٨٢

أبحاث وتصميم الأجهزة الطبية

Medical Device Research and Design

Åke Öberg
Linköping University, Linköping, Sweden

إن لدى المهندسين الناشطين في قطاع الرعاية الصحية فرصاً كبيرة للمساهمة في تطوير الجودة على المدى الطويل من خلال تطوير تقنيات جديدة أو تحسين التقنيات القائمة. يكتسب المهندس الإكلينيكي (CE) معرفة قيِّمة من خلال العمل اليومي مع الأجهزة الطبية المتاحة تجارياً ومراقبة طرائق استخدام المنتجات في الممارسة العملية، وعندما تقترن هذه المعرفة مع البصيرة والإبداع القويين يمكنها أن تؤدي إلى طرق لتحسين التقنيات الموجودة أو حل المشاكل القائمة منذ فترة طويلة. إن للـ CE وجهة نظر بما يخص الاحتياجات التنموية وتعتبر وجهة النظر هذه سمة قيمة للغاية لعمله كمبتكر. علاوة على ذلك، فإن قرب الـ CE من نقطة تقديم الرعاية الصحية يوفر فرصاً واسعة لاختبار وتجربة المنتجات الجديدة في بيئة المستخدم النهائي. في السعي لإدخال تحسينات في مجال الرعاية الصحية، يتعاون الكثير من ذوي الخبرة في مجال العلوم الطبية (مثل الأطباء والممرضين والمعالجين) بشكلٍ جيد مع المهندسين لأنهم يفهمون القدرة الموهوبة إلى المهندس على تحليل المشاكل وتوليف الحلول. إن النتيجة المفيدة لمثل هذا التحليل والتوليف (واللتين تُشكلان نسيج وعقلية المهندس) هي الاختراع وإنشاء شيء أو آلة أو تقنية مفيدة لم تكن موجودة من قبل.

ولدت الهندسة الإكلينيكية من المفهوم القائل بأن هناك حاجة للسمات الهندسية (أي، في التحليل والتركيب) من أجل تحسين الرعاية الصحية (Caceres، ١٩٨٠). ومع ذلك فقد تأرجح هذا المؤشر على مدى العقدين الماضيين وتوقف على ورشة الإصلاح وجداول البيانات المالية. ولحسن الحظ فقد تأرجح مرة أخرى عائداً إلى موقعه الأصلي وهو السرير ونقطة تقديم الرعاية الصحية (انظر الفصلين ١١ و ١٣٨) وبزخمٍ صغيرة مما ظهر مؤخراً من أوجه القصور في ما يسمى بنظام تقديم الرعاية الصحية (Kohn et al، ٢٠٠٠). لقد استوعبت مُتطلبات جهات التنظيم والضغوط المالية الوقت والمواهب وأعادت توجيهها مما أدى إلى حرمان أقسام الهندسة الإكلينيكية من الموارد اللازمة لأنشطة تطوير المنتجات التي تتطلب وقتاً مكثفاً. يجب على الأشخاص المتوفرين حل المهام

اليومية المباشرة مثل حفظ ردهة المستشفى خالية من التجهيزات وإصلاح مضخات الحقن المكسورة وإدخال رموز "عدم وجود أي مشكلة" في الكمبيوتر. لقد انخفض عمل الاختراعات والتطويرات التقنية إلى أدنى درجة في سلم الأولويات الإداري. وللأسف فقد قلل مديرو المستشفيات من الاستفادة (أو بالأحرى رفضوا بازدراء أن يستفيدوا) من مواهب المهندسين الإكلينيكيين الذين هم على درجة عالية من الكفاءة وذوي التعليم الجيد والمهرة. كان سبب ذلك في الكثير من الأحيان جهل المديرين بالإمكانات الهائلة لهؤلاء المهندسين، كما كان وبشكلٍ جزئي بسبب عدم قدرة المهندسين الإكلينيكيين على التعبير عن قيمهم والدفاع عن مهنتهم.

إن الحاجة إلى منتجات جديدة أو محسنة للرعاية الصحية هو القوة المحركة الرئيسية للابتكارات والإنتاج الصناعي في مجال الأجهزة الطبية. تنشأ المنتجات الطبية الجديدة في ضوء المتطلبات الإكلينيكية الجديدة والإمكانيات التقنية الجديدة. تتطلب القدرة على تحديد الاحتياجات والإمكانيات الجديدة إلى درجة عالية من الكفاءة في كل من المجالات الهندسية والطبية.

يستغرق تطوير المنتجات الجديدة وقتاً طويلاً بحيث لا تُعتبر الفترة التي تمتد من ٥-١٠ سنوات من مرحلة الإنشاء إلى مرحلة تسويق المُنتَج غير واقعية. يُعتبر تفسير اتجاهات السوق مهماً في التطوير الناجح للمُنتَج. هنا يظهر سؤالان أساسيان: أين ستكون الرعاية الصحية بعد عشر سنوات من الآن، وما هي التقنيات الجديدة التي ستظهر في غضون ذلك؟ إن الاحتياجات التي يراها المرء اليوم قد لا تكون بالضرورة هي نفسها بعد عشر سنوات من الآن (انظر الفصل ١٤٢). إن التقييم الصحيح للاتجاهات والاحتياجات المستقبلية ذو أهمية قصوى في تطوير المنتجات الجديدة والناجحة تجارياً. تبلغ قيمة السوق العالمية للمنتجات الطبية والرعاية الصحية حوالي ١٥٠ مليار دولار تُمثل المستحضرات الصيدلانية ١٠٠ مليار دولار من هذا المبلغ بينما تمثل الأدوات والأجهزة الطبية المبلغ المتبقي وقدره ٥٠ مليار دولار (OECD، ١٩٩٢).

تَستخدم الرعاية الصحية وصناعة الطب الحيوي اليوم تكنولوجيا متطورة للغاية في منتجاتها. فمن المعقول أن نفترض أن التقدم التكنولوجي سوف يجد تطبيقات بدائية ومتقدمة في مجال الرعاية الصحية. ولذلك، فمن المهم مناقشة الصفات الشخصية والمعرفة التي تُعتبر شروطاً مسبقة للمهندس الإكلينيكي الذي يريد الانخراط بأنشطة الابتكار وتطوير المنتجات التي يُريد أن يُكرس نفسه لها.

من المخترع إلى المُبتكر
From Inventor to Innovator

يعرف الابتكار بأنه الاختراع الذي تم تسويقه بنجاح والذي وصل إلى مرحلة من النجاح التجاري. هناك عادة تمييز بين المخترع والمبتكر. إن دور المبتكر هو أكثر إلحاحاً من دور المخترع. يُركز المخترع بقوة على التكنولوجيا

والتطور التقني للاختراع، أي المُنتَج. نادراً ما يجد المخترع تسويق الاختراع مثيراً ويتجنب بدء الاتصالات اللازمة لمواصلة تطوير الأعمال التجارية للمنتج.

يجب على المخترع أن يتعلم كيف يصبح مبتكراً ومقاولاً ناجحاً حيث ينبغي عليه بشكلٍ خاص اكتساب المعرفة في المجالات التالية:

- التسويق، إجراء تقييمات السوق وفهم أساسيات تسويق منتجات جديدة.
- الاقتصاد، وضع خطط ميزانية للمشاريع.
- القانون، للحماية التي تعطيها براءة الاختراع.

المُبتكر كشخص

The Innovator as a Person

من المعتاد عند مناقشة أهمية تطوير المُنتَج استخدام بعض المفاهيم مثل الابتكارات والمبتكرين والمخترعين وأفكار المُنتَج والإبداع. تُعتبر بعض هذه المفاهيم مرادفة ولكن يحتاج المرء أحياناً إلى مناقشة قصيرة وذات توجه عملي لتعريف هذه المفاهيم.

إن "للإبداع" على سبيل المثال المئات من التعاريف في الأدب. يمكن في معظم الحالات تلخيصها على النحو التالي "القدرة على توليد شيء جديد و/أو مفيد". بالنسبة للحالات الأخرى يمكن تبديل كلمة "مفيدة" بكلمة "مهمة" أو "جذابة" أو حتى "قابلاً للبيع". تُعرف "درجة المنفعة" في حالة الابتكارات التقنية بأنها شيئاً يمكن بيعه في السوق أو يمكن استغلاله مالياً. أُخِذ مفهوم الابتكار في إطار منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية (OECD) ليعني الفكرة التقنية التي تم تحقيقها في شكل مُنتَج لاقى نجاحاً في السوق. إن الإبداع هو الاستعداد والقدرة على إنتاج شيء جديد يرتبط ارتباطاً وثيقاً بالفضول وهي السمة الملازمة الإنسان. بالإضافة إلى ذلك، فإن الرغبة والضرورة إلى الابتكار والاستكشاف هما أنشطة مُرضية ومجزية للمخترع. كما يُعتبر وضع وتطوير الأفكار الجديدة ورؤية الحلول للمشاكل من الأمور المُرضية أيضاً. إن رؤية الأفكار تتحقق هي من إحدى المكافآت وهو ارتياح مماثل لارتياح الفنان بخصوص اللوحة الفنية المنتهية أو النحت المنتهي. لا يُعتبر الإبداع ضرورة فقط بل هو أيضاً واجب. غالباً ما يكون المخترع مأخوذاً بالأفكار المحيطة بالمشكلة. يبدو أن عدم العودة إلى المشكلة بشكلٍ متكرر هو أمرٌ مستحيل.

قد يمتلك الأشخاص المبدعون العديد من المزايا الفريدة التالية التي يتم التعرف عليها بسهولة:

- المرونة.
- الحساسية للمشاكل.

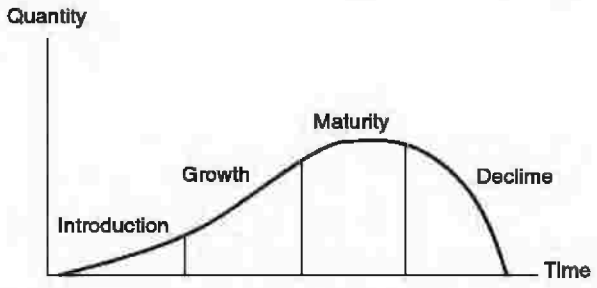
- الأصالة.
- الدافع للإبداع.
- التحمل.
- التركيز على المهمة.

إن العقل الخيالي هو أمر بالغ الأهمية مثل الموهبة على التنبؤ بسيناريوهات المستقبل. إلا أن العقل الخيالي لا يكفي. فمن المهم أيضاً توفر المقدرات على إنجاز الأمور وضبط تطور المشروع. يجب على المبتكر الاستخلاص المستمر للمعرفة من ينابيع التسويق والاقتصاد والتصور وقانون براءات الاختراع حيث تُعتبر جميع هذه المصادر مهمة في عملية تطوير الفكرة إلى منتج قابل للتسويق.

دورة حياة المُنتَج
The Life Cycle of a Product

إن لكل منتج دورة حياة. يولد المُنتَج ثم ينضج ثم يصل إلى أقصى حجم مبيعات وأخيراً يختفي من السوق. يُعتبر منحني دورة الحياة للمُنتَج من الأمور المفهومة والمعروفة بشكل جيد في التسويق وفي تطوير المنتجات وأبحاث السوق. يظهر الشكل رقم (٨٢,١) منحني دورة الحياة للكمية المباعة للمنتج كتابع الزمن بدءاً من عرض المُنتَج في السوق إلى الوقت الذي يتوقف فيه تسويق هذا المُنتَج. عادة ما يتم تقسيم منحني دورة الحياة إلى المراحل التالية (Ohlsson، ١٩٩٢):

- الإدخال: عندما يتم تقديم المنتج لأول مرة في السوق حيث تتم أول المبيعات.
- نمو المبيعات: عندما يكون المنتج قد وجد في السوق لبعض الوقت وانتشر الوعي بوجوده وتزايدت الأعداد المباعة منه.
- النضج: حيث يكون المستهلكين المهتمين بالمنتج قد اشتروه بالفعل وأن المبيعات لم تعد تتزايد.
- الهبوط: حيث يتناقص الطلب على المنتج.



الشكل رقم (٨٢,١). منحني دورة الحياة للمُنتَج من مرحلة الإدخال إلى مرحلة الإهمال أو التنسيق.

يمكن أن تختلف مدة دورة الحياة من بضعة أشهر إلى عدة عقود. يُعتبر منحني دورة الحياة أداةً مفيدة يمكن من خلالها تحليل السوق المستقبلي المحتمل للمُنتَج. إذا تمت دراسة المبيعات لمُنتَج معين فيمكن للمرء عادة أن يعرف المرحلة التي يتم فيها طلب المُنتَج في لحظة معينة من دورة حياة هذا المُنتَج. عادة ما تكون مرحلتي الإدخال والتطوير أكثر إثارة للاهتمام من مرحلتي التشبع والهبوط. كما يمكن أيضاً حساب إجمالي الاستهلاك في المستقبل من خلال منحني دورة الحياة. باستخدام بيانات اليوم يمكن التنبؤ بالسوق المستقبلية المحتملة.

تسجيل براءات الاختراع والنشر
Patenting and Publishing

تُعتبر الحماية الجيدة لبراءات الاختراع أمراً ضرورياً لكل من يرغب في استغلال الاختراع صناعياً واستثماره وتصنيعه. تضمن براءة الاختراع عدم استغلال أي شخص آخر للفكرة الأصلية من أجل تحقيق الربح التجاري من دون المخاطرة بأحد أشكال الإجراءات القانونية. يجب أن يكون الاختراع "جديداً" لكي يحصل على براءة اختراع. إذا قدَّم المرء الفكرة إلى العامة عن طريق النشر أو المحاضرة، عندئذ فإن احتمالات تسجيل براءات اختراع لهذه الفكرة تُصبح باطلة مما يخلق عقبة كبيرة بوجه القفز إلى طريق ابتكار المنتجات.

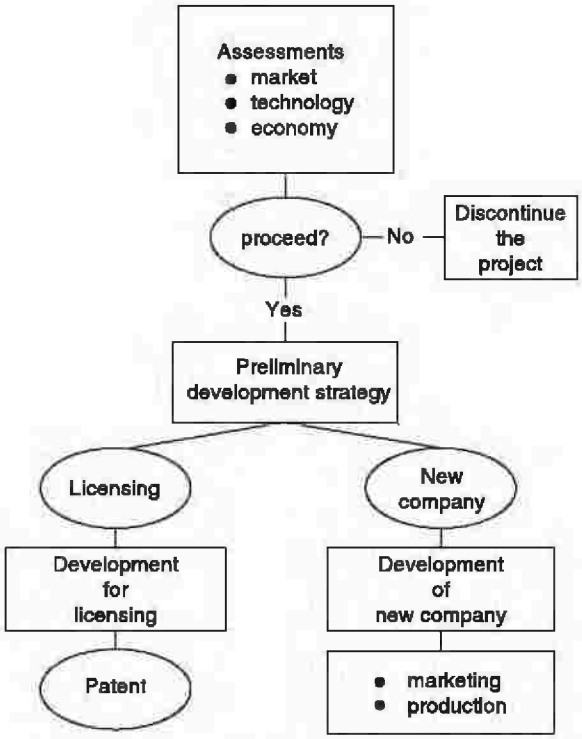
هناك غالباً اختلافات واضحة في وجهة النظر في المستشفيات الجامعية والمستشفيات الأخرى ذات التوجه البحثي بين الباحثين الأكاديميين الذين ينشرون نتائجهم الجديدة من خلال المحاضرات وبين المبتكرين الذين يحصلون على براءات اختراع للأفكار الجديدة كأساس للتطوير الصناعي. تكون كلا المجموعتين في كثير من الأحيان راضيتين بالحصول على براءات الاختراع أولاً ومن ثم النشر في وقت لاحق. يتم بموجب هذا الإجراء تأخير هامشي للنشر بينما تتم الاستفادة من القيمة التجارية الكبيرة لبراءة الاختراع.

التقييمات الإستراتيجية للتطوير الفعال للمنتجات
Strategic Assessments for Effective Product Development

يجب أن يشمل التقييم الأولي لفكرة المنتج الجديد دائماً على الاعتبارات التالية:

- تحليل السوق.
- تقييم التكنولوجيا.
- التحليل.

تُمثل نتائج هذه التقييمات الأولية الركائز الهامة في إدارة مشاريع تطوير المنتجات التي تؤدي إلى النجاح التجاري. يُبين الشكل رقم (٨٢,٢) مخططاً انسيابياً لخطوات تطوير المُنتَج بدءاً من التقييم ومن ثم تسجيل براءة الاختراع ثم الإنتاج والتسويق.



الشكل رقم (٨٢,٢). المخطط الانسيابي لتطوير المنتج.

تحليل السوق Market Analysis

تُجيب التقييمات المُبكرة للسوق على سؤالين مهمين (لجنة العلوم والتكنولوجيا، ١٩٨٠):

١- هل هناك حاجة (أي "سوق") للمنتج الذي هو قيد الدراسة؟

٢- هل السوق كبير بما فيه الكفاية بحيث يكون الاستثمار في مشروع التطوير مربحاً؟

ينبغي على المرء سواء كان يقوم بتطوير تكنولوجيا بسيطة أو معقدة أن يهدف إلى تجميع عرضاً جيداً عن السوق. تُساهم النظرة المبكرة والأولية لإمكانيات السوق في مساعدة المُبتكر على التخطيط للتطوير طويل المدى لاختراعه.

تقييم التكنولوجيا Technology Assessment

يتضمن تقييم التكنولوجيا تحليلاً للمشاكل المتعلقة بتكنولوجيا المُنتَج فضلاً عن تكنولوجيا الإنتاج. إن لتقييم تكنولوجيا المُنتَج أهميةً خاصة بالنسبة للمنتجات الطبية في البيئة الإكلينيكية. تُعتبر اعتبارات السلامة بطبيعة الحال هامة بصورة كبيرة. يجب أن يتماشى التصميم التقني للجهاز الطبي مع المعايير والأنظمة الوطنية والدولية القائمة. كما يجب استخدام مبادئ تصميم مقبولة.

يُعتبر إشراك الأشخاص الخارجيين غير المطلعين على المشروع جزءاً هاماً من تقييم التكنولوجيا. يُعتبر مثل هؤلاء الأشخاص قيمين من أجل إجراء الاختبارات وإعطاء رد فعل المُستخدم. غالباً ما تؤدي مثل هذه المشاركة إلى تحسينات كبيرة في التصميم والأداء الوظيفي للجهاز. غالباً ما يؤثر التقييم التكنولوجي لعدد قليل من الأجهزة (من ٥-١٠ أجهزة على سبيل المثال) في الوقع الفعلي للمستشفيات والعيادات بشكلٍ حاسم على التصميم النهائي للمنتج.

يجب أن يتضمن إشراك الأشخاص "الخارجيين" في تقييم المنتج على نوع من حماية الإعلان أو عقد سرية (اتفاق على عدم إفشاء المعلومات السرية) يُحظِّر بموجبه الشخص المعني عن الكشف أو الاستفادة من المعرفة التي يتم الحصول عليها خلال التقييم.

من المهم إجراء تقييم مشاكل تكنولوجيا الإنتاج قبل البدء بالإنتاج الضخم. يمكن للاختيار السليم لتكنولوجيات الإنتاج السليمة أن يؤثر بشدة على سعر المُنتَج في السوق. إذا كان من المطلوب إنشاء تجهيزات إنتاج جديدة فقد تكون الاستثمارات الكبيرة ضرورية حيث يمكنها أن تؤثر على اقتصاد المشروع بأكمله. إذا كان التفكير باتجاه الإنتاج على المدى البعيد للعديد من الأجهزة فإن "تصميم الإنتاج ذي التوجه التكنولوجي" سيؤدي إلى وفورات كبيرة ولا سيما بالنسبة للمخترع الذي يعمل في الجامعة أو بيئة المستشفى والذي لا يتمتع عادةً بخبرة واسعة في مجال تقنيات الإنتاج الصناعي. يُنصح بشدة الشروع في وقت مبكر بالتعاون الوثيق بين المخترع والمُنتِج النهائي (الشركة الصناعية) للجهاز. غالباً ما يختصر هذا التعاون الطريق إلى السوق لدرجةٍ كبيرة كما يساهم في تقليل تكاليف الإنتاج.

التقييم الاقتصادي Economic Assessment

يجب أن ينطوي الابتكار وفقاً لتعريفه على نجاح مالي في السوق. ومن ثم فإنه من الضروري أن تتم مراقبة تكاليف المشروع بانتظام وأن يتم تقييم إمكانية النجاح التقني والتجاري للمُنتَج في وقت مبكر قدر الإمكان. يمكن في مرحلة مبكرة القيام بحسابات تقريبية فقط. يجب أن تعتمد هذه الحسابات على تكلفة مبيعات المُنتَج وتخمين لحجم حصة المنتج في السوق هو ما يعتبر ضرورياً لكي يكون المنتج ناجحاً من الناحية المالية.

اختبار المفهوم
Concept Testing

قبل البدء في استغلال فكرةٍ ما تقنياً وتجارياً يجب البدء بالبحث بهدف التأكد مما إذا كانت حقاً فكرة جديدة. غالباً ما يكشف بحث البراءات ما إذا كان هناك اختراع مُسبق للفكرة نفسها أو فكرة مشابهة لها أم لا. يُعتبر اختبار المفهوم مهماً للإجابة على الأسئلة التالية:

- هل الفكرة جديدة؟
- هل ينتهك الاختراع براءةً أخرى عند استغلاله تجارياً؟
- هل يمكن للفكرة أن تحصل على براءة اختراع؟
- ما الذي تم إنجازه في هذا المجال في الآونة الأخيرة؟

يمكن تنفيذ اختبار المفهوم بشكلٍ جزئي عن طريق فحص براءات الاختراع في المجالات القريبة من الاختراع الحالي. كما يمكن اكتساب تصور جيد عن كون الاختراع من "أحدث التقنيات" عن طريق البحث في قواعد البيانات من مختلف الأنواع. تضم المكتبات قواعد بيانات كبيرة حيث يمكن للأسئلة ذات الصياغة الصحيحة على شكل بروفيلات أن تعطي توجيهاً كافياً بشأن الابتكارات في المجال الحالي للعمل. يمكن للمؤلفَات العلمية المنشورة أن توفر معلومات مثيرة للاهتمام حول قيمة المعلومات لاختراعٍ ما. يمكن للمؤلفَات أن توحي بالقيمة التشخيصية المتأصلة في استخدام الاختراع. وهذا ما يُعتبر بدوره مؤشراً على حجم السوق.

تطوير النموذج الأولي
Prototype Development

يُمثل تصميم النموذج الأولي خطوة هامة في عملية الابتكار. يمكّن تطوير النموذج الأولي المرء من اختبار مدى قوة الفكرة من وجهتي النظر التقنية والاقتصادية كذلك تقييم استجابة السوق وحساب تكلفة الإنتاج. عادة ما يكون هناك طريق طويل من مرحلة النموذج الأولي إلى عملية الإنتاج الضخم، ومن العملي غالباً المضي قدماً بعدة خطوات:

- رسومات تخطيطية: تُبين الفكرة من الناحية الفنية والتقنية بدلالة رسومات أو مخططات تقنية.
- نماذج: تمثيل ثلاثي الأبعاد من الخشب أو المعدن أو الجص لفكرة المُنتَج وبدون أي مطالب وظيفية. يُعتبر هذا النموذج جيداً بشكلٍ خاص لأغراض التسويق.
- النموذج الوظيفي: نموذج ثلاثي الأبعاد على النحو المذكور آنفاً ولكنه نموذج يمكنه أن يوضح كيف ستعمل هذه الفكرة.
- النموذج الأولي: وهو نموذج دقيق للمُنتَج يُبين كيف سوف يعمل المُنتَج وكيف سيظهر في الإنتاج الضخم.
- السلسلة O (O-Series): سلسلة صغيرة من المنتج تُستخدم غالباً للإيضاح للعملاء المحتملين أو للتقييم من قبل الخبراء.
- المنتجات المُنتَجة بكميات ضخمة: منتجات من خط الإنتاج.

أشكال الاستغلال

Forms of Exploitation

يمكن تحقيق الاستغلال التجاري للاختراع بطرق مختلفة وكثيرة. إن الطريقتين الأكثر اعتياداً هما إصدار الترخيص وبدء الشركات الجديدة. يستلزم الترخيص نقل حقوق الاختراع إلى المقاول الذي سيكون مسئولاً عن التطوير المستمر والإدخال التجاري. يمتلك المخترع على العموم عند اختيار طريقة الترخيص حماية براء ة اختراع قوية كأساس للتفاوض مع المقاول. تكون مفاوضات الترخيص صعبة بدون الحماية القوية لبراءة الاختراع باعتبار الأخيرة هي السمة الوحيدة ذات مغزى في عملية ووقت التفاوض. قد يكون من المفيد في بعض الحالات البدء بشركة جديدة تقوم بعمل التطوير وتكون مسئولة عن إطلاق السوق. إذا كان الاختراع الذي سيتم استغلاله يتعلق بمجالات جديدة تماماً حيث لا يوجد إلا القليل من الشركات الفعالة في هذا المجال (أو لا يوجد أي من هذه الشركات) عندئذ فإن أسرع طريق إلى السوق هو البدء في إنشاء شركة للتسويق التجاري. يمكن بيع الشركة بعد النجاح في مرحلة تطوير المُنتَج وإطلاق السوق. عند بدء تشغيل الشركة تُصبح مسألة براءة الاختراع عموماً أقل أهمية في حين أن المسائل المتعلقة بالتسويق والتصنيع تُصبح أكثر أهميةً. بعد أن يتم تقييم الاختراع من وجهات نظر السوق ووجهات النظر التقنية والاقتصادية، يُصبح الوقت ملائماً لاتخاذ قرار بشأن شكل الاستغلال واسع النطاق.

إن مزاج المخترع هو الذي يُحدد في كثير من الأحيان شكل الاستغلال الذي يتم اختياره. إذا كان المخترع أكثر اهتماماً في التطوير المستمر لتقنية جديدة، عندئذ فإن الخيار الأفضل هو الترخيص (الذي يؤدي إلى تحويل مشاكل التسويق والمشاكل المالية لشخص آخر). ولكن، إذا وجد المخترع أن العمل مع كامل عملية الإنتاج بدءاً من عمل التطوير التقني إلى المبيعات أمراً مُحفزاً، عندئذ فإن البدء في الشركة هو الخيار الأفضل. يجد المهندس الإكلينيكي الموظف في المستشفى أن سياسة المستشفى تؤثر أيضاً على اختيار شكل الاستغلال. يصف الجدول رقم (٨٢,١) الاختلافات بين هذين الشكلين من أشكال الاستغلال.

الجدول رقم (٨٢,١). مقارنة لفعاليات استغلال الاختراع.

الفعالية	طريقة الاستغلال	
	شركة جديدة	ترخيص
الحصول على براءة الاختراع	أقل	أكثر
تصميم النموذج الأولي	نفسها	نفسها
التسويق	أكثر	أقل
التصنيع	أكثر	أقل
التمويل	نفسها	نفسها
التنظيم	أكثر	أقل
الامتداد الزمني	أفضل	أسوأ
المخاطر	نفسها	نفسها

المراجع

References

Caceres CA. Management and Clinical Engineering. Artech House Books, 1980.
OECD: Innovation Policy-Trends and Perspectives. Paris, OECD, 1992.
Kohn LT, Corrigan JM, Donaldson MS. To Err is Human: Building a Safer Health System, National Academy Press, 2000.
Ohlsson L. R&D for Swedish Industrial Renewal (DS 1992:109). Stockholm, Utbildningsdepartementet, 1992.
Committee of Science and Technology. Small, High Technology Firms and Innovation. Washington, D.C., U.S. Government Printing Office, 1980.
Fölster S. The Art of Encouraging Invention. Stockholm, IUI, 1991.

معلومات إضافية

Additional Information

Brown KA. Inventors at Work: Interviews with 16 Notable American Inventors, TEMPUS Books, 1988. This book gives interesting perspectives on the invention process.

In addition, the serials Journal of Medical and Biological Engineering and Computing, Physiological Measurements, Medical Engineering, and Medical Physics publish papers on new instrument ideas. National authorities give advice and recommend ways to start new companies.