم المعدات ذات التحكم الرقمي . ولاستخدام النموذج الموضح أعلاه تم جمع البيانات عن طريق عمل مسح بريدي ، بالإضافة إلى دراسة تمت بإجراء عدد من المقابلات الشخصية ، لتقييم حجم الزيادة في عدد الشركات التي تستخدم مثل هذه المعدات في الفترة الماضية . وبناء على هذه البيانات – وباستخدام طرق الانحدار في الفصل الخامس – تم إيجاد تقديرات لـ A و B في المعادلة (8.11) . ولنرى كيف تم حساب هذه التقديرات ، لاحظ أن المعادلة (8.11) تعني :

$$\ln \{P(t) / [1 - P(t)]\} = A + Bt \qquad (8.12)$$

وهكذا يمكن الحصول على قيمة A أو B إذا جعلنا $\ln \{P(t) / [1 - P(t)]\}$ ينحدر على t .[12] (ويشار إلى اللوغاريتم الطبيعي لأي عدد ، مثل Y ، بـ $\ln Y$.)

وبإيجاد تقديرات لـ A و B يمكن استخدام المعادلة (8.11) للتنبؤ بـ $P(t)$ للقيم المستقبلية لـ t . وبناءاً على بيانات المقابلات الشخصية تنبأ النموذج بأن حوالي 33% من الشركات سوف تستخدم المعدات ذات التحكم الرقمي . وبناءاً على بيانات المسح البريدي تنبأ النموذج بأن حوالي 37% من الشركات ستستخدم هذه المعدات . ولإيضاح كيفية المقارنة بين هذه التنبؤات وتلك الناتجة عن استخدام طرق أخرى ، تمت الاستعانة بنوعين آخرين من التنبؤات . الأولى سؤال عينة منتقاة من مديري الشركات بالإضافة إلى مسح بريدي عن نيتهم في استخدام هذه المعدات في العامين القادمين . ونظراً لقصر الفترة التي تسمح بإمكانية تطبيق التحكم الرقمي ، لذا فقد كان من المعقول افتراض خروج تلك الإجابات بقيمة تنبؤية كبيرة . هذا وقد أشارت نتائج المقابلات الشخصية إلى أن نحو 16% من المستخدمين الجدد كانوا يعتزمون استخدام التحكم الرقمي . وأشارت نتائج المسح البريدي أن قرابة 28% من المستخدمين الجدد يعتزمون اتخاذ نفس هذا القرار . أي أن النتائج قد بلغت 33% في خلال المقابلات الشخصية ، و 43% في حالة المسح البريدي .

أما في الحالة الثانية فقد تمت بالحصول على التنبؤات من الشركات المصنعة للمعدات الآلية ، وهي الشركات التي يفترض أن تكون أكثر قرباً وعلماً بأسواق المعدات الآلية ذات التحكم الرقمي . وقد أدلى نحو 25 عضو من بين الأعضاء البالغ عددهم 150 عضواً في الهيئة القومية لمصنعي المعدات الآلية بما لديهم من تنبؤات . وقد أوضحت النتائج وجود قدر كبير من التفاوت ، وإن جاء متوسط التنبؤات بنحو 30% .

---

[11] See E. Mansfield et al., *New Industrial Technology*.

[12] يعد هذا مجرد تقنية تقدير تقريبية ، إلا أنها تكفي لأغراض الدراسة الحالية .

جدول (8.3) نموذجان للتنبؤ على مدار عامين لعدد الشركات الأمريكية في مجال صناعة الصباغة والمعدات التي تستخدم نظام التحكم الرقمي والعدد الحقيقي .

نوع التنبؤ	النسبة	
	بناء على البيانات المستقاه من المقابلات الشخصية	بناء على عمليات المسح البريدي
النموذج	33	37
خطط شركات الصباغة والمعدات	33	43
متوسط التنبؤ لصانعي المعدات الآلية	30	30
العدد الحقيقي	37	37

ترى ما مدى دقة هذه التنبؤات ؟ وما هو أكثر أساليب التنبؤ من حيث الدقة ؟ ويوضح الجدول (8.3) أن نماذج التنبؤ القائمة على بيانات المسح البريدي قد جاءت صحيحة إلى حد بعيد وأن نماذج التنبؤ القائمة على المقابلات الشخصية لم تخطأ إلا بنسبة 4% فقط . هذا ويعتبر مثل هذا النموذج أفضل في عملية التنبؤ من عملية الاستقراء البسيطة القائمة على النماذج الساذجة .[13] وهذا يعني أن هذا النموذج قابل للاستخدام في المواقف التي تتميز بعدم ثبات ما تقوم عليه من افتراضات ومبادئ . ولا شك أنه إذا ما تم استخدام هذا النموذج بقدر كاف من الحكمة ، فمن المؤكد أنه سيؤدي إلى نتائج لا تقل عن تلك التي يمكن الحصول عليها بواسطة أساليب التنبؤ الأخرى الأكثر شيوعاً .

تحليل القرارات الإدارية

انتشار أجهزة الإنسان الآلي الصناعية في اليابان والولايات المتحدة

تعد أجهزة الإنسان الآلي الصناعية أحد أهم الابتكارات التكنولوجية التي شهدتها العقود الأخيرة . وبناءاً على البيانات التي تم الحصول عليها من 175 شركة في اليابان والولايات المتحدة , فأنه يمكن إيجاد حساب تقريبي لحجم الزيادة في عدد الشركات التي بدأت بالفعل في استخدام هذه الأجهزة وذلك انطلاقا من الدالة اللوغاريتمية الواردة بالمعادلة (8.11) . ولنجعل b_{ij} هي قيمة أصغر المربعات لـ B_{ij} (وقيمة B في الصناعة i^{th} في الدولة j^{th}) . ونجعل π_{ij} هي معدل العائد المتوسط للإنسان الآلي (مقسوماً على معدل العائد المطلوب) في الصناعة ith في الدولة jth ، وأخيراً نجعل D_{ij} هي عدد السنوات منذ ظهور هذه الأجهزة لأول مرة في عام 1961 حتى أول استخدام لها في الصناعة ith والدولة jth . وإذا جعلنا b_{ij} (وهو قياس معدل انتشار أجهزة الإنسان الآلي في الصناعة i^{th} في الدولة j^{th}) منحدره على π_{ij} و D_{ij} ، نجد أن :

$$b_{ij} = \begin{bmatrix} -0.341 \\ -0.234 \end{bmatrix} + 0.25\pi_{ij} + 0.031D_{ij}$$

حيث الرقم الأعلى في الأقواس يخص اليابان والأسفل يخص الولايات المتحدة . *

(أ) مع افتراض ثبات π_{ij} و D_{ij} ، فهل يوجد أي ميل لارتفاع معدل الانتشار في اليابان عنه في الولايات المحددة ؟

(ب) هل يعني ذلك أنه يمكننا التأكد من عدم ارتفاع معدل الانتشار في اليابان عنه في الولايات المتحدة ؟

[13] وبالتحديد ، فإن هذا التوزيع خرج بتوقعات أفضل من تلك النماذج الساذجة التي تفترض أن زيادة في نسبة الشركات التي تستخدم أسلوب التحكم الرقمي ، ستكون كما هي في السنتين التاليتين مثلما كانت في السنتين الماضيتين . وذلك بشكل مطلق أو نسبي .

(ج) طبقاً لمفوضية الإدارة الأمريكية للمنافسة العادلة ، فإن اليابان كانت أسرع من الولايات المتحدة في استخدام أجهزة الإنسان الآلي بأعداد كبيرة ، هل يوجد تناقض بين النتائج الموضحة أعلاه وهذا الاستنتاج ؟

(د) يتم استخدام الدالة اللوغاريتمية في المعادلة (8.11) للتنبؤ بعدد الشركات في كل صناعة (في كل من اليابان والولايات المتحدة) تقوم باستخدام أجهزة الإنسان الآلي بحلول عام 2000 . ما هي فائدة هذه التنبؤات لمصنعي أجهزة الإنسان الآلي الصناعية ؟

الحل

(أ) لا . مع ثبات π_{ij} و D_{ij} في الدولتين ، يميل معدل الانتشار في الولايات المتحدة لأن يكون أكبر مما هو الأمر في حالة اليابان حيث أن الأرقام بأعلى الأقواس التي تشير إلى اليابان هي أقل من الأرقام بأسفل الأقواس التي تشير إلى الولايات المتحدة .

(ب) لا . أن D_{ij} سوف تميل للارتفاع في اليابان عنها في الولايات المتحدة .

(ج) لا . فالنتائج الموضحة أعلاه تتعلق بمعدل الإنتاج بين الشركات وليس داخل الشركة .

(د) إن هذه التنبؤات هي التي تساعد منتجي أجهزة الإنسان الآلي على اتخاذ القرارات السليمة بخصوص سعة المصانع وغيرها من القرارات . فمنتجو أجهزة الإنسان الآلي عادة ما يكونوا أكثر الناس اهتماماً بسرعة اتساع أسواق منتجاتهم .

موجز بما ورد في الفصل الثامن

1- يعتبر التطور الفني هو التقدم في التكنولوجيا ، وغالباً ما ينتج عن مثل هذا التقدم تغير في دالة الإنتاج لإحدى السلع الموجودة بالفعل إلى ظهور سلعة جديدة . وغالباً ما يقاس التغير التكنولوجي بتغير الإنتاجية . وكثيراً ما تستخدم الشركات التغيرات في إنتاجية العوامل الكلية لقياس التغيرات في الكفاءة .

2- يمكن اعتبار البحث والتطوير بمثابة عملية لاستبعاد الشكوك واحد تلو الأخر أو قل أنها عملية تعلم ، فضلاً عما تلعبه الصدفة في البحث والتطوير من دور بارز . كما تستخدم العديد من المشروعات الجهود المتوازية للمساعدة في التعامل مع الشكوك . وقد تضمن هذا الفصل استعراض بعض التقنيات لإيضاح متى يجب استخدام هذه الجهود المتوازية .

3- ينبع احتمال النجاح الاقتصادي لمشروع بحثي أو تطويري من ثلاث عوامل هي : (أ) احتمال النجاح الفني . (ب) احتمال النجاح التجاري - عند تحقق النجاح الفني . (ج) احتمال النجاح الاقتصادي - عند تحقق النجاح التجاري . ويبدو أن هذه العوامل الثلاثة ترتبط ارتباطاً مباشراً بسرعة تقييم مشروعات البحث والتطوير من حيث القدرة الاقتصادية في مقابل القدرات الفنية فقط .

4- إذا أردنا تنشيط عمليتي البحث والتطوير فأنه لا بد أن يكون هناك تنسيق قوي بين العاملين في هذا المجال من ناحية و التسويق من ناحية أخرى . ولا بد أن تكون طرق اختيار المشروعات طرق فعالة وتتصف بسهولة التطبيق .

5- يحتمل وجود دالة تبادل عكسي بين التكلفة والوقت في حالة جميع الابتكارات فإذا سعت الشركات إلى تقليص الوقت المستغرق في تطوير وتقديم ابتكاراً ما فأنها قد تتكبد تكاليف أعلى . وتختلف تلك الدالة من شركة إلى أخرى نظراً لتفاوت الشركات من حيث الكفاءة والخبرة والقدرة على التطوير وتقديم الابتكار . وأفضل فترة لمشروع هي الفترة الزمنية التي يكون فيها إجمالي الأرباح المخفضة أكثر من التكاليف المخفضة بأكبر قدر ممكن .

6- عادة ما تشهد مختلف الصناعات وجود ما يعرف بمنحنى التعلم أو المنحنى الذي يوضح المدى الذي ينخفض فيه متوسط تكلفة الإنتاج ، نتيجة لزيادة إجمالي الإنتاج التراكمي . ويلعب ذلك المنحنى دوراً هاماً في تحديد الأسعار - فقد نجحت شركة Texas Instruments في وضع أسعار منتجاتها عند مستويات أقل من متوسط التكلفة السائدة في ذلك الوقت وذلك بغية إحداث حركة سريعة على منحنى التعلم . هذا ويمكن استخدام طرق الانحدار في تقدير منحنى التعلم لإحدى السلع .

7- كلما تزايدت عدد الشركات المتبنية لإحدى الطرق الجديدة كلما تزايدت احتمالات استخدامها من قبل شركات أخرى . وتزداد تلك الاحتمالات أيضاً في الابتكار ذات الربحية الأعلى والابتكارات التي تتطلب استثمارات أقل . وقد يكون من المفيد استخدام نموذج قائم على هذه الافتراضات في التنبؤ بمعدل انتشار ابتكار ما .

تمارين

(1) تستخدم شركة Monroe ثلاثة من عناصر الإنتاج : العمالة والطاقة والمواد الخام . في 1994 استخدمت 20,000 ساعة عمل و 50,000 كيلوات ساعة من الطاقة و 10,000 رطلاً من المواد الخام للحصول على 200,000 رطلاً من الإنتاج وفي 1995 استخدمت 30,000 ساعة من العمل و 100,000 كيلوات ساعة من الطاقة و 14,000 رطل من المواد الخام للحصول على 300,000 رطل من الإنتاج . وفي عام 1994 كان سعر العمالة 10 دولار لكل ساعة وكان سعر الكيلوات ساعة من الطاقة 2 سنت وكان سعر الرطل من المواد الخام 5 دولار

(أ) ما هي إنتاجية العوامل الكلية لعام 1994 ؟

(ب) ما هي إنتاجية العوامل الكلية لعام 1995 ؟

(ج) ما هي سنة الأساس في السنوات السابقة ؟

(2) يقدر رئيس فريق العلماء بمعامل شركة Roosevelt أن تكلفة تطوير وتقديم نوع جديد من العقاقير المضادة للقرحة (بملايين الدولارات) تساوي :

$C = 100 - 19t + 0.5t^2$ عندما $1 \le t \le 6$

حيث t هي عدد السنوات المستخدمة في تطوير وتقديم العقار الجديد . والربح المخفض (إجمالي تكاليف الابتكار) لهذا النوع من العقاقير (بملايين الدولارات) يساوي :

$R = 110 - 15t$ عندما $1 \le t \le 6$

(أ) يلتزم مديرو معامل Roosevelt بتطوير وطرح العقار الجديد خلال 6 سنوات ، ومن المستحيل تطويره وطرحه في أقل من عام واحد . فما هي الفترة الزمنية التي سوف تجعل النفقات عند أدنى مستوى لها ؟

(ب) لماذا تقل R كلما زادت t ؟

(ج) ما هي أفضل فترة زمنية للمشروع ؟ ولماذا ؟

(3) تقوم شركة Flynn بإنتاج أحد أنواع الشاحنات التجارية . يقوم كبير المهندسين بجعل لوغاريتم تكاليف الاستخدام للشاحنة منحدراً على لوغاريتم Q والنتيجة تكون :

$$\log C = 5.1 - 0.25 \log Q$$

حيث C هي تكاليف عناصر الإنتاج (بالدولار) .

(أ) ما هي التكلفة التقديرية للشاحنة رقم 100 ؟

(ب) ما هي التكلفة التقديرية للشاحنة رقم 200 ؟

(ج) ما هي النسبة المئوية لانخفاض تكاليف الاستخدام عند تضاعف الإنتاج (من 100 إلى 200 شاحنة) ؟

(4) يرغب رئيس مجلس إدارة شركة Martin في تقدير عدد شركات الكيماويات التي ستستخدم إحدى أساليب الإنتاج الجديدة بحلول عام 2001 . وقد قام أحد مساعديه بجعل $\ln \{m(t) / [n - m(t)]\}$ منحدر على t . حيث $m(t)$ هو عدد الشركات التي تستخدم هذا الأسلوب الجديد في العام t و n هو إجمالي عدد شركات الكيماويات التي يمكنها استخدام هذا الأسلوب . وبقياس t ابتداء من عام 1986 كان الانحدار :

$$\ln\left[\frac{m(t)}{n - m(t)}\right] = -4.0 + 0.22t$$

(أ) اثبت أنه إذا تزايد عدد الشركات التي تستخدم هذا الأسلوب الجديد طبقاً للمنحنى اللوغاريتمي في المعادلة (8.11) فإن : $\ln \{m(t) / [n - m(t)]\}$ تكون دالة خطية في t .

(ب) بناءاً على الانحدار السابق هل يمكنك تقدير A و B وهي معاملات الدالة اللوغاريتمية في المعادلة (8.11) ؟ وكيف يمكنك ذلك ؟

(ج) تنبأ بعدد شركات الكيماويات التي ستستخدم الأسلوب الجديد بحلول عام 2001 .

(5) تشير العديد من الدراسات في مجال صناعة الطائرات إلى أن مضاعفة الناتج التراكمي يؤدي إلى خفض التكلفة بما يقرب من 20% . فإذا كانت تكلفة الوحدة الثلاثين من أحد أنواع الطائرات هي 12 مليون دولار ، فما هي تكلفة الوحدة الستون ؟ وكذلك الوحدة المائة والعشرين ؟

(6) اخرج مكتب إحصائيات العمل BLS ببيانات توضح أن الإنتاج لكل ساعة عمل في الأفران العالية باستخدام تقنيات متطورة للغاية أحياناً ما يبلغ ضعف ما هو الحال عند استخدام الطرق التقليدية .

(أ) كيف يمكن حدوث مثل هذه الاختلافات الكبيرة في فترة زمنية محددة ؟ ولماذا لا تتبنى كل الشركات الطرق الحديثة أولاً بأول ؟

(ب) هل يجب على الشركات دائماً استخدام الطرق التي تؤدي إلى معظمة الإنتاج لكل ساعة عمل ؟ نعم أو لا ؟ ولماذا ؟

(ج) هل يجب على الشركات تبني تقنيات تؤدي إلى معظمة الإنتاج لكل دولار من رأس المال ؟ نعم أو لا ؟ ولماذا ؟

(7) تسعى شركة Russell إلى تطوير أحد المحركات التي من شأنها إطلاق عدد أقل من الملوثات . وتوجد طريقتين للتعامل مع هذه المشكلة الفنية ، وسوف يؤدي استخدام أي منهما إلى وجود احتمال قدره 50-50 لأن يتكلف المشروع 2 مليون دولار ، واحتمال قدرة 50-50 لأن يتكلف المشروع مليوناً واحداً .

(أ) إذا اختارت الشركة واحدة من الطريقين وطبقتها حتى نهايتها ، فما هي التكلفة المتوقعة لتطوير المحرك ؟

(ب) إذا تم إجراء المشروعين على التوازي وإذا كان ممكناً تحديد التكلفة الحقيقية لاستخدام كل منهما بعد إنفاق 150,000 دولار على كل طريقة ، فما هي التكلفة المتوقعة لتطوير المحرك ؟ (لاحظ أن التكلفة الكلية لكل طريقة سوف تتضمن الـ 150,000 دولار) .

(ج) هل يجب استخدام الطرق على التوازي ؟

(8) تقوم بعض الشركات بمقارنة التكلفة التقديرية لكل مشروع بالأرباح التقديرية له ولإجراء مثل هذا التحليل يجب على العاملين في الشركة تقديم تكاليف إجراء الأبحاث والتطوير . وفي أحد شركات الأدوية الرائدة كان التوزيع التكراري لنسبة التكلفة الفعلية إلى التكلفة التقديرية 49 مشروعاً كما يلي :

عدد المشروعات	التكلفة الحقيقية مقسومة على التكلفة المتوقعة
أقل من 1.01	6
1.01 وأقل من 2.01	24
2.01 وأقل من 3.01	16
3.01 وأقل من 4.01	3

(أ) إذا كانت هذه الشركات تستخدم هذه الطريقة للمساعدة في تحديد ما إذا كان يجب تنفيذ مشروع بحث وتطوير معين ، فما هي المشكلة التي يمكن أن تواجهها الشركة ؟

(ب) كيف يمكن للشركة التعامل مع هذه المشكلات ؟

(9) ترغب شركة Monroe في تطوير طريقة جديدة من شأنها تقليص تكاليفها بمقدار 10% . وهناك طريقتان لتطوير مثل هذه العملية . إذا تم استخدام الطريقة الأولى فهناك احتمال قدره 0.6 في أنها سوف تتكلف 5 مليون دولار ، واحتمال 0.4 في أنها سوف تتكلف 3 مليون دولار . أما إذا تم استخدام الطريقة الثانية فإن هناك احتمال قدره 0.7 في أنها سوف تتكلف 3 مليون دولار ، واحتمال قدره 0.3 في أنها سوف تتكلف 5 مليون دولار .

(أ) إذا تم استخدام الطريقة الأولى ، فما هي التكلفة المتوقعة لتطوير الطريقة الجديدة ؟

(ب) إذا تم استخدام الطريقة الثانية ، فما هي التكلفة المتوقعة لتطوير الطريقة الجديدة ؟

(ح) إذا كان يمكن استخدام الطريقتين على التوازي ؟ وإذا كان يمكن تحديد التكلفة الفعلية لكل طريقة بعد إنفاق 500,000 دولار على كل منهما فما هي التكلفة المتوقعة ؟ بفرض أن النواتج مستقلة في كل من الطريقتين مع ملاحظة أن الرقم المعبر عن التكاليف الكلية لكل طريقة عند استخدامها يتضمن الـ 500,000 دولار .

(10) بناءاً على نمو سابق في عدد الشركات المستخدمة لأجهزة الإنسان الآلي ، فإنه يمكن تقريب النتائج إلى المعادلة التالية :

$$P(t) = \frac{1}{1+e^{-(-6.1+0.4t)}}$$

حيث $P(t)$ هي النسبة المئوية للنمو ، و (t) تقاس بالأعوام منذ عام 1970 .

(أ) خلال أي عام كان حوالي 25% من المصانع تستخدم أجهزة الإنسان الآلي ؟

(ب) خلال أي عام كان حوالي 50% من المصانع التي تعمل في هذه الصناعة تستخدم أجهزة الإنسان الآلي ؟