

LEZIONI
DI
GESTIONE
DELL'INNOVAZIONE TECNOLOGICA

Ottobre 2002

Angelo BONOMI

PARTE I

BASI TEORICHE

1. DEFINIZIONE DI TECNOLOGIA

Gestire l'innovazione tecnologica significa creare o migliorare tecnologia e una discussione su questi argomenti non può essere fatta se non si definisce dapprima in maniera precisa cosa è una tecnologia.

La parola tecnologia è largamente usata accanto ad altre come scienza e tecnica per indicare un'attività umana che esiste dagli albori della civiltà e che si è sviluppata attraverso la produzione di manufatti, prodotti e servizi. Le conoscenze che permettono all'uomo di realizzare prodotti e servizi rappresentano il suo saper fare e sono generalmente indicate con il termine inglese di "know how".

Nel nostro contesto utilizzeremo la parola Tecnologia con la T maiuscola per indicare l'insieme delle tecnologie originate od ottenibili dall'attività umana. Nonostante che nel linguaggio corrente, soprattutto nei nostri tempi, si confonda ampiamente Tecnologia e Scienza esse si riferiscono a due attività umane ben distinte che hanno obiettivi differenti pur essendo in stretta relazione. Mentre la Tecnologia ha come obiettivo l'arte di produrre beni e servizi, la Scienza ha l'obiettivo di aumentare le nostre conoscenze sulla natura nel senso più ampio di questa parola. Mentre la Tecnologia si è sviluppata nel corso di millenni della storia dell'uomo, la Scienza, considerata in senso ristretto come il risultato dell'applicazione del metodo scientifico, è nata solo da alcuni secoli ed ha influenzato, attraverso processi che descriveremo più avanti, in maniera molto forte lo sviluppo delle tecnologie.

Per dare una dimostrazione di come la Tecnologia sia sempre stata un'attività umana indipendente e con sue specifiche caratteristiche abbiamo riportato alla Pagina 3 il testo di una legge della Repubblica di Venezia emanata il 19 marzo 1474, novant'anni prima della nascita di Galileo Galilei considerato universalmente uno dei padri fondatori del "metodo scientifico". Questa legge, la prima emanata in occidente per proteggere le attività inventive, contiene praticamente tutti gli aspetti moderni con cui la Tecnologia interagisce con la Società, come: caccia ai cervelli, protezione delle invenzioni, utilità dell'innovazione tecnologica per la nazione, criteri di definizione di novità tecnica relativa a un territorio, diritti di sfruttamento esclusivo e sua durata, lotta alla contraffazione e privilegio di sfruttamento delle innovazioni da parte dello Stato.

Le tecnologie sono in continua evoluzione con velocità di cambiamento che possono variare a seconda dei settori industriali considerati. Per questo, quando si parla di gestione di innovazione tecnologica, si intende in realtà *la gestione ed il management del cambiamento di know how e di tecnologie*. La gestione e il management di know how o tecnologie fissate nel tempo appartiene invece al campo del management e gestione della produzione o dei servizi.

La definizione convenzionale di Tecnologia parla in generale di scienza applicativa dedicata alla produzione di beni o servizi. Nella Pagina 4 abbiamo riportato due definizioni di Tecnologia provenienti da due enciclopedie, una della fine del XIX Secolo e l'altra della fine del XX Secolo. Le due definizioni sono molto simili, a parte il riconoscimento di un aspetto evolutivo e sociale nella definizione più moderna. Si può quindi osservare che la visione convenzionale della Tecnologia non è cambiata negli ultimi secoli ma questa visione non ci aiuta molto a capire la natura e i processi evolutivi della Tecnologia.

LEGGE DELLA REPUBBLICA DI VENEZIA del 19 marzo 1474

Ci sono in questa città e ne vengono ogni giorno temporaneamente a causa della sua grandezza e bontà, degli uomini di luoghi diversi con uno spirito molto acuto, in grado di pensare e trovare ogni specie di invenzioni ingegnose (*caccia ai cervelli*). E se si considerasse che il loro lavoro e le loro invenzioni (*attività inventiva*), se chiunque altro le vedesse non potesse effettuarle levandogli così l'onore (*protezione delle invenzioni*), questi uomini eserciterebbero il loro talento e inventerebbero e farebbero delle cose che sarebbero di considerabile utilità e vantaggio per il nostro Stato (*utilità delle innovazioni tecnologiche per la nazione*).

E' per questo che si decide che per autorità di questo Consiglio, chiunque farà in questa città una nuova e ingegnosa invenzione, mai messa in esecuzione prima d'ora nel nostro territorio (*criteri di novità relativa al territorio*), come essa sarà portata a compimento (*completamento dell'invenzione*) in maniera da poterla usare (*prodotto*) ed esercitare (*processo*), sarà tenuto a darla in nota al nostro ufficio (*deposito dell'invenzione*) dei "Provveditori de Comun". Restando proibito a chichessia e non importa chi dei nostri territori (*diritto di sfruttamento esclusivo*) di fare tutt'altra invenzione che abbia la forma e somiglianza a questa senza il consenso preventivo e la licenza (*cessione dei diritti di utilizzazione*) dell'autore e questo per dieci anni (*durata limitata dello sfruttamento esclusivo*).

E allo stato delle cose, se qualcuno farà questo, l'autore e inventore soprannominato avrà la libertà di poterlo citare davanti a qualsiasi ufficio (*denuncia di contraffazione*) di questa città e il detto ufficio obbligherà il sopraddetto che avrà contraffatto pagargli la somma di cento Ducati e l'invenzione sarà distrutta immediatamente (*danni, interessi e confisca*). Tutto restando libero per la nostra Signoria, a suo giudizio, di prendere e usare per i suoi bisogni qualsiasi degli strumenti o invenzioni suddette (*privilegio di sfruttamento per lo Stato*), alla condizione tuttavia che alcuna altra persona salvo l'autore possa esercitarli.

DEFINIZIONI DI TECNOLOGIA

Enciclopedia Universale (fine XIX Secolo)

Scienza delle arti industriali Scopo suo precipuo è quello di procurare agli artefici ed agli industriali le cognizioni teorico-pratiche necessarie a ben riuscire e perfezionare le loro produzioni

Enciclopedia Generale De Agostini (fine XX Secolo)

Complesso delle macchine, degli strumenti, dei processi produttivi e delle conoscenze applicate di una società in un determinato periodo. Sottintende l'esistenza delle organizzazioni sociali e produttive che permettono l'effettuazione di quei processi. In senso più stretto si intende per tecnologia qualsiasi applicazione scientifica alla produzione di beni o servizi

Santa Fe Institute, Anni 90, (S. Kauffmann, J. Lobo, W.G. Macready, P. Auerswald, K. Shell)

Ecosistema composto dalle innumerevoli tecnologie che cooperano o competono tra di loro in funzione della loro efficienza. Una tecnologia può essere considerata come una sequenza di operazioni, ognuna caratterizzata da un possibile insieme di istruzioni. Ogni tecnologia può essere definita attraverso le operazioni e le istruzioni che la caratterizzano ed il valore della sua efficienza. Essa può essere così rappresentata in uno spazio multidimensionale chiamato Paesaggio Tecnologico.

Il Paesaggio Tecnologico è un paesaggio dinamico che riflette la natura di ecosistema nel quale opera la tecnologia e la cui efficienza relativa è il risultato della competizione o cooperazione tra le varie tecnologie che coevolvono tra di loro.

Le tecnologie utilizzate cambiano con il tempo ed il processo alla base del cambiamento è chiamato innovazione tecnologica. Lo sviluppo di un'innovazione tecnologica può essere rappresentato da un percorso esplorativo nel Paesaggio Tecnologico che, da un assetto iniziale innovativo di operazioni tecnologiche, si incammina, attraverso opportune modifiche delle istruzioni, verso una posizione di efficienza ottimale relativa della nuova tecnologia

Agli inizi degli anni 90 presso il Santa Fe Institute, fondazione nata alla metà degli anni 80 e dedicata allo sviluppo della nuova Scienza della Complessità nello stato americano del New Mexico, nasceva una nuova visione della natura della Tecnologia portata avanti poi da ulteriori studi alla fine degli anni 90 che, accanto a una visione della tecnologia come insiemi di operazioni e istruzioni pratiche, ne riconosceva la natura di ecosistema spiegando in questo modo l'evoluzione e l'interazione delle varie tecnologie. Questa visione innovativa è in grado di fornire un modello generale della Tecnologia, adatto a interpretare i suoi vari aspetti e, in una certa misura, anche suscettibile di essere elaborato attraverso modelli di simulazione su calcolatore in grado di riprodurre molti comportamenti evolutivi tipici delle tecnologie. Questa nuova definizione di Tecnologia è anch'essa riportata alla Pagina 4. Come si può vedere, la nuova definizione di Tecnologia comprende anche una sua rappresentazione grafica nel cosiddetto "Paesaggio Tecnologico" e una nuova definizione di "Innovazione Tecnologica" che saranno sviluppati in seguito.

2. ASPETTI GENERALI DELLA TECNOLOGIA

Consideriamo la definizione di una tecnologia come una sequenza temporale di operazioni ciascuna caratterizzata da un insieme di istruzioni possibili. Per operazioni possiamo intendere ad esempio: riscaldare, miscelare, mettere in forma, inscatolare, trasportare (all'interno dell'impianto), ecc. Per istruzione intendiamo invece la scelta fatta nel quadro di un'operazione da un insieme di istruzioni possibili caratteristiche dell'operazione scegliendo ad esempio una certa temperatura o un certo tempo. Lo sviluppo tecnologico potrà essere considerato come un'attività che combinando le opportune operazioni con le istruzioni più adatte permette la nascita di nuove tecnologie che soddisfano le varie esigenze dell'umanità.

Un'attività importante che permette il miglioramento delle tecnologie è quella che avviene essenzialmente attraverso un apprendimento ottenuto con il fare e che è generalmente indicato con il termine inglese "Learning by Doing" abbreviato con LbyD. Con lo sviluppo delle conoscenze scientifiche si è affermato negli ultimi secoli anche un'altra attività molto efficace per far nascere nuove tecnologie e che si chiama "Ricerca & Sviluppo", abbreviata con R&S, e che è alla base del grande sviluppo tecnologico degli ultimi decenni. In linea generale l'attività di R&S per un'innovazione tecnologica (tecnologia nascente) precede la fase di LbyD di ottimizzazione della tecnologia nella sua applicazione pratica.

Il processo di accrescimento del numero di tecnologie esistenti è accompagnato non solo dall'affermarsi di nuove tecnologie ma anche dalla sostituzione di tecnologie esistenti che diventano obsolete. Questo processo avviene nel quadro del cosiddetto *ecosistema tecnologico* ed è accompagnato da fenomeni di competizione e cooperazione che provocano la scomparsa di vecchie tecnologie e l'apparizione di nuove. Ad esempio la tecnologia dell'automobile ha sostituito quella del cavallo nel trasporto umano. Accanto alla sparizione dell'uso del cavallo, sconfitto nella competizione, sono sparite anche molte tecnologie associate come quella del maniscalco o della posta per il rifornimento di cavalli. D'altra parte lo sviluppo della tecnologia dell'automobile ha portato allo sviluppo di altre tecnologie cooperanti con quella dell'automobile come quella della produzione di benzina, dei motel autostradali e delle officine di riparazione.

3. EFFICIENZA DELLE TECNOLOGIE

L'efficienza di una tecnologia si può considerare come il suo grado di competitività nell'ecosistema tecnologico. Una definizione precisa di efficienza di una tecnologia è un argomento complesso poiché essa dipende dal tipo di attività umana coinvolta, basti pensare all'importanza quasi esclusiva degli aspetti tecnici nella definizione di efficienza di una tecnologia in campo militare o spaziale e perfino scientifico. Nel campo industriale l'aspetto economico e di mercato delle tecnologie diventa importante e si può dire che l'efficienza di una tecnologia dipende in effetti dalla competitività che i prodotti o i servizi corrispondenti hanno sul mercato. Noi ci limiteremo qui per semplicità a discutere l'efficienza di tecnologie sviluppate in campo industriale per le quali è possibile effettuare valutazioni di natura economica come nel caso tipico di un miglioramento di una tecnologia di produzione ad esempio attraverso un'attività di LbyD. Per questo scopo è utile considerare come generalmente l'economia vede la tecnologia in termini microeconomici nel quadro del cosiddetto "piano di produzione". Consideriamo un diagramma cartesiano xy dove sull'asse delle x è riportato l'*input* dei fattori di produzione. Questi fattori possono essere costituiti da materie prime, semilavorati, manodopera, capitali ecc. come pure fattori manageriali e organizzativi che, attraverso una tecnologia, indicata con la lettera A , permettono di produrre un *output* di prodotto indicato sull'asse delle y . Se tutti i fattori di produzione possono essere tradotti in costi essi formeranno un costo totale l necessario per produrre la quantità q di prodotto. Il punto P del grafico xy rappresentato nella Fig. 1 e corrispondente alle coordinate l_1, q_1 rappresenta il piano di produzione P che utilizza la tecnologia A per produrre una quantità di prodotto q_1 con il costo di produzione l_1 . Il costo unitario c_1 del prodotto sarà dato da:

$$c_1 = l_1/q_1 \quad (1)$$

Sul piano industriale è comune considerare che una tecnologia è tanto più efficiente quanto più basso risulta il costo unitario di produzione e quindi è naturale definire come efficienza θ_A della tecnologia A , riferita al piano di produzione P , il rapporto che rappresenta l'inverso del costo unitario:

$$\theta_A = q_1/l_1 \quad (2)$$

Se ora immaginiamo un piano di produzione che preveda una quantità più grande di prodotto, essa necessiterà una quantità di fattori di produzione con un costo normalmente più grande ma non necessariamente proporzionale poiché ad esempio effetti di economia di scala potrebbero ridurre il bisogno di l rispetto al valore proporzionale, ne segue che il valore di costo unitario c risulterebbe più piccolo pur utilizzando la stessa tecnologia. In altri casi particolari al contrario il bisogno di l potrebbe essere invece maggiore rispetto al valore proporzionale aumentando così il costo unitario c . L'efficienza θ risulterebbe quindi variabile per una stessa tecnologia in funzione della q prodotta.

Per ovviare a questo problema si può allora ricorrere a una funzione π che rappresenta il profitto aziendale del prodotto che risulterà funzione non solo di c il costo unitario ma anche di un valore di q indicato con q^* che minimizza il costo unitario c :

$$\pi = f(q^*, c) \quad (3)$$

Il valore del profitto aziendale π , che tiene conto anche dei livelli di produzione, può quindi rappresentare in maniera più generale l'efficienza di una tecnologia. Per evitare comunque di considerare gli andamenti complessi della funzione (3) noi continueremo per semplicità a considerare il valore θ definito precedentemente come efficienza di una tecnologia tenendo conto che ciò significa paragonare un'efficienza riferita sempre a uno stesso piano di produzione.

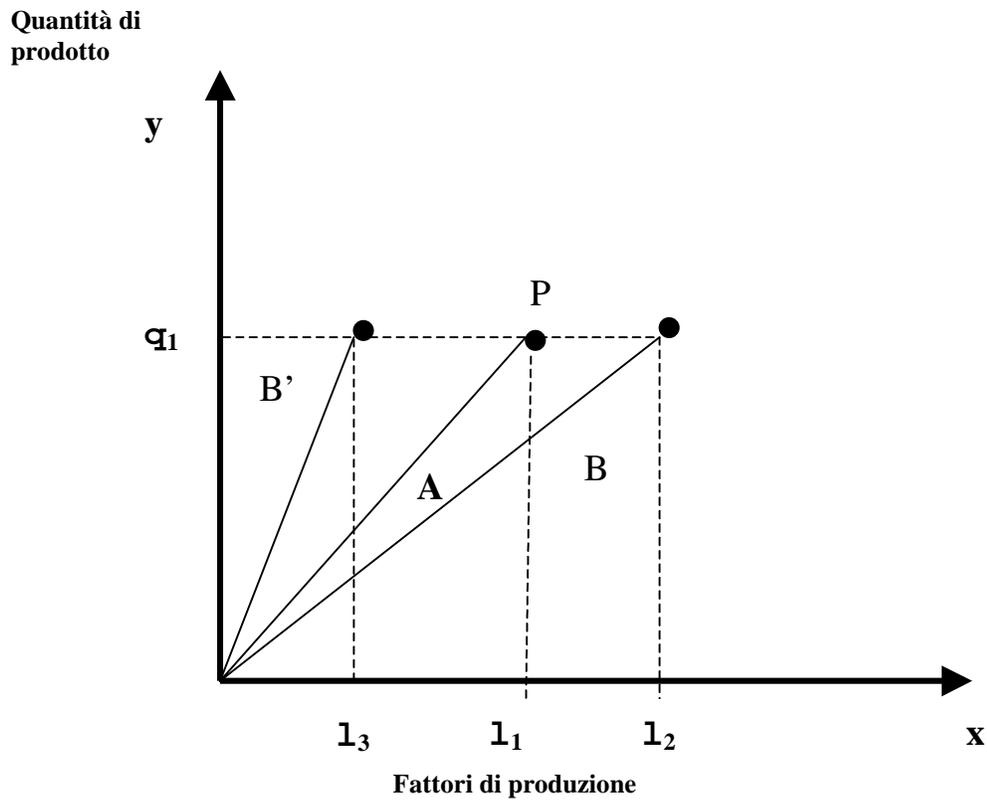


Fig. 1. Rappresentazione del piano di produzione

Consideriamo ora una seconda tecnologia di produzione B che risulta meno efficiente di A. In questo caso θ_B sarà inferiore a θ_A e per produrre la stessa quantità di prodotto q_1 saranno necessari fattori di produzione con un costo l_2 maggiore come si può vedere nella Fig. 1. Da un punto di vista economico quindi la tecnologia da scegliere è la A poiché risulta la meno costosa, ciò però non è necessariamente vero da un punto di vista tecnologico. Infatti, se la tecnologia B, a differenza di A, è recente, essa può avere possibili miglioramenti dovuti a un ben conosciuto fenomeno detto di “apprendimento” che, attraverso un’attività di LbyD, riesce a ridurre i costi unitari di produzione. La curva che esprime questa riduzione dei costi nel tempo è chiamata “curva di apprendimento”, in inglese “learning curve”, e sarà studiata più avanti discutendo in dettaglio l’attività di LbyD. Tutto questo si traduce, come si vede nella Fig. 1, in una riduzione del costo dei fattori di produzione, per una stessa quantità q_1 prodotta, a un valore l_3 inferiore e in una efficienza $\theta_{B'}$ superiore indicando con B’ la nuova situazione tecnologica più efficiente ottenuta da B attraverso l’attività di LbyD.

Bisogna infine sottolineare che le definizioni di efficienza date qui sopra possono non riflettere la competitività reale della tecnologia nell’ecosistema poiché possono intervenire altri fenomeni legati alla competizione sui mercati, effetti di lock-in che studieremo più avanti, ecc. che modificano il valore reale di efficienza al di là delle considerazioni puramente dei costi di produzione esistenti nelle definizioni di efficienza fatte precedentemente.

4. RICETTE TECNOLOGICHE

Finora abbiamo discusso di tecnologie essenzialmente in termini di sequenze di operazioni, tuttavia sappiamo che ogni operazione è poi caratterizzata da un insieme di istruzioni e che quindi una tecnologia usata nella realtà risulterà definita non solo dalla sequenza di operazioni ma anche dalla scelta di un’istruzione precisa dall’insieme delle istruzioni possibili per ogni operazione. Risulta così evidente che ogni tecnologia può presentarsi nella realtà in moltissime forme che si differenziano tra di loro essenzialmente per delle differenze nelle istruzioni. Per essere allora più precisi chiamiamo ogni possibile configurazione scelta per le istruzioni da usare per realizzare una certa tecnologia “ricetta tecnologica” o “ricetta di produzione” in inglese “production recipe”. *Una ricetta tecnologica rappresenta quindi una lista completa di istruzioni per un certo numero di operazioni in sequenza necessarie per produrre un certo output di prodotto q a partire da un input di fattori di produzione con costo l ed è in generale indicata con la lettera ω . Le istruzioni possono essere sia qualitative, come ad esempio scegliere tra l’uso di un nastro trasportatore o di un montacarichi, ovvero quantitative, come ad esempio la scelta di una temperatura di riscaldamento. In ogni caso è utile considerare la scelta sempre discreta e, ad esempio, scegliere una temperatura significa quindi eseguire un certo numero di scatti di una manopola o fissare una certa temperatura su uno schermo attraverso opportuni tocchi su una tastiera di un termoregolatore. Mentre le operazioni possono essere di vario tipo, le istruzioni sono specifiche di ogni operazione e le scelte delle istruzioni possono essere identificate semplicemente da un numero 0, 1, 2, 3... fino al numero totale di istruzioni che possono essere utilizzate per una data operazione.*

Consideriamo una tecnologia caratterizzata da un numero N di operazioni, una qualsiasi ricetta ω_i può essere rappresentata da un insieme:

$$\omega_i = \{ \omega_i^1, \dots, \omega_i^j, \dots, \omega_i^N \} \quad (4)$$

dove ad esempio ω_i^j rappresenta una delle istruzioni dell'insieme di istruzioni possibili per l'operazione j e dove j può variare da 1 a N . Assumiamo ora che per ogni operazione l'insieme delle possibili istruzioni sia discreto ed eguale a S in maniera che si possa stabilire:

$$\omega_i^j \in \{0, 1, \dots, S-1\} \quad (5)$$

dove S è un numero intero positivo. Ogni operazione ω_i^j della ricetta di produzione ω_i può dunque occupare uno degli S stati. L'assegnamento specifico degli stati ad ogni operazione di una ricetta tecnologica è denominato "configurazione". L'insieme di tutte le ricette possibili (configurazioni) ottenute permutando gli S stati delle N operazioni è indicato con la lettera Ω . Se si effettua un'assunzione semplificante per la quale il numero S degli stati è lo stesso per tutte le operazioni avremo che il numero degli elementi (ricette tecnologiche) $\#\Omega$ dell'insieme Ω è dato da:

$$\#\Omega = S^N \quad (6)$$

L'insieme Ω può essere considerato vicino a quanto si intende comunemente per tecnologia. *Una tecnologia può quindi essere considerata l'insieme delle possibili ricette tecnologiche ottenute combinando in tutti i vari modi possibili le istruzioni delle operazioni che caratterizzano la stessa tecnologia.* Una tecnologia sarà differente da un'altra se almeno un tipo di operazione ovvero la sua posizione nella sequenza temporale che la caratterizza è differente.

Ad ogni configurazione delle ricette tecnologiche si avrà una corrispondente efficienza θ che potrà variare secondo la validità delle istruzioni corrispondenti. Ogni operazione contribuirà, a seconda dell'istruzione utilizzata, alla formazione del valore di θ della ricetta attraverso il suo costo specifico di operazione. Indicando con ϕ questo contributo, l'efficienza θ della ricetta ω_i sarà quindi data dalla somma dagli N contributi delle sue varie operazioni. In linea generale il contributo ϕ_i^j dell' j -esima operazione non dipenderà solo dalla scelta della istruzione che caratterizza questa operazione ω_i^j ma anche dalla scelta delle istruzioni che caratterizzano le altre operazioni per una configurazione data e che indicheremo come ω_i^{-j} . Avremo quindi in generale che:

$$\phi_i^j = f(\omega_i^j, \omega_i^{-j}) \quad (7)$$

In conclusione l'efficienza θ della ricetta ω_i sarà data dalla sommatoria:

$$\theta(\omega_i) = 1/N * \sum \phi_i^j = 1/N * \sum f(\omega_i^j, \omega_i^{-j}) \text{ per } j=1 \text{ fino a } j=N \quad (8)$$

5. RAPPRESENTAZIONE DELLE TECNOLOGIE

Abbiamo visto precedentemente come una tecnologia possa essere rappresentata come una sequenza di operazioni ciascuna caratterizzata da un insieme di istruzioni. La sequenza temporale con cui si eseguono le operazioni di una tecnologia è altrettanto importante quanto le istruzioni che si seguono per applicarla. Abbiamo anche detto che operazioni dello stesso tipo devono essere considerate separatamente se queste avvengono in posizioni differenti nella sequenza temporale. In effetti è possibile immaginare una tecnologia che sia composta da un solo tipo di operazione che però è ripetuta in sequenza con delle istruzioni differenti. Inoltre dobbiamo prendere in considerazione il fatto che le varie operazioni non solo si seguano in sequenza nel tempo ma che in certi casi possano essere eseguite anche parallelamente. La rappresentazione di una tecnologia può quindi presentarsi piuttosto complessa. Dal punto di vista matematico una tecnologia si può rappresentare utilizzando la Teoria dei Grafi. In questo caso le varie operazioni sono rappresentabili da archi, orientati in senso temporale, che si susseguono in serie o parallelamente unendo tutti i punti del grafo. Questa rappresentazione è del tutto analoga a quella che si usa per schematizzare i vari compiti di un progetto usando metodi di gestione come il PERT. A differenza del PERT in cui le operazioni sono caratterizzate dal loro tempo probabile di esecuzione, nel caso della tecnologia esse sono caratterizzate dal numero di istruzioni utilizzabili mentre il tempo dell'operazione è funzione dell'istruzione scelta per quella particolare operazione e può essere funzione anche di altre istruzioni scelte per le altre operazioni. In questo tipo di rappresentazione ad ogni operazione può corrispondere quindi un solo tipo di istruzione. Quando si analizza in questo modo una tecnologia di una certa complessità, essa ci appare dapprima come un insieme di operazioni principali che comprendono a loro volta degli insiemi di operazioni secondarie. Le operazioni principali appaiono quindi caratterizzate normalmente da più tipi di istruzioni. Per poter rappresentare una tecnologia secondo il modo esposto è necessario quindi dettagliare le operazioni fino a uno stadio in cui ad ogni operazione corrisponda un solo tipo di istruzione.

6. PAESAGGIO TECNOLOGICO

Per descrivere cosa è un "Paesaggio Tecnologico" occorre anzitutto definire cosa si intende per distanza tra ricette tecnologiche ω appartenenti all'insieme Ω discusso precedentemente. Questa distanza non è basata sulla misura dell'efficienza ma piuttosto sulla similitudine tra le ricette. *Si intende per distanza d tra due ricette ω e ω' il minimo numero di istruzioni che devono essere cambiate nella configurazione per rendere ω identica a ω' .* Poiché queste operazioni sono simmetriche avremo che:

$$d(\omega, \omega') = d(\omega', \omega) \quad (9)$$

Un'altra importante definizione per la descrizione del Paesaggio Tecnologico è quella di "insieme di vicini" N . Esso rappresenta l'insieme delle configurazioni ω' esistenti a una certa distanza fissata dalla ricetta ω . Considerando una distanza δ l'insieme dei vicini sarà dato da:

$$N_\delta(\omega) = \{\omega' \in \Omega \mid d(\omega, \omega') = \delta\} \quad (10)$$

Essendo δ un numero intero $\in \{1, \dots, n\}$. E' facile a questo punto costruire un grafico Γ detto "Grafico Tecnologico" costituito dall'insieme V dei nodi rappresentanti le varie ricette ω alle varie distanze d e da un insieme di spigoli E che connettono le varie ricette dell'insieme V che si trovano alla distanza

$d = 1$. Si può dimostrare che, dato un insieme Ω contenente ricette con N operazioni ognuna caratterizzata da un numero S di stati (istruzioni) uguale, il numero di vicini $\#N$ che si trovano alla distanza $d = 1$ è dalla ricetta ω_i è dato da:

$$\#N_1(\omega_i) = (S - 1)N \quad (11)$$

Questo numero rappresenta anche la “dimensionalità” del Grafico Tecnologico. Se adesso ai nodi del Grafico Tecnologico Γ che rappresentano le varie ricette associamo anche il corrispondente valore di efficienza θ avremo un nuovo grafico L che è chiamato “Paesaggio Tecnologico”.

Un Paesaggio Tecnologico è quindi una rappresentazione grafica dell’insieme delle ricette tecnologiche di una tecnologia Ω e del loro valore rispettivo di efficienza.

Un altro aspetto importante di un Paesaggio Tecnologico è rappresentato dalla cosiddetta “struttura di correlazione”. *Essa rappresenta una misura del grado di quanto le ricette tecnologiche vicine nel paesaggio possiedono valori di efficienza θ simili.* Se tutte le efficienze sono simili il Paesaggio Tecnologico apparirà “piatto” o quasi, se invece le efficienze sono molto differenti il Paesaggio Tecnologico apparirà molto “rugoso” e “frastagliato”. Come abbiamo già visto l’efficienza di una particolare ricetta tecnologica non è semplicemente la sommatoria dell’efficienza parziale di ciascuna operazione poiché questa efficienza parziale dipende in generale anche dallo stato delle istruzioni di tutte o parte delle altre operazioni come espresso nell’equazione (8). Senza entrare in merito nei calcoli necessari a determinare la struttura di correlazione attraverso l’influenza delle interazioni possibili tra le varie istruzioni delle operazioni sulla determinazione dell’efficienza di una tecnologia, possiamo però dare un’indicazione sui risultati che si sono ottenuti attraverso delle simulazioni su computer:

- Se le operazioni non si influenzano tra di loro, la struttura risulta altamente correlata e il paesaggio sarà in gran parte pianeggiante con la presenza di un solo “picco” che rappresenterà il singolo valore ottimale di efficienza nel paesaggio.
- Se le operazioni sono poco influenzate tra di loro la struttura risulta ancora altamente correlata e il paesaggio sarà pianeggiante con la presenza di “pochi picchi” di efficienza, spesso raggruppati tra di loro (cluster), corrispondenti a ricette di produzione che hanno tutte un valore ottimale di efficienza (optimum locali).
- Se le operazioni si influenzano molto tra di loro il paesaggio risulterà molto rugoso e frastagliato con la presenza di moltissimi “picchi” ovvero moltissimi casi di ricette che hanno efficienze ottimali locali.

Si è inoltre trovato che tanto più il paesaggio è rugoso e poco correlato tanto più le efficienze relative dei “picchi” si assomigliano mentre in un paesaggio poco rugoso con cluster di “picchi” questi tendono ad avere efficienze relative più differenziate del caso precedente. La forma del Paesaggio Tecnologico, pur se compresa in maniera solo indicativa, è molto importante per spiegare molti fenomeni evolutivi delle tecnologie e in particolare il processo di innovazione tecnologica descritto più avanti.

7. DEFINIZIONE DI INNOVAZIONE TECNOLOGICA

Prima di affrontare la definizione di Innovazione Tecnologica dal punto di vista del Paesaggio Tecnologico è bene riassumere alcune conseguenze del modello generale di tecnologia descritto precedentemente sul piano pratico. Come abbiamo visto una tecnologia può essere definita come una sequenza di operazioni caratterizzate ciascuna da un insieme di istruzioni discrete possibili. Una ricetta tecnologica è definita come una sequenza di operazioni per le quali si è fatta una scelta precisa di istruzioni che danno in questo modo una configurazione specifica alla ricetta. L'insieme di tutte le possibili ricette tecnologiche ottenibili combinando le varie scelte di istruzioni per le operazioni costituisce per definizione una tecnologia. Una tecnologia sarà quindi differente da un'altra se esiste almeno un tipo di operazione differente ovvero la sua posizione nella sequenza sia differente ma non lo sarà nel caso in cui siano differenti solo le istruzioni. In quest'ultimo caso è la ricetta tecnologica e non la tecnologia ad essere differente. Una prima conseguenza è che a seguito di questa possibile variabilità delle ricette nella grande maggioranza dei casi si osserva che non esistono ad esempio impianti di produzione che, pur adottando la stessa tecnologia, hanno anche la stessa identica ricetta di produzione. Le ragioni di questo possono essere molteplici: prima di tutto gli impianti non sono necessariamente nati allo stesso tempo e hanno probabilmente avuto evoluzioni diverse dovute al diverso lavoro di LbyD alla ricerca della ricetta ottimale. D'altra parte le condizioni dei fattori di produzione possono essere differenti tra un impianto e l'altro e questo può portare a configurazioni ottimali differenti; infine occorre osservare che spesso in pratica differenti ricette di produzione possono portare a leggere differenze nel prodotto che però, nella maggior parte dei casi, non danno conseguenze sul mercato del prodotto stesso.

Come abbiamo visto precedentemente l'attività di LbyD tende a modificare le configurazioni delle ricette tecnologiche alla ricerca di condizioni ottimali. Questo avviene nella maggior parte dei casi attraverso prove od errori casuali che avvengono sugli impianti. In linea generale se la modifica delle istruzioni porta a un miglioramento dell'efficienza si adotta la nuova ricetta, se invece si ha un peggioramento si ritorna alla vecchia ricetta rifacendo poi eventualmente altri tentativi che naturalmente tengono conto dell'esperienza passata. Dal punto di vista del Paesaggio Tecnologico *il processo di LbyD che porta verso la formulazione di ricette tecnologiche ottimali può essere rappresentato da un percorso esplorativo nel paesaggio che, di ricetta in ricetta, arriva su un "picco ottimale"*. In questa posizione qualsiasi cambiamento di ricetta porterebbe a una riduzione di efficienza.

Questo discorso è valido per un Paesaggio Tecnologico strutturalmente molto correlato che, come abbiamo visto precedentemente, possiede un solo o pochi picchi ottimali. Se le operazioni della tecnologia si influenzano molto tra di loro da un punto di vista dei costi abbiamo nel Paesaggio Tecnologico molti "picchi" ed *il raggiungimento di uno di questi costituisce solo il raggiungimento di un valore ottimale locale di efficienza*. Infatti facendo un'esplorazione di ricette a distanza relativamente elevata potremmo ritrovare in questo tipo di paesaggio altri "picchi" di efficienza ottimale locale più o meno elevati rispetto a quello di partenza. Questo fatto spiega come nella pratica due ricette di produzione anche molto differenti possano essere ambedue economicamente efficienti mentre spesso ricette poco differenti possano presentare forti differenze nel costo di produzione.

L'Innovazione Tecnologica non è rappresentata solo dall'attività di LbyD ma comprende generalmente anche l'attività di R&S che porta non solo a miglioramenti della tecnologia in termini di ricette tecnologiche ma anche a cambiamenti di tecnologia e cioè a nuove combinazioni di operazioni e non solo di istruzioni differenti. In questo caso ogni cambiamento nel tipo o sequenza delle operazioni

corrisponde a un cambiamento di tecnologia che sarà rappresentata da un nuovo Grafico e quindi da un nuovo Paesaggio Tecnologico. L'attività di R&S corrisponde quindi per un certo tempo a un lavoro di esame comparativo di efficienze di ricette corrispondenti a varie tecnologie, e quindi a varie combinazioni di operazioni, seguito da una selezione di una tecnologia sulla quale si dovrà sviluppare la ricerca di una ricetta ottimale. Dal punto di vista del Paesaggio Tecnologico, una volta selezionata la tecnologia da sviluppare, si avrà una posizione iniziale probabilmente ancora lontana, in termini di efficienza, da una situazione ottimale e la necessità di condurre un lavoro per la sua ricerca in maniera di raggiungere una posizione eventualmente competitiva rispetto alle tecnologie convenzionali concorrenti. All'inizio del lavoro di ricerca potranno essere considerate combinazioni di istruzioni anche molto differenti tra di loro saltando nel Paesaggio Tecnologico anche tra punti molto distanti tra di loro per trovare quelle che sembrano più adatte e poi indirizzarsi in un lavoro di sintonizzazione di istruzioni delle varie operazioni a corta distanza alla ricerca della ricetta tecnologica ottimale che alla fine può avvenire attraverso un'attività di LbyD sull'impianto industriale *L'Innovazione Tecnologica può quindi essere considerata composta da un lavoro iniziale di ricerca e selezione di una combinazione di operazioni ottimale seguito da un percorso esplorativo in termini di istruzioni nel Paesaggio Tecnologico di questa combinazione di operazioni che conduce verso un "picco" corrispondente a una ricetta tecnologica ottimale.*

Un problema interessante che ci si può porre nel campo dell'esplorazione del Paesaggio Tecnologico è quello di sapere se esiste una distanza ottimale di ricerca di una ricetta ottimale in funzione del valore di efficienza relativa di partenza. Studi di simulazione effettuati su calcolatore hanno dimostrato che se l'efficienza relativa della ricetta di partenza è alta conviene ricercare la ricetta ottimale a distanze ravvicinate. Se invece l'efficienza relativa della ricetta di partenza è bassa conviene ricercare la ricetta ottimale a grandi distanze.

Altre considerazioni possono poi essere fatte riguardo il processo di esplorazione nel Paesaggio Tecnologico. Per quanto riguarda il LbyD abbiamo visto che esso può avere un carattere prevalentemente casuale ferma restando l'influenza dell'esperienza passata sulla scelta del percorso. Nel caso della R&S entrano invece prevalentemente in gioco le conoscenze scientifiche che servono a indicare operazioni innovative e a trovare condizioni di istruzioni ottimali per la nuova tecnologia. Possiamo quindi affermare che *il processo di selezione della combinazione di operazioni ottimale e di esplorazione nel Paesaggio Tecnologico per lo sviluppo di un'Innovazione Tecnologica avviene all'inizio con l'aiuto prevalente delle conoscenze scientifiche e verso la fine con una prevalenza di ricerche casuali aidate dall'esperienza.* Da questo punto di vista si può osservare una netta distinzione tra la Tecnologia, come attività che evolve attraverso l'Innovazione Tecnologica, e la Scienza, come attività che mette a disposizione conoscenze scientifiche per l'innovazione. In definitiva lo sviluppo della Scienza negli ultimi secoli ha permesso la messa a disposizione di una grande quantità di conoscenze scientifiche che hanno catalizzato a loro volta un grande sviluppo delle tecnologie che fino allora erano obbligate a svilupparsi solamente attraverso processi casuali e sulla base dell'esperienza.

8. LEGGE DI WRIGHT SUL LEARNING BY DOING

Il Learning by Doing è un'attività essenziale nel caso di industrializzazione, trasferimento o semplicemente utilizzazione di una tecnologia poiché permette di trovare ricette di produzione ottimali che possono ridurre sensibilmente i costi di produzione. Benché il LbyD esista da sempre come attività umana ed anzi ha costituito dall'inizio della civiltà la sola forma di sviluppo tecnologico prima che la scienza e le conoscenze scientifiche permettessero di accelerare in maniera straordinaria e in altro modo questo sviluppo, la sua esistenza e influenza economica venne però riconosciuta solo negli anni 30 da T.P. Wright che, studiando l'industria della componentistica aeronautica, pubblicò nel 1936 un lavoro che presentava una legge empirica su questo fenomeno che ha preso il suo nome. Negli anni 60, un economista americano e Premio Nobel Kenneth Arrow ne rilevava poi l'importanza anche a livello macroeconomico.

Per definire la Legge di Wright sul LbyD occorre riconsiderare il diagramma dei piani di produzione già presentato nella Fig.1. In un impianto la produzione fatta può essere considerata come la somma della produzione realizzata da una serie temporale di piani di produzione successivi a partire da un primo piano, corrispondente a un costo dei fattori di produzione unitario l_0 , fino al piano corrente, con il costo unitario l_t . Questo piano precede a sua volta i piani con costi corrispondenti l_{t-1} , l_{t-2} , ecc. A questi corrispondono poi le quantità di prodotto q_0 , q_t , q_{t-1} , ecc. come rappresentato nella Fig. 2. Se ora indichiamo con Y il totale della produzione definita come:

$$Y_{t-1} = \sum q_i \text{ per } q_1 = q_0 \text{ fino a } q_t = q_{t-1} \quad (12)$$

Possiamo scrivere la seguente equazione:

$$l_t = a Y_{t-1}^{-b} \quad (13)$$

che rappresenta la Legge di Wright dove a è una costante e b un coefficiente chiamato di "apprendimento" ambedue rappresentati da un valore positivo. La Legge di Wright può essere scritta anche in forma logaritmica come:

$$\log l_t = \log a - b \log Y_{t-1} \quad (14)$$

Si definisce inoltre "grado di progresso" (progress rate) il coefficiente p definito come:

$$p = 2^{-b} \quad (15)$$

ovvero:

$$b = -\log_2 p \quad (16)$$

In pratica, quando una produzione Y è raddoppiata, la percentuale di riduzione del costo unitario l corrispondente sarà data, per la Legge di Wright, da: $1 - p$. D'altra parte più elevato è il coefficiente b e più rapida è la riduzione dei costi unitari l .

**Quantità di
prodotto**

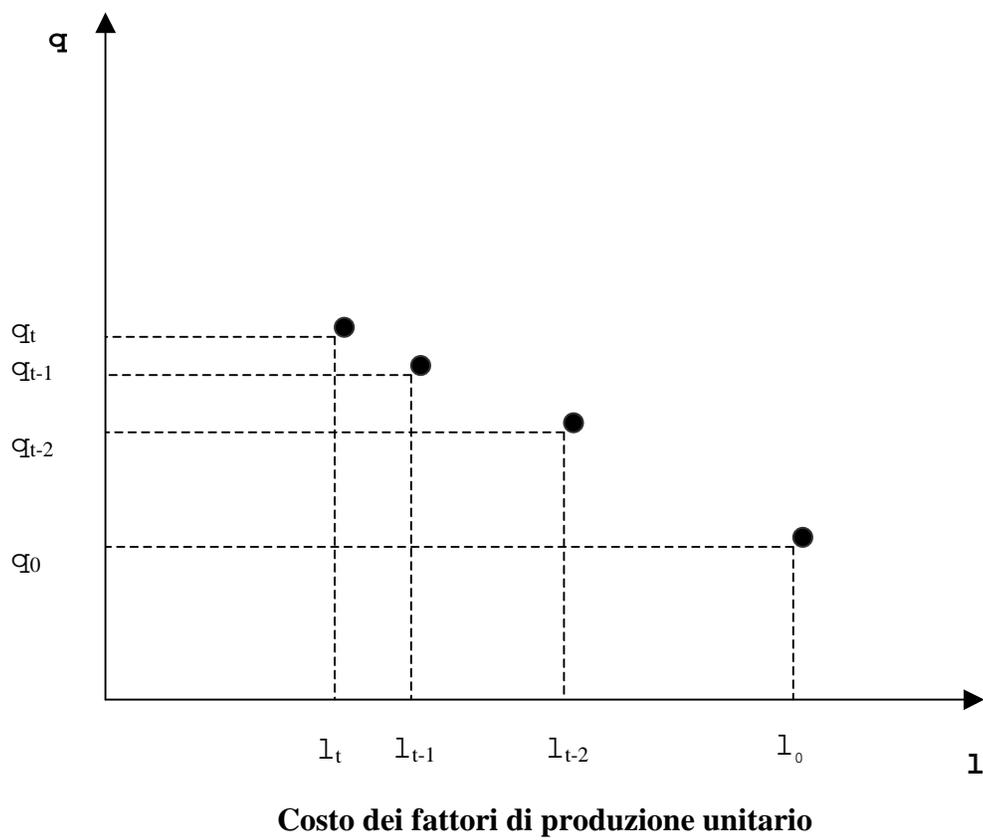


Fig. 2. Rappresentazione dell'attività di learning by doing

Nella Tabella 1 abbiamo riportato alcuni valori di b e p caratteristici di varie industrie calcolati in studi su vari settori industriali e del loro grado di correlazione con la Legge di Wright. Si può notare nella Tabella 1 che per la maggior parte dei settori industriali studiati si ha un grado di progresso p dell'ordine dell'80% che ha comportato una riduzione dei costi unitari l dell'ordine del 20%. Inoltre, quasi la metà dei casi studiati presentano coefficienti di correlazione con la legge superiori a 0,9 e solo in un caso il coefficiente è nettamente basso e pari a 0,47. D'altra parte si noti come il coefficiente di apprendimento b sia più elevato per settori industriali con un alto grado di innovazione dovuto alla R&S come i semiconduttori, il nucleare e il chimico rispetto a settori tradizionalmente meno innovativi come il tessile o le fabbricazioni metalliche.

Benché, come si può vedere dalla Tabella 1, a grandi linee la Legge di Wright è stata dimostrata valida per vari settori industriali, un esame più dettagliato dei dati disponibili da vari studi mostra alcune deviazioni tipiche. In particolare, se si esamina l'andamento del logaritmo dei costi unitari l con il logaritmo del numero di batch (cumulativo della produzione q), si osserva spesso la formazione di plateaux come riportato nella Fig. 3. Questi plateaux corrispondono a periodi di tempo in cui non si osserva nessun progresso nella riduzione del costo di produzione. Se si considera, non un impianto specifico, ma un intero settore industriale, questi plateaux tendono però a scomparire. Un'altra deviazione osservata, che permane anche nel caso di studi di interi settori industriali, riguarda la linearità che la Legge di Wright prevede tra il logaritmo del costo unitario l ed il logaritmo del numero di batch (cumulativo della produzione q) come dall'equazione (20). Nella realtà si osserva spesso che i valori di l sono all'inizio (primi batch) più bassi della retta per divenire, con l'aumento del numero di batch, più alti e infine di nuovo più bassi per alti numeri di batch formando una specie di S che si sviluppa attorno alla retta come riportato nella Fig. 4. In altre parole è come se il miglioramento di l a seguito dell'attività di LbyD avvenisse in tre fasi in un processo all'inizio lento per diventare poi veloce e quindi ritornare lento. Occorre notare che risultati ottenuti recentemente su modelli che simulano l'attività di LbyD come ricerca casuale di una ricetta di tecnologia ottimale nel Paesaggio Tecnologico sono stati in grado di riprodurre questo tipo di deviazione nella forma in cui è normalmente osservata nella realtà.

TABELLA 1. Legge di Wright applicata a vari settori industriali

Settore Industriale	Grado di progresso medio p in %	Coefficiente di apprendimento medio b	N° di casi studiati	Coefficiente di correlazione R2	Tipo di misura del costo	Riferimento
Semiconduttori	79	0,34	42	0,77	prezzo	Gruber (1994)
Semiconduttori	75	0,41	127	0,95	prezzo	Webbink (1977)
Semiconduttori	81	0,42	257	0,94	prezzo	Irwin et al. (1994)
Energia nucleare	73	0,46	41	N.D.	costo totale	Zimmerman (1982)
Processi chimici	77	0,38	300	N.D.	valore aggiunto	Lieberman (1987)
Prodotti metallici	90	0,15	200	0,47	valore aggiunto	Didley (1972)
Tessile (iuta)	94	0,09	243	0,82	valore aggiunto	Kibria et al. (1985)
Strumenti musicali	89	0,17	78	0,95	ore di lavoro	Baloff (1971)
Ricami	77	0,37	33	0,94	ore di lavoro	Baloff (1971)
Diamanti	93	0,10	212	0,70	ore di lavoro	Levhari et al. (1973)
Fabbricazioni	89	0,17	438	0,75	valore aggiunto	Sheshinski (1967)
Fabbricazioni	98	0,03	1281	0,81	ore di lavoro	Bahk et al. (1993)
Veicoli industriali	91	0,14	99	0,98	ore di lavoro	Epplé et al. (1991)

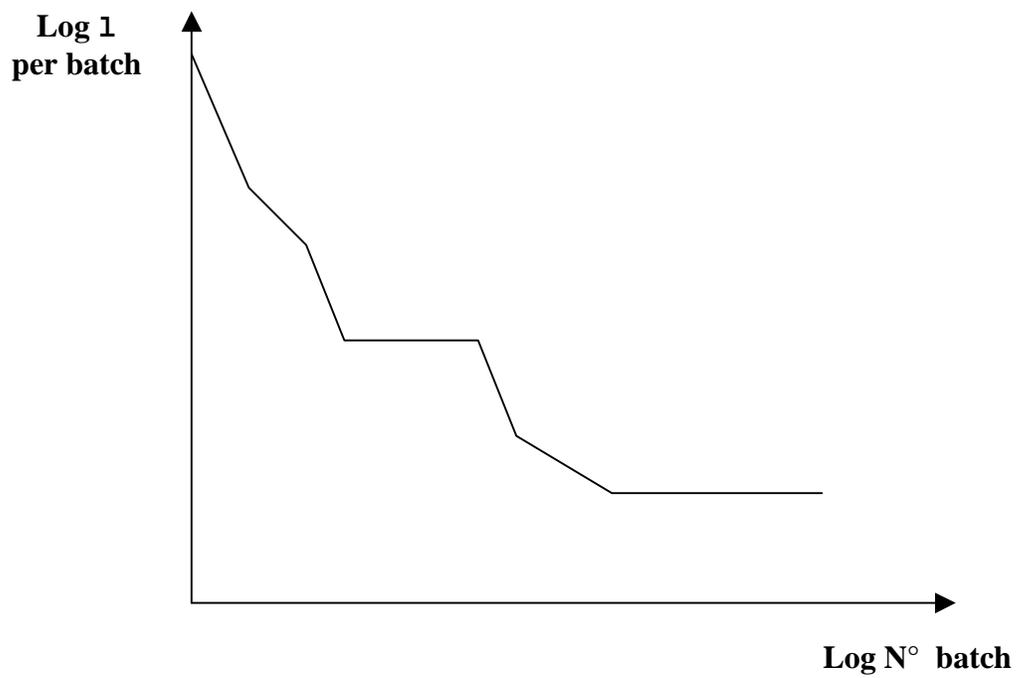


Fig. 3. Fenomeno di formazione di plateaux

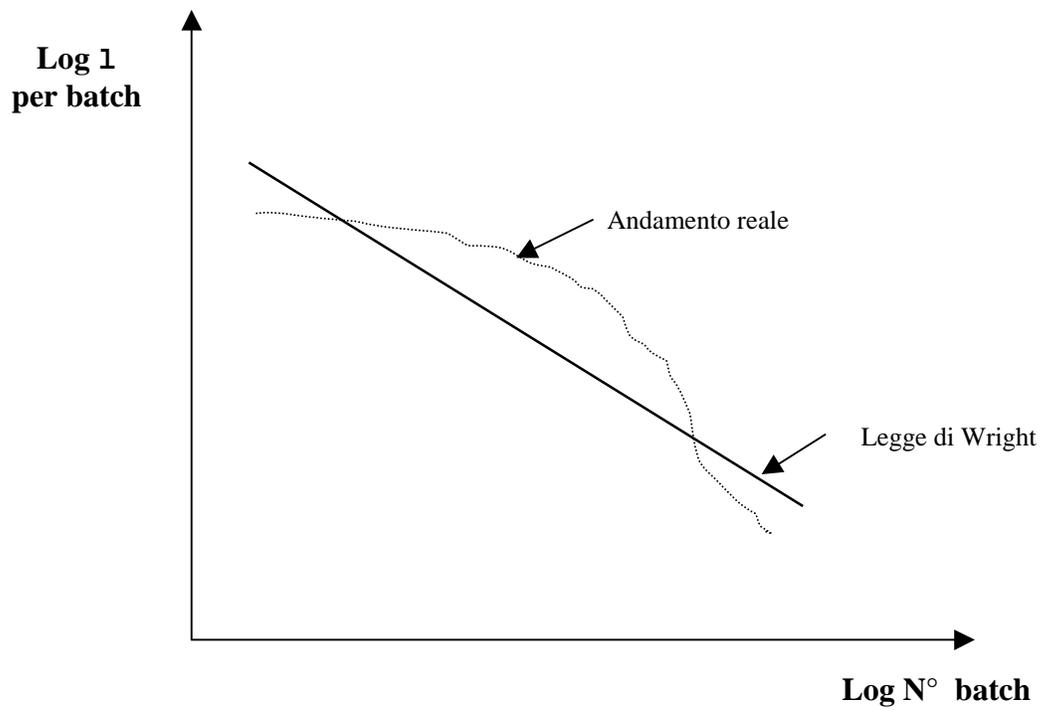


Fig. 4. Deviazione dalla Legge di Wright

9. DEFINIZIONE DI RICERCA & SVILUPPO

Correntemente per Ricerca & Sviluppo (R&S) si intende un'attività tipicamente industriale che permette di sviluppare, attraverso studi e ricerche, un'innovazione tecnologica. Nella Pag. 20 abbiamo riportato alcune definizioni correnti della R&S che possiamo trovare nel campo del management e su una moderna enciclopedia.

Definendo la tecnologia come una sequenza di operazioni, caratterizzate ciascuna da un insieme di istruzioni, la R&S può essere considerata come un'attività di combinazione di operazioni e sintonizzazione di istruzioni che portano, attraverso un percorso esplorativo nel Paesaggio Tecnologico, verso ricette di produzione ottimali che rendono competitiva la tecnologia sviluppata. Una definizione di R&S basata sul concetto di Paesaggio Tecnologico è anch'essa riportata alla Pag. 20.

La visione convenzionale ed anche più diffusa della R&S, corrisponde a quella di un processo che avviene in più fasi a partire da ricerche scientifiche di base, eventualmente orientate verso conoscenze utili per le applicazioni studiate, verso lo sviluppo industriale dell'innovazione. Questa visione, nata negli anni 70, è fatta risalire correntemente a un rapporto dell'Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico (OCSE) di quel tempo sulla misura delle attività scientifiche e tecniche. La R&S è vista in questo modello come un processo lineare che avviene essenzialmente in tre fasi, la prima corrispondente a ricerche scientifiche di base, eventualmente orientate verso possibili applicazioni, seguita da una fase di ricerca applicata, ora chiamata in Europa più modernamente ricerca industriale, e infine da una fase di sviluppo industriale chiamata anche sviluppo precompetitivo. La Fig. 5 riporta schematicamente queste fasi del Processo di R&S secondo l'OCSE. Alla fine della fase di sviluppo industriale o precompetitivo l'innovazione tecnologica è industrializzata attraverso un'attività che non è più considerata in generale R&S. L'attività di ricerca applicata e sviluppo industriale precompetitivo è chiamata sovente in Europa, in inglese, Research and Technological Development (RTD) ovvero Ricerca e Sviluppo Tecnologico (RST).

DEFINIZIONE DI RICERCA & SVILUPPO

J.H. Dumbleton “Management of High Technology Research and Development” (1986)

Sebbene non esclusivamente confinata nell'industria, la Ricerca & Sviluppo può essere vista come il metodo principale con il quale un'azienda promuove una crescita attraverso l'innovazione tecnologica

Enciclopedia Generale De Agostini (1988)

Attività finalizzata alla messa a punto di miglioramenti o innovazioni nei prodotti di un'impresa e nella soluzione di problemi tecnici relativi alla produzione di questi prodotti nuovi o migliorati. La ricerca può implicare un certo numero di attività di ricerca di base e non solamente di ricerca applicata.

Definizione dal concetto di Paesaggio Tecnologico

Attività finalizzata allo sviluppo di una nuova tecnologia efficiente sulla base di combinazioni di operazioni e sintonizzazione di istruzioni nel quadro di un percorso esplorativo nel Paesaggio Tecnologico alla ricerca di un massimo di efficienza per la nuova tecnologia, esplorazione che avviene in parte casualmente ed in parte aiutata dalle conoscenze scientifiche.

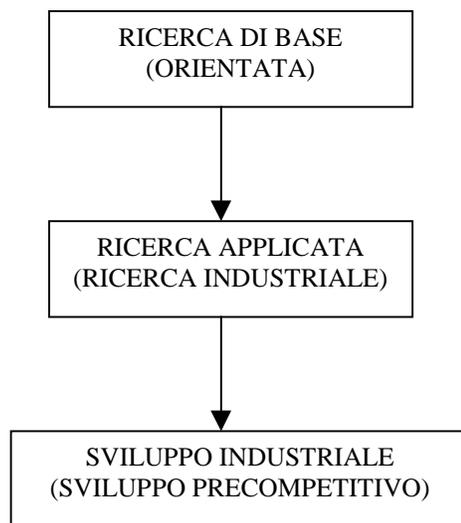


Fig. 5. Modello OCSE della Ricerca & Sviluppo

La visione convenzionale dell'OCSE della R&S come processo lineare dalla ricerca di base allo sviluppo industriale si presta a un certo numero di critiche che si possono riassumere in tre punti principali:

- *La non linearità del processo di R&S.* Molto sovente il processo di R&S è abbandonato in una delle sue fasi o continua ma con obiettivi di innovazione differenti da quelli iniziali. In altri casi il processo è ripreso dopo un certo tempo, che può essere anche molto lungo, in una o qualsiasi delle fasi di sviluppo, dalla stessa organizzazione o da altre organizzazioni che effettuano la R&S, continuando con gli stessi obiettivi od obiettivi differenti riguardo l'innovazione da sviluppare.
- *L'utilità della ricerca scientifica in ogni fase dello sviluppo dell'innovazione.* Anche se inizialmente la ricerca scientifica è molto importante per l'avvio della ricerca applicata, la sua utilità si può manifestare anche durante le fasi di ricerca applicata e sviluppo industriale.
- *La differenza del tipo di obiettivi tra la ricerca scientifica e la ricerca applicata.* Anche se spesso la ricerca applicata usa strumenti e approcci che sono gli stessi usati per la ricerca scientifica, il tipo di obiettivo dell'attività sono differenti, nel primo caso si ha come obiettivo lo sviluppo di una tecnologia efficiente da un punto di vista tecnico ed economico, nella seconda si cerca di sviluppare soprattutto conoscenze scientifiche utili a spiegare fenomeni che interessano eventualmente la tecnologia in sviluppo. La differenza negli obiettivi ha come conseguenza una differenza nei metodi di gestione ottimali da utilizzare per la ricerca applicata rispetto a quelli usati per la ricerca scientifica e quindi in definitiva una differenza di tipo di attività nel processo descritto dall'OCSE.

La visione del processo di R&S nel quadro del concetto di Paesaggio Tecnologico supera le incongruenze citate sopra e fornisce un modello generale che è in grado di spiegare molti aspetti di questo processo. Prima di tutto il processo di R&S viene incorporato nel processo più generale dell'Innovazione Tecnologica che include anche la fase di industrializzazione dell'innovazione attraverso la ricerca di una ricetta di produzione ottimale con un lavoro di LbyD sull'impianto, mentre resta esclusa la fase di ricerca di base o ricerca orientata come attività della R&S in quanto solo fornitrice di conoscenze scientifiche ma non di tecnologia vista come ricetta di produzione ottimale che rappresenta l'obiettivo dell'attività di innovazione tecnologica. Questa attività inizia con la ricerca di combinazioni di operazioni ottimali per la tecnologia innovante tipica dell'attività di R&S per terminare con un lavoro finale di esplorazione nel Paesaggio Tecnologico alla ricerca della ricetta ottimale, lavoro tipico di LbyD nella fase di industrializzazione dell'innovazione. Lo schema di questa nuova visione dell'innovazione tecnologica è riportata nella Fig. 6

Il modello così concepito riesce a spiegare facilmente la variabilità del processo di innovazione che può interrompersi, ripartire e cambiare di obiettivo nel tempo ma sempre nel quadro della ricerca delle condizioni ottimali di uso di una nuova tecnologia attraverso, a seconda dello stato di avanzamento dell'innovazione, una combinazione di operazioni ovvero sintonizzazione di istruzioni. Il tutto aiutato, in questo percorso esplorativo del Paesaggio Tecnologico della tecnologia studiata, dalle conoscenze scientifiche e da esplorazioni casuali aiutate dall'esperienza. In questo quadro *la ricerca scientifica di base orientata può essere vista come un'attività di ricerca di conoscenze scientifiche utili per l'esplorazione del Paesaggio Tecnologico di un'innovazione tecnologica.*

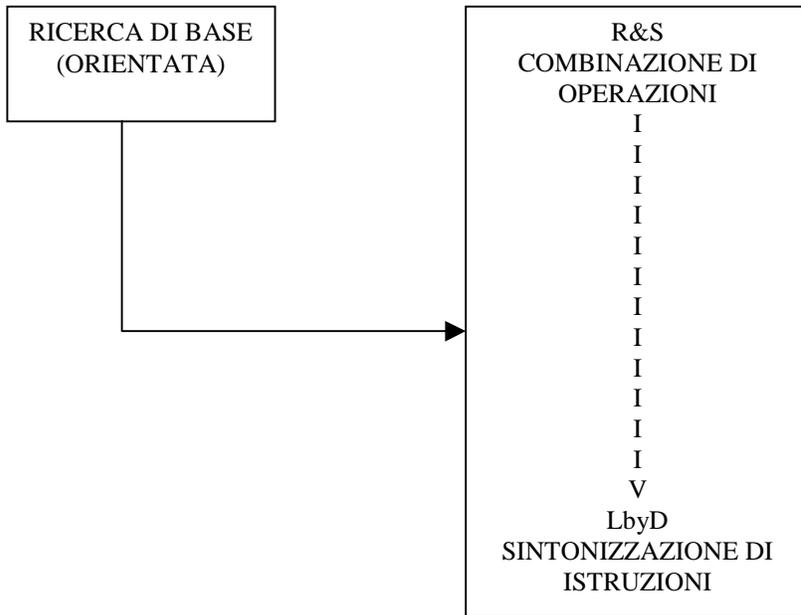


Fig. 6. Modello dell’Innovazione Tecnologica

E' da notare che storicamente lo sviluppo della tecnologia, e quindi dell'innovazione tecnologica, è avvenuta essenzialmente attraverso l'esperienza e l'esplorazione casuale del Paesaggio Tecnologico. L'avvento della Scienza e delle conoscenze scientifiche ha quindi permesso di migliorare grandemente l'efficienza dell'esplorazione del Paesaggio Tecnologico verso una ricetta ottimale indicando la direzione in cui sia più probabile trovare le condizioni ricercate. *La grande efficacia delle conoscenze scientifiche nell'esplorazione del Paesaggio Tecnologico, rispetto all'esplorazione casuale suggerita dall'esperienza, ha permesso l'enorme sviluppo tecnologico che osserviamo nell'attività umana da quando è nata la Scienza.*

Concludendo bisogna considerare infine che l'attività di R&S dipende largamente anche da fattori ambientali e di conoscenza esterni all'azienda ed è interessante notare che un'attività efficiente di R&S dipenda sia da fattori interni all'azienda, caratterizzati principalmente dai capitali, che da fattori esterni all'azienda, caratterizzati principalmente da informazioni. Dal punto di vista interno l'input di capitali reso possibile dalle attività di produzione, vendita e dei profitti che ne derivano per l'azienda permettono di ottenere, attraverso l'attività di R&S, un output di rapporti, prodotti e processi utili per l'attività di produzione e vendita. Dal punto di vista esterno l'input di informazioni provenienti da conoscenze generali, dallo stato dell'arte e dall'ambiente generale in cui opera l'azienda permettono, attraverso l'attività di R&S, di ottenere un output di brevetti, pubblicazioni e presentazioni utili a mantenere elevato il livello di disponibilità d'informazione nell'ambiente esterno all'azienda. Questa situazione può essere rappresentata dal cosiddetto doppio ciclo dell'attività di R&S riportato schematicamente nella Fig. 7. Il buon funzionamento di ambedue i cicli di capitali e informazioni è essenziale per condurre un'attività continuativa di R&S con successo. Si noti anche la possibilità che esiste di innescare i cicli con aiuti pubblici all'attività di R&S

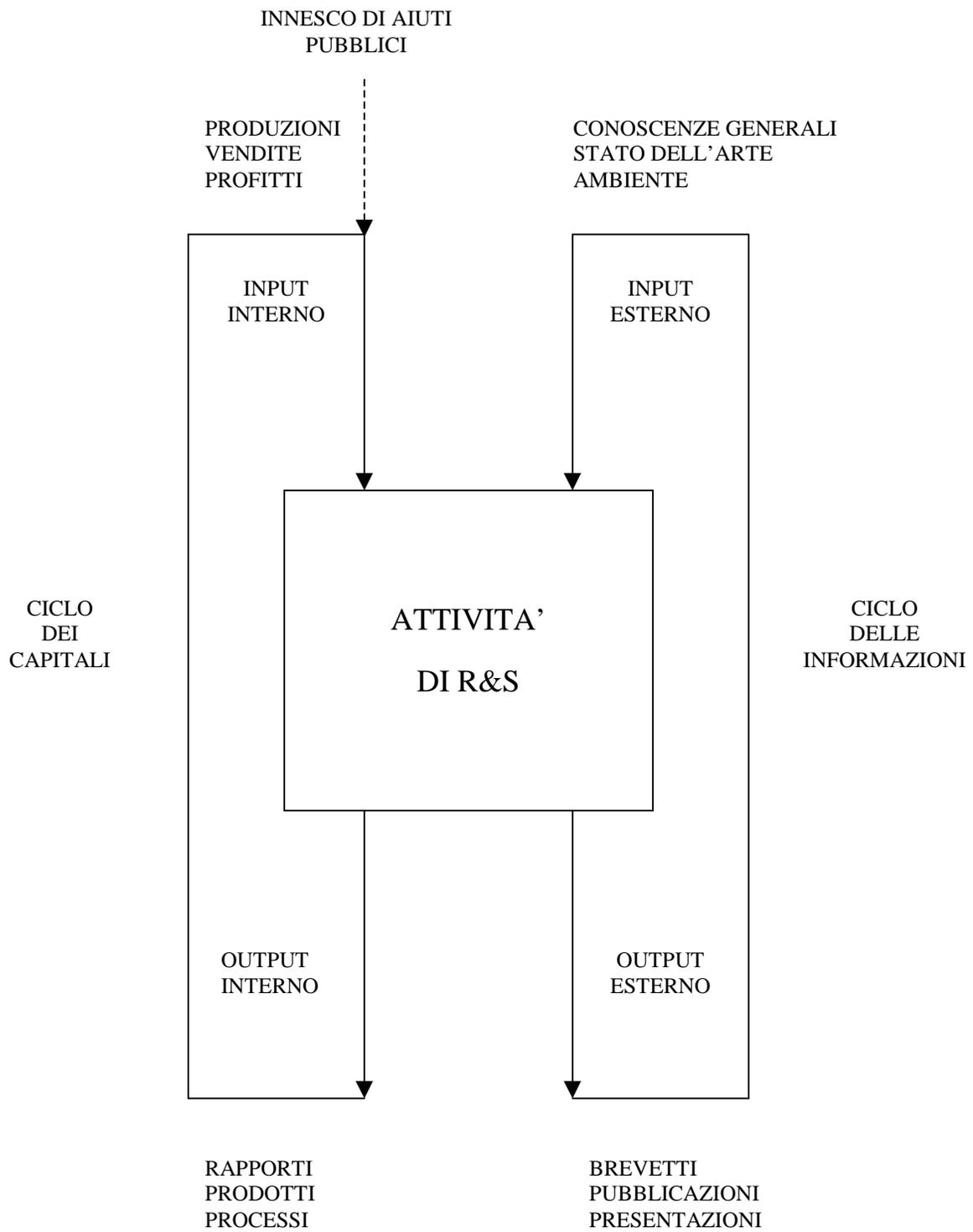


Fig. 7. Il doppio ciclo dell'attività di R&S

10. IL PROCESSO DI INNOVAZIONE TECNOLOGICA

Consideriamo l'insieme di tutte le tecnologie possibili che si possono ottenere da tutte le possibili combinazioni delle varie operazioni possibili. Poiché il numero delle operazioni possibili è presumibilmente finito, anche se molto grande, le possibili combinazioni di operazioni e quindi il numero di tecnologie possibili, per quanto enormemente più grande è anch'esso finito. Questo numero rappresenterà quindi il totale di tutte le possibili tecnologie che si possono immaginare e costituiranno l'insieme **T** delle tecnologie. Questo insieme può essere considerato composto da:

- L'insieme delle tecnologie esistenti e quindi utilizzate attualmente **U**
- L'insieme delle vecchie tecnologie non più in uso **V** e realizzate dall'uomo dagli inizi della civiltà ad oggi
- L'insieme delle tecnologie sconosciute **S** ancora da scoprire o comunque definibili come combinazioni di operazioni possibili non ancora utilizzate.

Questi tre insiemi **U**, **V** ed **S** sono complementari e potremo scrivere:

$$\mathbf{T} = \mathbf{U} \cup \mathbf{V} \cup \mathbf{S} \quad (17)$$

Quindi la somma degli insiemi **U**, **V** ed **S** rappresenta l'insieme **T** di tutte le tecnologie possibili che esse siano in uso, abbandonate, ancora da sviluppare o comunque risultato di combinazioni di operazioni possibili non ancora utilizzate. Occorre notare che poiché il numero di combinazioni possibili di operazioni è di un'enormità inimmaginabile è possibile affermare anche che il numero delle tecnologie degli insiemi **U** e **V** sono in realtà un'infima quantità rispetto a quello dell'insieme **S** ovvero di **T**.

Il sistema costituito dall'insieme **T** comprendente gli insiemi complementari **U**, **V** e **S** non è statico ma evolve nel tempo. Tecnologie dapprima sconosciute sono studiate e diventano tecnologie utilizzate dell'insieme **U**, altre tecnologie dell'insieme **U** sono abbandonate ed entrano a far parte dell'insieme delle tecnologie vecchie **V**. Se il numero delle tecnologie che entrano in uso è molto più elevato delle tecnologie che vengono abbandonate si assiste allora al ben conosciuto fenomeno dello "sviluppo tecnologico". A rigore gli elementi dell'insieme **T** sono costituiti a sua volta da degli insiemi di ricette tecnologiche che caratterizzano tutte le configurazioni possibili per una certa tecnologia. Le tecnologie quindi dell'insieme **U** possono essere rappresentate in maniera più dettagliata da un insieme ancora più grande di ricette tecnologiche poiché ogni tecnologia è a sua volta in uso nelle varie forme di ricette tecnologiche utilizzate. Lo stesso avviene per l'insieme **V** che può essere rappresentato dall'insieme di ricette tecnologiche utilizzate e quindi abbandonate.

L'attività di innovazione tecnologica, ovvero di R&S, può essere considerata rivolta all'insieme delle tecnologie che sono in un certo istante studiate in questa attività e che indicheremo con la lettera **R**. A rigore questo insieme dovrebbe essere considerato in termini di ricette tecnologiche che sono in studio nel quadro dell'attività di innovazione tecnologica. Queste ricette non si riferiscono solo a quelle delle tecnologie mai usate ma anche a quelle delle tecnologie in uso o abbandonate che vengono riprese in forma di nuove ricette tecnologiche mai testate in vista di migliorare le rispettive tecnologie e che fanno parte in realtà della tipica attività di LbyD. Noi tuttavia, per semplicità considereremo per l'insieme **R** solo le tecnologie derivate dall'insieme **S** e quindi l'attività di R&S che si limita a nuove combinazioni e sequenze di operazioni.

Questa condizione equivale a considerare come R&S l'attività di innovazione tecnologica che comprende lo sviluppo di nuove combinazioni o sequenze di operazioni e LbyD l'attività di innovazione tecnologica che riguarda la ricerca di istruzioni ottimali per le operazioni di una data tecnologia.

Consideriamo ora a un certo istante t il numero R_t dalle tecnologie in sviluppo ma non ancora in uso e quindi oggetto dell'attività di R&S per l'innovazione tecnologica dell'insieme \mathbf{R} . All'istante successivo $t + \Delta t$ il numero degli elementi dell'insieme R_t potrà variare diventando $R_{t+\Delta t}$ poiché vi sarà un certo numero di tecnologie R_A in sviluppo che sono abbandonate, un certo numero di tecnologie R_U che entrano in uso e un certo numero di nuove tecnologie R_S di cui si inizia lo sviluppo. Avremo allora che nel lasso di tempo Δt :

$$\mathbf{R}_{t+\Delta t} - \mathbf{R}_t = \Delta \mathbf{R} = \mathbf{R}_S - \mathbf{R}_A - \mathbf{R}_U \quad (18)$$

Un valore positivo di $\Delta \mathbf{R}$ dell'equazione (18) corrisponderà ad un aumento dell'attività di R&S e sarà possibile se il numero R_S delle tecnologie che vengono sottoposte a studio è superiore alla somma del numero di tecnologie R_A di cui si abbandona lo studio e di quello delle tecnologie R_U che entrano in uso. Possiamo quindi definire il parametro dato dal rapporto R_U/R_A che rappresenta una misura dell'efficienza dell'attività di R&S:

$$\eta_{R\&S} = R_U/R_A \quad (19)$$

Se ora consideriamo l'insieme delle tecnologie in sviluppo \mathbf{R} in un certo istante possiamo osservare che non tutte sono allo stesso stadio di sviluppo e solo quelle che avranno completato questo sviluppo con successo potranno entrare a far parte delle tecnologie utilizzate mentre altre saranno abbandonate e questo a qualsiasi stadio del loro sviluppo. *Ora l'esperienza mostra che il numero R_A di tecnologie in sviluppo che sono poi abbandonate nel lasso di tempo Δt è molto maggiore di quello delle tecnologie che entrano in uso R_U e questo numero è tanto più grande quanto più basso è il loro corrispondente grado di sviluppo.* Per queste ragioni in generale R_A è molto maggiore di R_U e quindi l'efficienza $\eta_{R\&S}$ può essere considerata in generale molto bassa.

Consideriamo adesso il numero delle tecnologie R_U che entrano in uso nel lasso di tempo Δt e quindi entrano a far parte dell'insieme \mathbf{U} e indichiamo con U_A il numero di tecnologie dello stesso insieme che sono abbandonate nello stesso lasso di tempo, si avrà un forte sviluppo tecnologico se R_U è molto maggiore di U_A . Poiché il forte sviluppo tecnologico è un fatto storicamente accertato avremo per quanto detto prima:

$$\mathbf{R}_A \gg \mathbf{R}_U \gg U_A \quad (20)$$

Quanto sopra è un'indicazione di *quanto sia grande lo sforzo di R&S che occorre fare e quanto numerose sono le tecnologie studiate e poi abbandonate per poter generare un numero sufficiente di nuove tecnologie utilizzabili per assicurare il grande sviluppo tecnologico a cui noi assistiamo nella nostra epoca.* Si noti infine che lo sviluppo tecnologico attuale può essere considerato come il risultato di un aumento di efficienza dell'attività di innovazione tecnologica causato dalla disponibilità di conoscenze scientifiche che hanno sensibilmente migliorato il lavoro di esplorazione nel Paesaggio Tecnologico alla ricerca di ricette ottimali rispetto quanto poteva essere fatto precedentemente sulla base di un'esplorazione casuale aiutata dalla sola esperienza.

In pratica la diminuzione di un insieme di progetti di innovazione iniziale con il tempo a causa dell'abbandono non è realmente lineare neanche usando una scala logaritmica per il numero dei progetti. Infatti si assiste a un forte abbandono di progetti soprattutto nel passaggio dalla fase degli studi di fattibilità a quelli di sviluppo industriale. Questo passaggio è chiamato "Valle della Morte" dei progetti di R&S. La causa dell'abbandono dei progetti è di natura tecnica all'inizio ma nella Valle della Morte è soprattutto di natura finanziaria e di mercato. Alla fine dello sviluppo industriale appaiono anche altre cause di abbandono come quelle legate a problemi di produzione. Nella Fig. 8 abbiamo riportato indicativamente l'andamento del numero di progetti innovativi (in scala logaritmica) che sopravvivono nel tempo in funzione del loro grado di avanzamento.

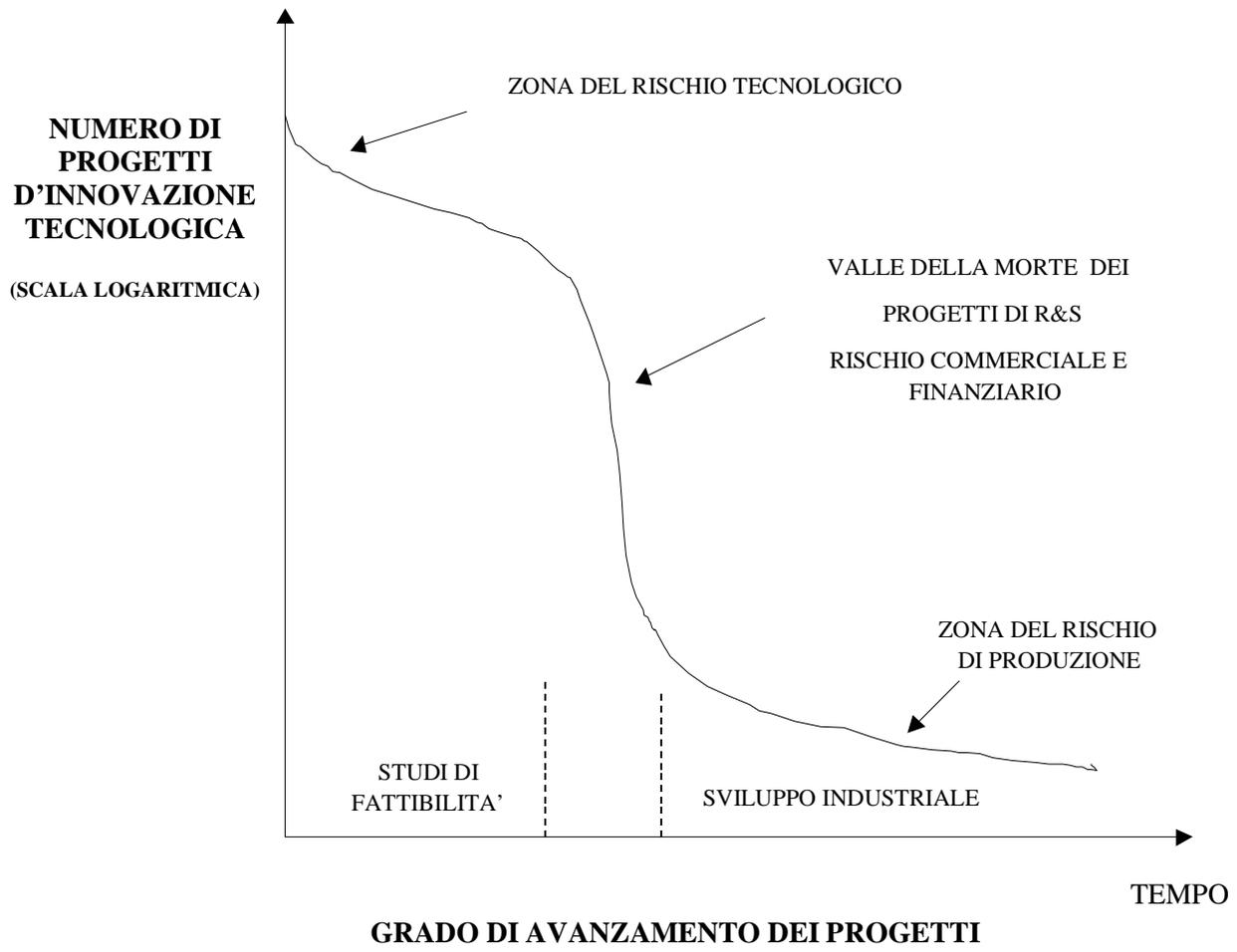


Fig. 8. Diminuzione del numero di progetti in funzione del loro grado di avanzamento

PARTE II

APPLICAZIONI

1. TECNOLOGIA E STRATEGIA INDUSTRIALE

La tecnologia è da sempre un fattore importante delle strategie industriali e noi ci occuperemo in particolare di come le strategie industriali impongano cambiamenti nella tecnologia e viceversa di come i cambiamenti di tecnologia influenzino le strategie industriali e questo favorisca o no l'attività di R&S. In linea generale l'influenza sulla tecnologia da parte delle strategie industriali può essere vista attraverso quattro tipi di strategie che indicheremo con le lettere A, B, C e D.

STRATEGIA A

Questa strategia è tipica di un'attività industriale stabile riguardante un vecchio prodotto in un mercato già ben stabilito. In linea generale in queste condizioni si cerca di massimizzare i profitti ottenibili per gli anni in cui prodotto e mercato rimarranno ancora validi. Questa strategia non comporta praticamente attività innovative interne importanti se non un possibile LbyD che potrebbe essere fatto per migliorarne l'efficienza della produzione mentre l'interesse per la R&S resta piuttosto limitato. L'acquisto di nuove tecnologie riguardanti il processo di produzione (innovazione di processo) potrebbe diventare utile per mantenere la competitività dell'azienda, anche l'acquisto di azienda potrebbe entrare in considerazione per aumentare la propria quota di mercato o per restare su posizioni di leader nel segmento di attività dell'azienda. Il pericolo di questa strategia risiede nella possibilità di apparizioni di tecnologie competitive radicalmente differenti che destabilizzano e quindi distruggono il mercato dei prodotti o servizi dell'azienda e per le quali l'azienda non ha e non può procurarsi le necessarie competenze per utilizzarle.

STRATEGIA B

Questa strategia riguarda l'introduzione di un vecchio prodotto in un nuovo mercato e quindi corrisponde a un'espansione dell'attività dell'azienda attraverso la penetrazione in nuovi mercati. Anche in questo caso le attività innovative interne possono essere limitate a un LbyD per migliorare il processo di produzione ed eventualmente per portare modifiche minori al prodotto per meglio adattarlo al nuovo mercato mentre l'interesse per la R&S resta scarso. Le altre azioni possibili possono essere l'acquisto di nuove tecnologie per restare competitivi, l'acquisto di aziende, reti distributive o accordi di distribuzione per migliorare la penetrazione nel nuovo mercato. Anche in questo caso esiste comunque il pericolo dell'apparizione di tecnologie competitive radicalmente differenti come nel caso della strategia A.

STRATEGIA C

Questa strategia riguarda l'introduzione di un nuovo prodotto in un vecchio mercato e quindi realizzare un'espansione dell'attività attraverso un'innovazione di prodotto. La realizzazione di un nuovo prodotto necessita in ogni caso anche un'innovazione di processo per fabbricarlo ed è quindi realizzabile attraverso un'attività interna di LbyD e di R&S che però si può ridurre a una semplice attività di imitazione. Tuttavia lo sviluppo interno del prodotto non è la sola alternativa possibile alla strategia. Il nuovo prodotto può essere fabbricato acquistando un'opportuna tecnologia o addirittura acquistando un'azienda che lo produce o ancora si può pensare di limitarsi ad accordi di distribuzione

nel vecchio mercato del nuovo prodotto fatto da altri produttori. Anche in questo caso esiste comunque il pericolo dell'apparizione di tecnologie competitive radicalmente differenti come nel caso della strategia A anche se la situazione può essere alleviata dalla presenza comunque di un'attività innovativa nell'azienda.

STRATEGIA D

Questa strategia riguarda lo sviluppo contemporaneo di un nuovo prodotto e di un nuovo mercato che però non è un nuovo mercato in senso geografico come quello citato nella strategia B ma di prodotto o servizio. Questa strategia, realizzando un nuovo mercato è fortemente espansiva ma allo stesso tempo è anche quella più rischiosa. L'attività interna di LbyD e R&S necessaria per l'innovazione di processo e di prodotto può essere molto importante ma anche qui sono possibili le alternative già riportate per la Strategia C e cioè: l'acquisto della nuova tecnologia, l'acquisto di azienda che ha una nuova tecnologia e gli accordi di distribuzione, tuttavia, lo sviluppo interno ha in questo caso certi vantaggi dovuti a una migliore relazione tra questo e lo sviluppo contemporaneo del mercato che occorre realizzare. Anche in questo caso l'attività interna di sviluppo si può ridurre a una semplice attività d'imitazione di una strategia innovante di un'altra impresa. Tipicamente questa strategia non presenta il problema dell'apparizione di tecnologie competitive radicalmente differenti nel senso che l'azienda è in questo caso attrice essa stessa di sviluppo di nuove tecnologie radicalmente differenti. Naturalmente è necessario che le nuove tecnologie sviluppate dall'azienda siano anche competitive.

Le quattro strategie descritte si possono rappresentare schematicamente da aree nel diagramma superiore riportato nella Fig. 9 dove appaiono come il risultato del grado di innovazione di prodotto e di mercato che si desidera effettuare mentre le azioni possibili sono espresse in funzione del grado di competizione e di innovazione esistente nel settore industriale dell'azienda.

Se adesso consideriamo la descrizione delle precedenti strategie possiamo osservare che il cambiamento di tecnologia può essere gestito attraverso varie attività che possiamo riassumere come segue:

- R&S e LbyD per lo sviluppo interno di innovazioni di prodotto e/o processo anche attraverso l'imitazione di innovazioni esterne all'azienda (si noti che l'attività di R&S può anche essere esterna su contratto o eseguita in cooperazione con altre aziende)
- LbyD per migliorare produzioni e prodotti
- Acquisto di tecnologia per innovazioni di processo ovvero di processo e prodotto
- Acquisto di azienda per avere nuove produzioni e prodotti

Gestire correttamente una tecnologia significa essenzialmente condurre i tipi di attività per il suo cambiamento che meglio rispondono alla strategia aziendale scelta.

La scelta ottimale del tipo di attività da condurre sul cambiamento della tecnologia dipende da molti fattori ma si può comunque dare delle indicazioni di massima secondo la situazione ambientale che vive l'azienda in termini di innovazione e competitività come si vede nel diagramma inferiore della Fig. 9 e che si possono riassumere nei punti:

- Se l'ambiente in cui opera l'azienda è caratterizzato da un basso livello di innovazione e competitività un buon lavoro di LbyD per migliorare prodotto e processo di produzione può essere sufficiente per mantenere competitiva l'azienda, naturalmente queste condizioni corrispondono ad una scelta di strategia del tipo A.
- Se l'ambiente in cui opera l'azienda è caratterizzato da un elevato grado di competizione tra le aziende senza però essere grandemente innovativo sarà probabilmente difficile avere disponibili tecnologie da acquistare, vista la forte competitività, e potrebbe essere più interessante considerare l'acquisto di aziende con i loro mercati ed eventualmente le loro tecnologie e prodotti. Questa situazione è tipica della Strategia B.
- Se l'ambiente in cui opera l'azienda è caratterizzato da un buon grado di innovazione senza però essere accompagnato da forte competitività tra le aziende è possibile in molti casi sia facile avere la possibilità di acquistare nuove tecnologie di produzione eventualmente per nuovi prodotti. Questa situazione è tipica dei distretti industriali, dove la competitività tra le aziende è bassa, e corrisponde ad una strategia aziendale di tipo C ed eventualmente D.
- Se l'ambiente in cui opera l'azienda è caratterizzato sia da forte competitività che da innovazione potrebbe essere difficile trovare nuove tecnologie da acquistare e conseguentemente obbligare l'azienda ad effettuare R&S per restare competitivi sul mercato con le dovute innovazioni. L'acquisto di azienda potrebbe comunque essere un'alternativa alla R&S. Questo caso corrisponde tipicamente alla Strategie D e B

Un discorso a parte poi meritano le attività di LbyD, ma anche di R&S, tipicamente imitative nel quadro del miglioramento o sviluppo di nuovi processi e prodotti. Premesso che una strategia imitativa è possibile solo se comunque esistono aziende che perseguono strategie innovative, l'esperienza, come pure risultati ottenuti su modelli di simulazione, mostrano che le attività imitative sono in media economicamente più vantaggiose di quelle innovative, salvo nel caso in cui esistano forti ostacoli a poter eseguire imitazioni. Queste attività giocano un ruolo importante nella diffusione delle tecnologie e saranno discusse più avanti in dettaglio.

Abbiamo discusso finora di come gestire al meglio il cambiamento tecnologico in funzione della strategia industriale scelta. Esiste però anche il problema inverso di come nuove tecnologie impongano cambiamenti nelle strategie aziendali. Questo avviene poiché nell'ecosistema delle tecnologie possono apparire nuove tecnologie e rispettivi prodotti più competitivi in grado di rendere obsoleti vecchi prodotti e quindi le tecnologie a loro associate. D'altra parte, l'apparizione di nuovi prodotti induce la nascita e sviluppo di altre nuove tecnologie associate come abbiamo già citato precedentemente.

Dal punto di vista del Paesaggio Tecnologico questo si traduce in una situazione dinamica nella quale "picchi" di efficienza relativa di una tecnologia convenzionale e delle tecnologie collegate si appiattiscono con l'apparizione di "picchi" del Paesaggio Tecnologico della nuova tecnologia e di altre nuove tecnologie complementari. *E' quindi molto importante per la gestione di una tecnologia di ben identificarla nel suo Paesaggio Tecnologico e conoscere nella misura possibile i Paesaggi Tecnologici di altre tecnologie con cui è associata ovvero di quelli di tecnologie con cui potrebbe entrare in competizione.*

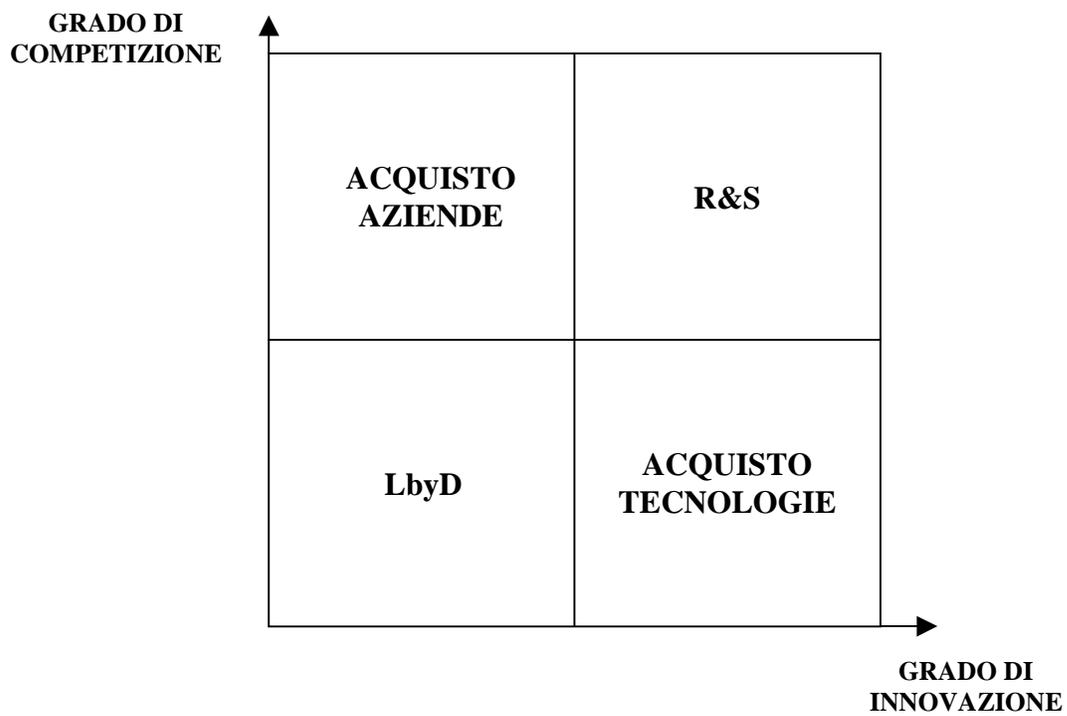
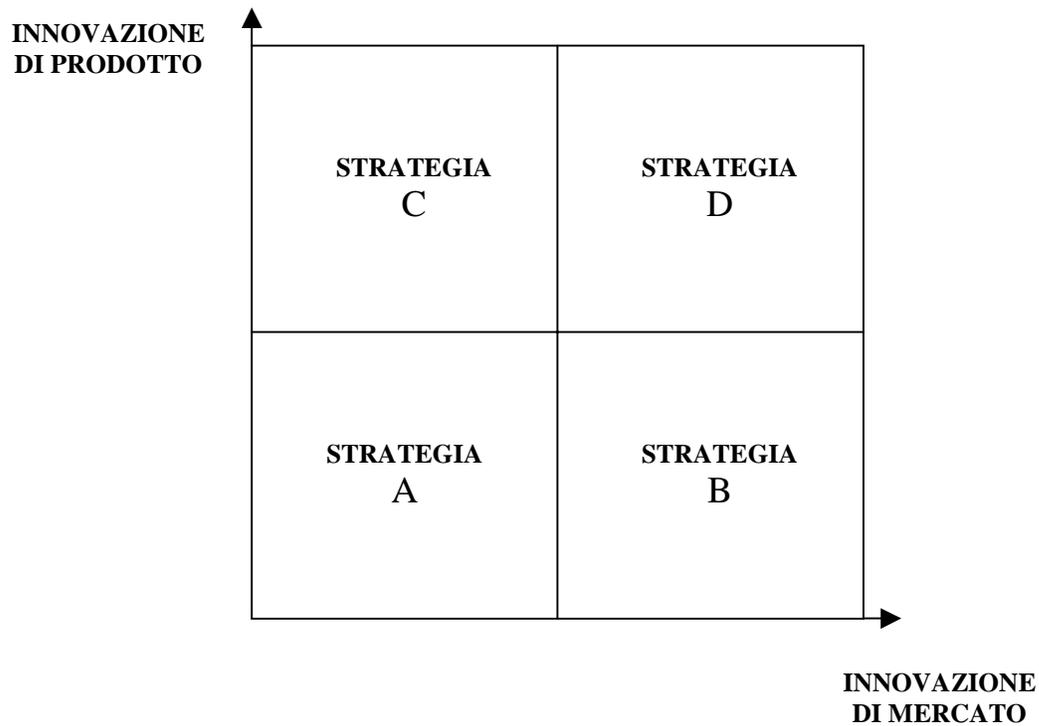


Fig. 9. Strategie aziendali e cambiamenti tecnologici

Oltre agli aspetti di competizione sul mercato possono influire sull'efficienza reale di una tecnologia esistono anche altri fenomeni importanti che sono stati osservati tra cui il più interessante è certamente quello detto "lock in". Questo fenomeno si ha quando due tecnologie in competizione all'inizio della penetrazione sul mercato dei loro rispettivi prodotti, molto vicine in termini di efficienza, subiscono una fluttuazione della domanda in favore di una delle due che provoca una cascata di ripercussioni sulle tecnologie associate creando condizioni che, per scelta dei consumatori o per economie di scala, ne sviluppano una rendendo perdente l'altra. Tipico esempio è stata la competizione tra i sistemi di videoregistrazione Betamax e VHS. Una fluttuazione iniziale in favore del VHS ha influenzato la tecnologia associata di produzione di cassette che, facendo apparire sul mercato una migliore disponibilità di film con questo sistema, ha innescato un processo in cascata che ha favorito l'acquisto di questo sistema da parte del consumatore mettendo fuori gioco il sistema Betamax.

2. ASPETTI GENERALI DELL'INNOVAZIONE TECNOLOGICA

Il problema della gestione dell'innovazione tecnologica riguarda in primo luogo l'attività di R&S che costituisce l'aspetto più complesso del processo innovativo mentre l'attività di LbyD è generalmente gestita nell'ambito della produzione. L'attività di R&S può presentare tre tipi distinti di problematiche di gestione:

- La gestione della R&S a livello dell'impresa industriale
- La gestione della R&S nelle organizzazioni che vendono la R&S come servizio
- La gestione della R&S nelle organizzazioni che finanziano e orientano esternamente la R&S

Ognuna di questi tipi di gestione deve affrontare problemi specifici molto importanti e noi ci occuperemo essenzialmente della gestione della R&S a livello dell'impresa industriale. Problematiche di vendita della R&S e di finanziamento di questa all'interno di un'impresa esistono ma sono sottoposte a precise condizioni dettate dalla strategia aziendale e dall'effettività della attività di R&S rispetto agli obiettivi aziendali.

La gestione dell'attività di R&S avviene in generale sotto forma di progetto ed è questa forma di gestione che si adatta meglio alla complessità e variabilità di questa attività. Come tutti i progetti anche quello di R&S è sottoposto a vari fattori che ne influenzano il successo. Studi effettuati in questo campo hanno dato indicazioni interessanti che possiamo riassumere nei punti seguenti:

Fattori favorevoli al successo di un progetto di R&S

- Presenza di personalità autorevoli che avvallano il progetto
- Presenza di personale molto valido per la realizzazione del progetto
- Identificazione chiara dei bisogni e degli obiettivi del progetto
- Buona conoscenza dell'utilità potenziale della tecnologia sviluppata
- Buona cooperazione e comunicazione all'interno del progetto e con altre entità aziendali
- Disponibilità di risorse per la R&S
- Aiuti finanziari esterni all'azienda

Fattori sfavorevoli al successo di un progetto di R&S

- Insufficiente sviluppo della tecnologia al momento in cui si decide di industrializzarla
- Assenza del mercato o del bisogno per la tecnologia sviluppata
- Valore dell'innovazione non riconosciuto dall'azienda
- Mancanza di risorse per la R&S
- Cattiva cooperazione e comunicazione all'interno del progetto e con altre entità aziendali

Nel quadro della gestione della tecnologia sappiamo che l'attività della R&S ha alternative strategiche come l'acquisizione o imitazione di una nuova tecnologia esterna all'azienda, ovvero l'acquisto di un'azienda che possiede la nuova tecnologia o più semplicemente la realizzazione di accordi per la distribuzione di un nuovo prodotto. Anche quando si decide di affrontare un cambiamento tecnologico attraverso l'attività di R&S si hanno varie possibili scelte strategiche che si possono riassumere in tre punti:

- Condurre il progetto di R&S all'interno dell'azienda
- Condurre il progetto di R&S all'esterno dell'azienda in un'organizzazione in grado di svolgerlo
- Condurre il progetto di R&S in forma cooperativa con altre aziende al proprio interno o all'esterno in altre aziende od organizzazioni in grado di svolgerlo

Ognuna di queste scelte ha i suoi vantaggi e le sue limitazioni e la scelta dipende dalle caratteristiche specifiche del progetto considerato che possiamo riassumere qui di seguito:

Progetto di R&S interno all'azienda

Questo è un caso tipico di progetti innovativi che possono favorire una strategia competitiva sui mercati e necessita naturalmente dell'esistenza all'interno dell'impresa di un servizio di R&S in grado di svolgere efficacemente il progetto.

Progetto di R&S esterno all'azienda

Si può ricorrere a questa scelta quando si vuole perseguire una strategia competitiva su un'innovazione pur non avendo disponibile un servizio di R&S all'interno dell'azienda in grado di svolgere il progetto. Sovente succede anche il caso in cui sia l'organizzazione che svolge la R&S a proporre l'innovazione e la conduzione del progetto questo eventualmente anche in presenza di un servizio di R&S all'interno dell'azienda.

Progetto di R&S cooperativo

Questo tipo di progetto è interessante soprattutto per la riduzione del costo aziendale della R&S ottenibile ripartendo il costo totale del progetto tra le varie aziende che cooperano. La cooperazione può essere di vario tipo:

- Cooperazione orizzontale tra aziende che hanno lo stesso tipo di produzione
- Cooperazione verticale tra aziende fornitrici o clienti rispetto all'azienda di riferimento
- Cooperazione mista verticale e orizzontale

Questi progetti non sono normalmente svolti per perseguire strategie aziendali molto competitive, anche se la cooperazione verticale può in qualche misura permetterselo, ma possono riguardare il bisogno di nuove tecnologie dovuto a nuove normative, alla possibilità di cooperare con aziende a

monte o a valle del ciclo di produzione che hanno know how utile per l'innovazione, o ancora per progetti che si limitano a una fase precompetitiva sviluppando una tecnologia limitatamente ai suoi aspetti di base e lasciando poi a ciascuna azienda partecipante di sviluppare i propri prodotti innovativi sulla base della tecnologia comune studiata.

La posizione dell'attività di R&S in una struttura aziendale è molto variabile. Un servizio di R&S può dipendere direttamente dai gradi più alti della direzione ovvero essere un semplice servizio dipendente dalla produzione, non esistono regole che indicano posizioni ottimali di questo servizio in una struttura aziendale, tutto dipende molto dalle strategie seguite dall'azienda e dalla sua cultura. Questo vale per le aziende di una certa dimensione che possono permettersi un servizio di R&S, nel caso delle piccole aziende l'attività di R&S, quando esiste, è generalmente seguita dall'imprenditore per la grande importanza strategica che questa può avere per la piccola impresa.

Un aspetto dell'attività di R&S che rende difficile la sua gestione in un'azienda è l'incertezza che accompagna sempre un progetto di questo tipo. Bisogna qui ben distinguere l'incertezza, che esprime la mancanza della possibilità di prevedere il successo o meno di un progetto, dal rischio che esprime invece la possibilità di stimare un valore di probabilità di successo. *In un certo senso il lavoro di un progetto di R&S consiste nella trasformazione dell'incertezza iniziale in un rischio finale valutabile per l'innovazione e che permetta di decidere se industrializzarla o abbandonarla.* L'incertezza nel successo di un progetto di R&S si traduce anche in un'incertezza finanziaria legata ai fondi che devono essere messi a disposizione per il progetto. Un altro aspetto finanziario che rende difficile la gestione aziendale della R&S è il diverso periodo di ritorno di investimento della R&S rispetto ad altre attività aziendali. Nella produzione il ciclo tra gli acquisti di materie prime e gli incassi della vendita dei prodotti è normalmente di pochi mesi e il bilancio annuale d'impresa permette di valutare la maggior parte delle attività svolte da questa. Nel caso della R&S un anno è in genere un periodo troppo breve per avere un ritorno di investimento. La maggior parte dei progetti di R&S necessita di un periodo tra 2 e 5 anni per poter avere i primi ritorni di investimento e un numero più o meno lungo di anni ulteriori per ripagare il totale dell'investimento fatto ed ottenere un margine di profitto che sarà funzione della vita del prodotto.

Nella Fig. 10. abbiamo riportato indicativamente un tipico andamento dei flussi di cassa dall'inizio di un progetto di R&S di successo fino al momento della maturità del prodotto sviluppato. All'inizio del progetto in cui si svolge ricerca applicata gli esborsi di denaro non sono molto elevati ma lo divengono sempre più man mano che l'innovazione è sviluppata con la realizzazione di impianti pilota e dell'impianto di produzione e costi legati a studi di mercato o altro. Arrivati al punto C inizia la commercializzazione del prodotto e i flussi di denaro diventano positivi attraverso i profitti realizzati con le vendite che aumentano con lo sviluppo del mercato per poi flettere raggiungendo il punto M di maturità del prodotto. Dal punto di vista finanziario, *perché il progetto di R&S sia considerato di successo, occorre che il totale dei profitti avuti, rappresentati dall'area P del grafico, possano compensare non solo gli investimenti fatti, rappresentati dall'area I, ma diano anche un margine di profitto che sia competitivo con quello che si avrebbe potuto avere con altri investimenti di diverso tipo che l'azienda avrebbe potuto fare nello stesso periodo.*

Il fatto che il successo di un progetto di R&S sia accompagnato, soprattutto all'inizio, da una grande incertezza non significa che statisticamente non ci sia un certo numero di successi, altrimenti lo sviluppo tecnologico non sarebbe mai potuto divenire la forza trainante dell'economia come invece è dimostrato storicamente. In effetti, come abbiamo visto precedentemente nella parte teorica dedicata alla R&S, il numero di progetti abbandonati R_A è sì molto più grande del numero R_U dei progetti

industrializzati ma la maggior parte dei progetti di R&S sono abbandonati, come abbiamo visto, nella loro fase iniziale di sviluppo con costi di investimento limitati. Il profitto dei progetti industrializzati può essere molto vario, in un numero di casi molto limitato anche molto grande, nella maggioranza dei casi relativamente piccolo ma nell'insieme si può considerare mediamente sufficiente per compensare le perdite degli insuccessi e creare la ricchezza economica originata dallo sviluppo tecnologico.

L'incertezza dei progetti di R&S e l'aspetto statistico legato al loro successo crea importanti differenze nei problemi gestionali della R&S tra la grande e la piccola impresa. Mentre la grande impresa ha la possibilità di gestire numerosi progetti di R&S e contare su un certo successo su base anche statistica. La piccola impresa può gestire solo un piccolo numero di progetti di R&S e non può contare sulla statistica per il loro successo. In questa ottica la selezione e la decisione di perseguire un progetto di R&S si presenta in maniera piuttosto differente tra la grande impresa e la piccola impresa.

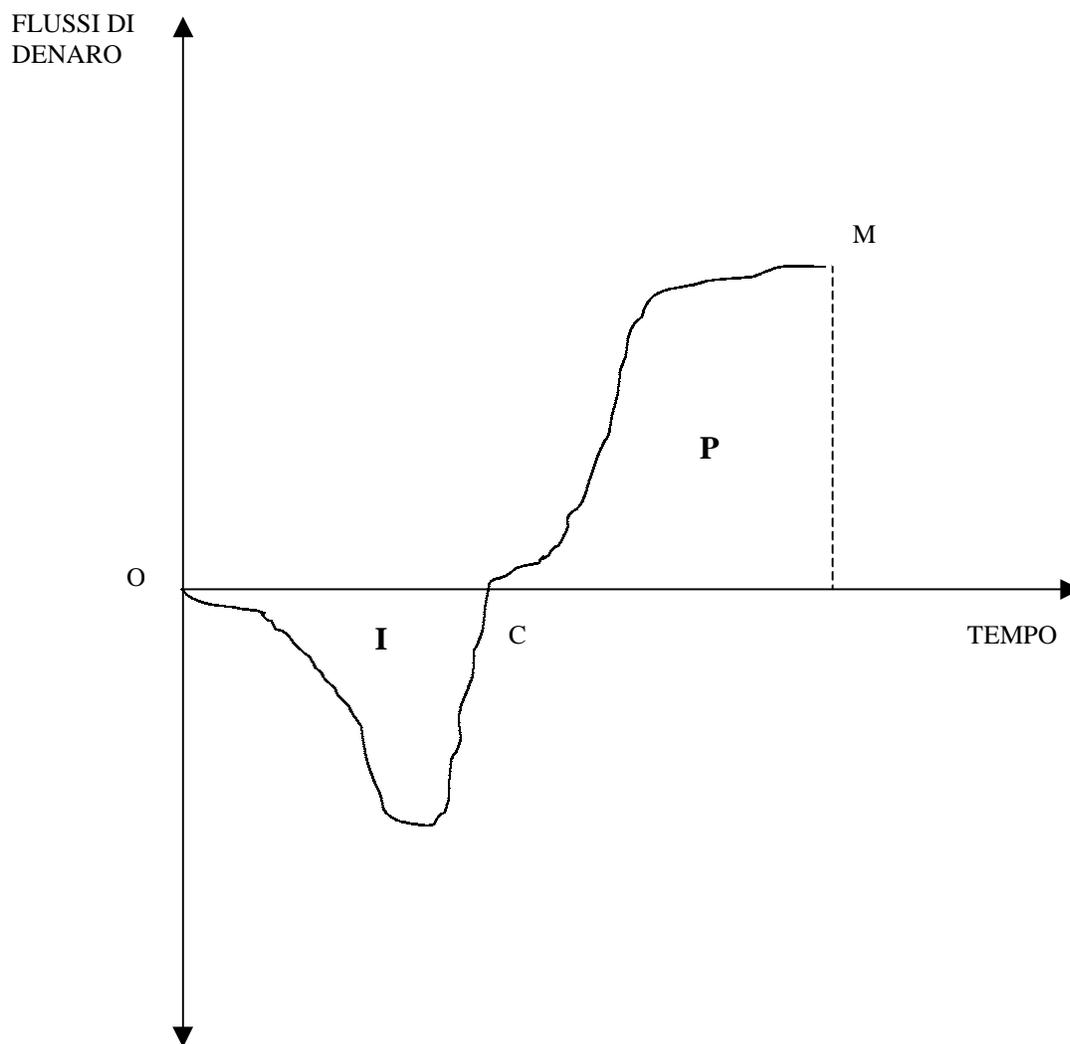


Fig. 10. Ciclo di vita di un'innovazione e flussi finanziari

3. GENERAZIONE DEI PROGETTI DI R&S

Si può affermare che la generazione di idee innovanti che sono all'origine di progetti di R&S risulta dalla combinazione di opportunità e creatività personale. La riflessione su delle opportunità combinata con le proprie conoscenze che porta all'idea creativa dell'innovazione è un tipico processo di emergenza di ordine dal caos. Le opportunità che innescano il processo di riflessione possono venire da molte direzioni che nella maggior parte dei casi derivano da:

- esigenze del mercato che possono suggerire soprattutto nuovi prodotti trainanti (market pull)
- possibilità tecnologiche che possono suggerire nuovi prodotti o processi (technology push)
- studi di tendenza tecnologica che possono identificare nuovi bisogni (technology trends)

Vediamo ora di esaminare più da vicino questi fattori importanti per il processo di generazione dei progetti di R&S.

Creatività

La creatività è un aspetto dell'attività umana che ha una grande importanza per quanto riguarda l'innovazione tecnologica. Senza entrare nella discussione degli aspetti psicologici di questa caratteristica della mente umana è interessante esaminare come questo fattore si distribuisca tra i vari tipi di attività umane e quali effetti ne risultino nel campo della tecnologia e della società in generale. Questi aspetti della creatività sono riportati indicativamente nella Fig. 11. Possiamo vedere come la creatività sia massima nel sognatore e nell'artista, minima nel burocrate ma è nell'attività imprenditoriale che essa può avere il massimo di impatto sulla società nel campo della tecnologia. Questo fatto può provocare sovente un tipico effetto di dissociazione tra il creatore dell'idea innovante o inventore e lo sviluppatore che porta l'idea al successo economico. L'inventore in molti casi tende in effetti a voler gestire tutto il processo di sviluppo ritenendosi, come padre dell'idea, automaticamente in diritto e in grado di svilupparla. Nella realtà lo sviluppo di un'innovazione fino al suo successo industriale richiede vari tipi di professionalità che non sempre sono possedute dall'inventore. Questo fatto porta in molti casi all'insuccesso del progetto di R&S dovuto all'incapacità dell'inventore di utilizzare le dovute competenze o di cedere la gestione del progetto a figure professionali più adatte a continuare l'attività di sviluppo.

La creatività nell'ambito della R&S di un'azienda può essere favorita o scoraggiata a seconda del clima e dell'organizzazione esistente all'interno. La creatività è favorita da:

- alta motivazione del personale di R&S
- management partecipativo nell'azienda
- buona flessibilità organizzativa e manageriale

Occorre ricordare che le idee innovanti possono nascere nel personale di tutti i livelli aziendali e che è opportuno per un'azienda di poter considerare e, se di interesse, portare avanti tutte le idee innovanti indipendentemente dalla loro origine. I fattori sfavorevoli alla creatività sono:

- management altamente direttivo
- rigidità gerarchiche nell'organizzazione aziendale
- eccessi burocratici

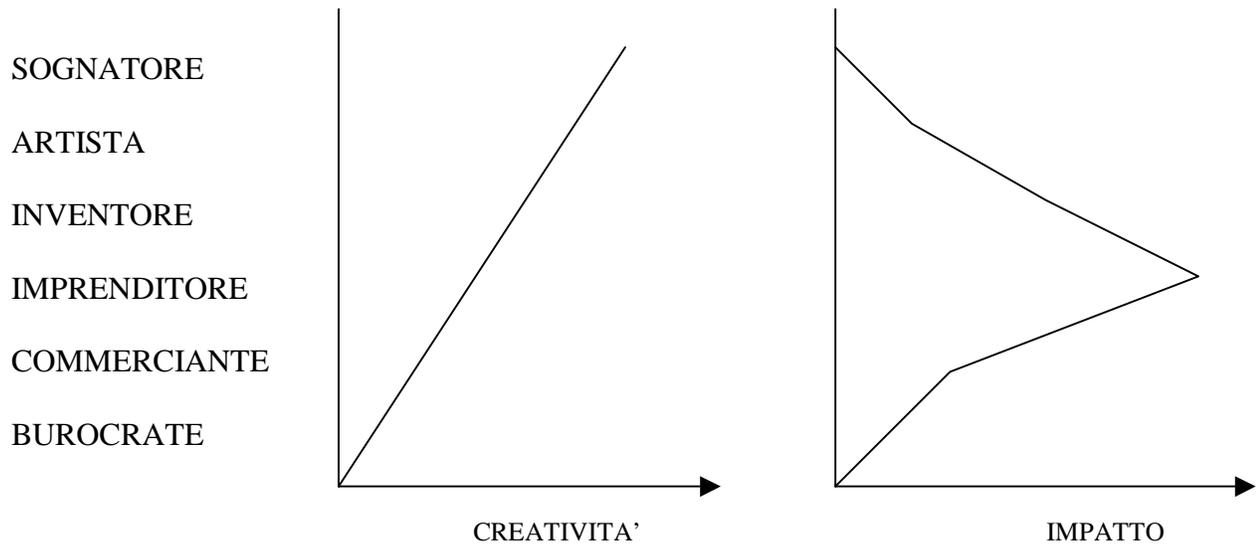


Fig. 11. Creatività e impatto tecnologico sulla società per diverse attività umane

Esistono molti metodi per migliorare la creatività aziendale, uno dei più semplici e diffusi è chiamato “brain storming” che descriviamo brevemente. Si riunisce un gruppo di persone dell’ordine di una decina a cui si sottopone un’opportunità di mercato, un problema tecnico, ecc. Ognuna di queste persone scrive una o più proposte o soluzioni al quesito dato. E’ molto importante che l’elaborazione delle proposte avvenga nella più grande libertà, in maniera acritica, ritenendo di interesse anche quelle proposte che apparentemente sembrano assurde. In questa fase del brain storming si cerca infatti di sviluppare una situazione di proposte la più caotica possibile. Tutte le proposte sono poi esaminate assieme e si cerca, attraverso un processo di associazione di idee, di far emergere, dal caos delle proposte, qualche idea che appare molto valida e che meriterà un’attenzione ulteriore.

Traino del mercato (Market pull)

L’attività di marketing o anche di vendita è ricca di possibilità di generazione di nuove idee, sia di miglioramento di prodotti esistenti che di nuovi prodotti che poi devono essere esaminate dalla R&S in vista di sviluppare una tecnologia efficace per la produzione. Questa generazione di idee innovanti dal mercato è chiamata in inglese “market pull” per indicare l’effetto di traino del mercato sulla tecnologia e costituisce la sorgente più importante di progetti di R&S stimata da studi statistici attorno al 60-70% del totale dei progetti. Nella maggior parte dei casi le idee innovanti riguardano nuovi prodotti e in minor misura miglioramenti che coinvolgono semplicemente le tecnologie di produzione. L’innovazione di prodotto è poi in generale una realizzazione che ha risvolti economici molto spesso più importanti che non l’innovazione di processo e in definitiva il “market pull”, visto anche il gran numero di progetti che genera, può considerarsi l’attività più importante per la generazione di progetti di R&S. In definitiva la generazione di innovazioni dal “market pull” è vantaggiosa soprattutto nel corto termine ma può essere messa fuori gioco sul lungo termine da cambiamenti fondamentali nelle tecnologie.

Spinta della tecnologia (Technology push)

Le attività di R&S e di produzione possono anch’esse generare idee innovanti che riguardano in generale miglioramenti di processo o nuovi processi ma anche nuovi prodotti nati da nuove possibilità tecniche disponibili e che devono essere verificati sul mercato. Questa attività di generazione di progetti di R&S è chiamata in inglese “technology push” per indicare la spinta che le nuove tecnologie possono dare ai mercati. In termini di numero di progetti di R&S queste opportunità coprono circa il 20-30% del totale dei progetti, tuttavia, in certi settori e in periodi di tempo in cui esistono particolari condizioni critiche in un insieme di progetti di R&S, che descriveremo più avanti, il “technology push” può essere prevalente nella generazione di progetti di R&S con l’apparizione di nuovi prodotti e nuovi mercati per questi prodotti. Nella maggior parte dei casi il “technology push” riguarda miglioramenti di processi o nuovi processi di produzione e non ha l’impatto economico così elevato come può essere quello di un nuovo prodotto. I rischi della R&S del “technology push” sui processi può tuttavia essere minore e questo rappresenta sovente il campo di innovazione delle piccole imprese che non possono permettersi i rischi e gli investimenti elevati che accompagnano lo sviluppo di nuovi prodotti. In linea generale la limitazione principale della generazione di idee dal “technology push” risiede nel rischio di non poter soddisfare i mercati.

Studi di tendenza tecnologica (Technology trends)

Questo modo di generare nuovi progetti di R&S è soprattutto praticato dalle grandi imprese che possono permettersi i costi di questi studi. Gli studi sul “technology trend” possono essere molto generali e considerare i grandi orientamenti dello sviluppo tecnologico ma più concretamente sono gli studi specifici di settore che permettono di generare precisi progetti di R&S. Questi studi possono essere di grande interesse anche per la piccola impresa che però in generale non ha da sola i mezzi per

affrontarli. Una possibilità interessante per realizzarli è costituita dagli studi di gruppo detti “multiclienti”, finanziati da imprese di uno stesso settore, e che permettono di dividere i costi degli studi per il numero di partecipanti rendendo la partecipazione accettabile anche dalla piccola impresa. Tuttavia il lancio di uno studio di questo tipo non può avvenire da parte di una singola piccola impresa promotrice ma piuttosto da un’organizzazione esterna in grado eventualmente anche di condurre lo studio. Occorre segnalare che anche le grandi imprese ricorrono a questo tipo di studi multiclienti che sono in genere promossi da grandi organizzazioni specializzate nell’esecuzione di questo tipo di studi. Questo metodo di generazione di idee non ha le limitazioni dei casi precedenti tuttavia in alcuni casi l’identificazione delle tendenze si mostra troppo generale per definire progetti di R&S precisi. Uno studio di “technology trends” in un particolare settore tecnologico si compone in genere di una serie di fasi collegate fra di loro che portano all’identificazione di potenziali innovazioni tecnologiche di interesse e che sono presentate brevemente qui di seguito:

- *Stato dell’arte*: all’inizio dello studio è importante avere una visione approfondita della situazione delle tecnologie del settore e degli studi scientifici e tecnici condotti in questo campo. Oltre alla raccolta di documentazione si ricorre generalmente anche ad indagini su banche dati per avere ulteriori articoli scientifici e tecnici del settore. Alcune banche dati forniscono informazioni anche sull’andamento del business del settore (accordi tra imprese o investimenti produttivi in corso, ecc.). Per la ricerca si ricorre generalmente a reti informatiche che permettono l’accesso diretto a numerose banche dati. In Europa ad esempio è molto utilizzata la EINS (European Information Network Service) per questo scopo.
- *Metodo Delfi*: Parallelamente alla determinazione dello stato dell’arte si conduce una serie di interviste con esperti del settore per avere ulteriore informazioni ed opinioni sul settore in studio. Anche l’uso di questionari può essere molto utile in questa fase.
- *Esame delle informazioni*: le informazioni raccolte con le banche dati, il metodo Delfi e altro sono esaminate e confrontate tra di loro. L’obiettivo è di riuscire in una specie di fertilizzazione incrociata delle informazioni, in inglese “cross fertilisation”, la quale è in grado di far emergere dalla massa delle informazioni raccolte i punti chiave della situazione del settore e la sua tendenza evolutiva. Questo lavoro di “cross fertilisation” permette poi l’identificazione di potenziali innovazioni che interessano il settore e che possono poi essere ulteriormente, studiate, valutate ed eventualmente selezionate per infine generare dei progetti di R&S riguardanti il settore esaminato

Questo metodo di generazione di progetti di ricerca, nonostante la sua efficacia, non è per varie ragioni molto utilizzato e copre approssimativamente il 5-10% del totale dei progetti di R&S generati.

In conclusione per una generazione efficace di buoni progetti di R&S è necessario che in azienda si instauri un clima adatto alla creatività e alla motivazione del personale coinvolto nell’attività di R&S. La possibilità di avere idee innovanti provenienti dal market pull o dal technology push deve far riscontro in azienda alla volontà di sfruttarle. In questo quadro la comunicazione efficace e la collaborazione tra i vari servizi aziendali di vendita, marketing, produzione e R&S è essenziale per il successo del progetto generato. La possibilità di condurre studi tecnologici sull’identificazione di innovazioni di potenziale interesse deve anch’essa essere considerata partecipando eventualmente a studi multiclienti settoriali che possono interessare l’azienda.

4. VALUTAZIONE E SELEZIONE DELLE TECNOLOGIE E PROGETTI DI R&S

La valutazione di una tecnologia ovvero di un progetto di R&S presentano molti aspetti comuni dovuti al fatto che un progetto di R&S non è altro, come abbiamo visto discutendo il processo di innovazione nel Paesaggio Tecnologico, che una tecnologia in evoluzione verso una ricetta di produzione ottimale. D'altra parte una tecnologia già industrializzata può subire miglioramenti dovuti al LbyD in un processo di esplorazione del paesaggio analogamente al caso della R&S.

La valutazione di una tecnologia è indispensabile in molti casi come ad esempio: l'acquisto di tecnologie, l'acquisto di aziende (e delle loro tecnologie), come pure durante lo sviluppo della stesse in particolare quando si devono decidere investimenti importanti per l'industrializzazione della tecnologia o più semplicemente per decidere della realizzazione di impianti pilota o prototipi. D'altra parte la valutazione di progetti di R&S è importante per la loro selezione o per decidere della loro continuazione. In molti casi la valutazione di una tecnologia o di un progetto di R&S comprende anche uno studio comparativo con altre tecnologie concorrenti esistenti o in sviluppo.

Nel campo industriale l'aspetto economico di una tecnologia è molto importante per la sua valutazione ma non è il solo. Un altro aspetto è costituito dalla sua affidabilità e dalla possibilità di migliorare la sua economia attraverso l'attività di LbyD. Dal punto di vista del Paesaggio Tecnologico significa che non è sufficiente valutare l'efficienza θ attuale di una tecnologia ma bisogna anche considerare la sua posizione nel paesaggio se già su un "picco" ovvero in scalata verso un "picco" e, in quest'ultimo caso, quale è la sua possibile "altezza" θ di efficienza raggiungibile. Un altro aspetto di valutazione che sta diventando in campo industriale sempre più importante è quello ambientale. Questo è dovuto al fatto che non sempre il rispetto delle normative ambientali è sufficiente per dare un giudizio positivo alla tecnologia ma occorre considerare le possibili evoluzioni di queste norme confrontandole con gli impatti ambientali delle varie tecnologie di produzione considerati. La valutazione ambientale di una tecnologia industriale non è facile poiché normalmente essa genera impatti a differenti livelli dell'ecosistema terrestre. Questo impatto può essere diretto (ad es. per gli aspetti tossicologici delle sue emissioni), locale (ad es. inquinamento ambientale, eutrofizzazione dei laghi) e globale (ad es. effetto serra, buco di ozono). D'altra parte è ancora più arduo tradurre questi impatti in termini economici rendendo molto difficile l'integrazione di questa valutazione con le altre citate.

Come abbiamo visto precedentemente una tecnologia o un progetto di R&S non possono essere valutati solo sulla base della sua efficienza attuale ma occorre considerare anche il loro eventuale potenziale di miglioramento, per questa ragione la prima osservazione che deve essere fatta in una valutazione di una tecnologia o di un progetto di R&S riguarda il suo stadio di sviluppo. In linea generale possiamo da questo punto di vista considerare quattro stadi possibili:

- Stadio di ricerca applicata (studi di laboratorio, fattibilità, ecc.)
- Stadio di sviluppo industriale (prototipo, impianto pilota, ecc.)
- Stadio di prima industrializzazione (impianto o prototipo dimostrativo)
- Stadio industrializzato (impianto in produzione)

Stadio di ricerca applicata

Questo è il tipico stadio iniziale di un progetto di R&S. In questo stadio molto sovente non si hanno dati reali riguardanti aspetti economici o ambientali della tecnologia in sviluppo né valutazioni precise dei rischi di insuccesso nello sviluppo tecnologico. Per le valutazioni si ricorre quindi sovente a dati che non sono altro che gli obiettivi dello sviluppo dell'innovazione mancando di dati reali utilizzabili.

Stadio di sviluppo industriale

In questo stadio non esiste ancora una precisa posizione della tecnologia poiché essa deve essere ancora sviluppata attraverso una sintonizzazione di istruzioni o addirittura ridefinendo le operazioni. Per queste ragioni questo stadio di sviluppo si riferisce comunque a un progetto di R&S. A differenza dello stadio precedente si hanno qui in generale disponibili molti più dati reali per le valutazioni, tuttavia, bisogna considerare che i dati si riferiscono a processi non ancora ottimizzati e che quindi possono migliorare ulteriormente e di questo si deve tenere conto nell'esprimere delle valutazioni.

Stadio di prima industrializzazione

In questo stadio la tecnologia è stata sviluppata ma non esiste ancora un know how industriale che deve essere messo a punto con un'attività di LbyD sul primo impianto industriale. La valutazione della tecnologia in questo caso è molto delicata poiché presuppone che l'impianto industriale funzioni secondo quanto si può dedurre dal lavoro fatto durante lo sviluppo, cosa che non è sempre confermata nella realtà. Questa situazione è tipica nel quadro di uno sviluppo interno di un'innovazione in un'azienda mentre è meno frequente nel quadro di acquisto di tecnologie o di aziende, valutazione che deve tener conto in questo caso del rischio dovuto alla mancanza di esperienza industriale per la tecnologia.

Stadio industrializzato

In questo stadio la tecnologia esiste ed ha avuto un certo tempo per sviluppare un know how industriale e può quindi essere valutata sulla base dell'esperienza fatta. Il know how sarà tanto più ottimale quanto più lunga è quest'esperienza. Un punto importante da considerare nel caso di valutazione per l'acquisto di tecnologia riguarda le possibili differenze che possono esistere nelle condizioni di produzione che si utilizzeranno per la tecnologia in acquisto. Se le differenze sono importanti si potrebbero rendere necessarie modifiche nel know how e quindi un'attività di LbyD per renderla efficiente. Questo problema non si presenta generalmente nel caso di acquisto di azienda.

Premessa l'identificazione dello stadio di sviluppo delle tecnologie e le considerazioni conseguenti, la loro valutazione può essere fatta sulla base di quattro criteri:

- Criterio tecnico (affidabilità e potenzialità di miglioramento)
- Criterio di mercato (competitività del prodotto/servizio della tecnologia)
- Criterio economico (costi di produzione)
- Criterio ambientale (impatto, normative e percezione ambientale)

Ognuno di questi criteri deve essere analizzato seguendo le metodologie appropriate.

Valutazione tecnica

La valutazione tecnica di una tecnologia ovvero di un progetto di R&S consiste essenzialmente in una previsione del raggiungimento di certi miglioramenti ovvero di risultati tecnici accompagnati, soprattutto nel caso della R&S, da una previsione di costi per raggiungerli (budget del progetto) utilizzabili per la valutazione economica. Nel caso di tecnologie sviluppate, la valutazione si estende, oltre che ai miglioramenti potenziali anche all'aspetto di affidabilità della tecnologia. Come abbiamo già potuto vedere discutendo gli aspetti generali del LbyD e della R&S questa valutazione è spesso accompagnata, soprattutto negli stadi iniziali da una grande incertezza. Un approccio possibile per questa valutazione parte dal concetto di tecnologia come insieme di operazioni ciascuna caratterizzata da un insieme di istruzioni. Ora noi sappiamo che spesso le operazioni della nuova tecnologia sono

state usate anche in altre tecnologie conosciute per le quali esiste in generale una certa esperienza passata che può essere utilizzata per la valutazione. Questo approccio è utile ma non necessariamente sufficiente poiché le istruzioni per le operazioni della nuova tecnologia possono essere molto differenti da quelle usate nelle vecchie tecnologie e questo è un primo punto che deve essere considerato nella valutazione delle possibilità di successo. Un altro aspetto molto importante riguarda le interazioni tra le diverse operazioni nella nuova tecnologia che sono in linea di principio differenti da quelle esistenti nelle operazioni appartenenti a vecchie tecnologie e il cui insieme di operazioni è in generale differente da quello della nuova tecnologia. La valutazione del successo tecnico di una nuova tecnologia si basa quindi su :

- suddivisione della tecnologia in operazioni ed istruzioni
- storiche delle operazioni usate in altre tecnologie e considerate per la nuova
- influenza delle differenze tra le istruzioni usate nelle varie operazioni rispetto a quelle previste nella nuova tecnologia
- possibili nuove interazioni tra le varie operazioni della nuova tecnologia

Questo approccio pur nei suoi limiti rimane interessante per una valutazione tecnica al di là della semplice valutazione empirica basata sulla sensibilità dei ricercatori che conducono il progetto.

Valutazione di mercato

A parte le incertezze che si possono avere durante lo sviluppo di un progetto di R&S riguardo gli aspetti tecnici e i costi di produzione, per la valutazione del mercato di un nuovo prodotto si possono utilizzare i vari metodi del marketing che non è nostro compito illustrare. Un aspetto importante però da considerare riguardo al mercato è, nel caso dei progetti di R&S, la differenza temporale esistente tra il momento in cui si effettua la valutazione e il momento in cui si prevede il lancio del prodotto. Occorre infatti considerare il possibile panorama della competizione che potrà apparire sul mercato al momento del lancio del nuovo prodotto e dovuta sia a vecchi prodotti migliorati che a nuovi prodotti sviluppati dalla concorrenza. Un altro aspetto importante del mercato da considerare riguarda la possibilità di formazione di un fenomeno di lock-in tra i prodotti in concorrenza sul mercato.

Valutazione economica

La valutazione economica di una tecnologia ovvero di un progetto di R&S, al di là dei rischi associati alla tecnologia ed al mercato, è in generale condotta considerando costi di produzione, investimenti, eventuali costi di acquisto della tecnologia ovvero i costi dello sviluppo dell'innovazione alla stregua di un qualsiasi investimento a medio termine determinandone quindi la redditività. Un problema che si presenta sovente nelle fasi iniziali dei progetti di R&S è, come abbiamo già visto, la mancanza di dati ragionevolmente prevedibili necessari per i calcoli economici. In questo caso di norma si possono utilizzare dati che sono in realtà degli obiettivi per la R&S di quel progetto. I metodi finanziari applicabili, sono numerosi e più o meno sofisticati ai quali si accompagnano metodi decisionali e analisi di rischio più o meno complessi che non è nostro compito descrivere in questo contesto. La loro scelta può dipendere anche dal tipo di investimento alternativo alla tecnologia considerata o al progetto di R&S che può essere una tecnologia concorrente o altro tipo di investimento che si vuole considerare per la valutazione. Uno dei parametri più usati nel calcolo della redditività di un progetto di R&S è sicuramente quello del Valore Attuale Netto (VAN) e del periodo di Ritorno di Investimento (RDI) che rappresenta il numero di anni necessari affinché i profitti futuri dell'innovazione compensino gli investimenti fatti. In linea generale un buon progetto di R&S non supera i due anni di RDI mentre è considerato poco redditizio un progetto che necessita di 5 o più anni di RDI.

La valutazione dei costi e degli investimenti caratteristici di una tecnologia si basa, per quanto riguarda i costi di produzione, nella determinazione dei costi dei vari fattori di produzione (materie prime o semilavorati, energia, manodopera, oneri finanziari, costi di manutenzione, spese generali, ammortamenti, ecc.). In molti casi non ci si limita a valutare una tecnologia ma si effettua anche un confronto tra più tecnologie ed è indispensabile in questo caso sintonizzare i vari fattori scelti affinché i costi calcolati siano comparabili. Infine, in altri casi, può essere necessario valutare le tecnologie per differenti livelli di produzione. La variazione dei livelli di produzione influenza l'economia di una tecnologia in maniera differenziata. Alcuni fattori di costo come le materie prime e l'energia possono essere proporzionali alla produzione, altri fattori di costo come la manodopera, gli ammortamenti hanno un andamento complesso e la manodopera in particolare può avere un costo costante in certi campi di capacità di produzione. Gli ammortamenti, e quindi di riflesso il valore degli investimenti da effettuare, sono a loro volta una funzione non proporzionale della capacità produttiva. Per molti casi di impianti, e quindi per le tecnologie corrispondenti, e per certi campi di variazione della produzione, si ammette che l'investimento segua empiricamente una legge di questo tipo:

$$I = KP^n \quad (21)$$

Dove I rappresenta il valore dell'investimento, P il valore corrispondente della capacità di produzione, n un esponente in genere inferiore a 1 e in molti casi compreso tra 0,9 e 0,6 a seconda del tipo di impianto e K una costante. I valori di n e di K si possono determinare conoscendo almeno due coppie di valori di I e di P per un impianto determinato. L'equazione (21) prevede un andamento degli investimenti che aumenta in maniera meno che proporzionale che la capacità di produzione. Tutto ciò si comprende ad esempio considerando di poter aumentare una capacità di produzione aumentando il volume di un contenitore o di un'attrezzatura. In questo caso il materiale necessario per il contenitore o attrezzatura aumenta proporzionalmente meno poiché la sua quantità è legata alla superficie non al volume. I volumi non possono però, per ragioni tecniche, essere aumentati indefinitamente e l'esistenza di questi limiti rende necessario per certi valori di capacità di produzione uno sdoppiamento delle attrezzature. La conseguenza è che per un dato impianto, e quindi per una certa tecnologia, esistono sovente campi di capacità di produzione in cui gli investimenti aumentano in misura inferiore che la capacità di produzione ed altri invece in cui essi aumentano in maniera più che proporzionale rispetto alla capacità di produzione.

Utilizzazione di modelli

Quando è necessario valutare una tecnologia a vari livelli di produzione è utile elaborare dei modelli di impianto su calcolatore, ad esempio utilizzando un foglio elettronico. I modelli sono in genere basati su un bilancio di input/output dei vari tipi di materie ed energie che entrano ed escono dall'impianto ed i cui flussi sono proporzionali alla produzione. Associando poi i flussi considerati ai loro costi unitari è possibile avere anche i loro rispettivi costi. La metodologia usata per il foglio elettronico consiste nell'elaborazione di tabelle con le necessarie formule di calcolo che comprendono:

- Scenari di produzione con i dati di input per la produzione
- Parametri che collegano i dati di input con quelli di output
- Risultati dei dati calcolati di output
- Costi/Ricavi dei flussi
- Tabella degli investimenti in funzione della scala di produzione
- Tabella dei bisogni/costi di manodopera in funzione della scala di produzione
- Tabella ricapitolativa con il calcolo del costo totale di produzione

In questo modo è facile generare molti scenari di studio sommando poi i costi proporzionali con quelli ad andamento complesso (manodopera, ammortamenti, ecc.) per avere un costo totale corrispondente ai vari scenari da sottoporre alla valutazione.

Valutazione ambientale

La valutazione ambientale di una tecnologia ovvero un progetto di R&S riguarda essenzialmente il possibile impatto ambientale che può essere provocato dalla tecnologia industrializzata ovvero in sviluppo e che deve essere confrontato con le norme di protezione dell'ambiente e la loro possibile evoluzione. La valutazione ambientale di una tecnologia è in generale assai complessa poiché gli effetti della tecnologia sull'ambiente agiscono a livelli diversi di cui è difficile valutarne il peso reciproco. Possiamo in effetti considerare tre livelli di impatto ambientale per una tecnologia che sono:

- Impatto diretto dovuto a effetti tossicologici delle emissioni sull'uomo attraverso l'inquinamento di aria, acqua e suolo.
- Impatto locale come le piogge acide, l'eutrofizzazione dei laghi e la formazione di smog
- Impatto globale come l'effetto serra e l'assottigliamento dello strato di ozono

L'interesse di procedere ad una valutazione ambientale dettagliata di una tecnologia, al di là del rispetto delle norme vigenti sulla protezione dell'ambiente, dipende molto da fattori locali dove la tecnologia è destinata ad essere impiegata. Sono noti i problemi di insediamenti industriali con utilizzazione di tecnologie contro le quali sorge l'opposizione della popolazione che in certi casi riesce a bloccare l'insediamento se non addirittura a far chiudere impianti. Occorre subito notare che la popolazione reagisce sulla base di una sua "percezione ambientale" e non su dati obiettivi di impatto. Questo fa sì che tecnologie relativamente inquinanti siano accettate in certe zone ed altre meno inquinanti rifiutate in altre zone. In ogni caso tutte le volte che si procede ad una valutazione di tecnologie che possono essere utilizzate in zone con forte sensibilità ambientale è bene procedere a un'analisi dettagliata degli impatti ambientali al di là delle esigenze di rispetto delle normative. Esistono varie metodologie per le valutazioni ambientali alcune volte troppo complesse o arbitrarie per essere di interesse pratico, tra le metodologie più diffuse possiamo citare quella chiamata LCA (Life Cycle Assessment), utile per una misura degli impatti ambientali, e anche una seconda, chiamata AHP (Analytic Hierarchy Process), di interesse per una valutazione globale dell'inquinamento a partire dai valori di impatto determinati.

Valutazione globale

Condurre una valutazione globale di una tecnologia ovvero di un progetto di R&S significa tradurre i risultati dei quattro tipi di valutazione fatta: economica, tecnica, ambientale e di mercato in termini integrabili che possano permettere di calcolare un qualche indice unico di valutazione. Come sappiamo le valutazioni economiche e di mercato possono facilmente portare a risultati quantitativi definiti, la valutazione tecnica può anch'essa essere tradotta in termini economici anche se con incertezze più o meno grandi mentre la valutazione ambientale porta a giudizi qualitativi o ad indici il cui calcolo resta comunque molto soggettivo. Esistono vari metodi per eventualmente monetizzare impatti ambientali o stabilire regole di analisi decisionali in ambito di valutazioni basati su criteri multipli. La maggior parte di questi metodi contiene aspetti di valutazione molto soggettivi che generalizzati possono indurre in valutazioni errate. Metodi più semplici riguardano invece la trasformazione dei vari risultati di valutazione in indici relativi che possono poi essere confrontati per effettuare una valutazione globale.

4.1 Selezione dei progetti di R&S

Se la selezione di una tecnologia può essere fatta normalmente confrontando semplicemente le valutazioni con quelle delle varie tecnologie alternative, più complessa si può presentare la selezione di progetti di R&S che possono essere molto più numerosi e con obiettivi, stati di avanzamento anche molto differenti tra di loro a fronte di un budget disponibile per i progetti necessariamente limitato.

Nella misura possibile la selezione e valutazione di un progetto di R&S nella sua fase iniziale avviene sulla base di studi preliminari ricorrendo ad esperienze solo in seconda battuta quando non è possibile discriminare altrimenti. Occorre notare che nel caso di progetti nella loro fase iniziale è molto difficile effettuare valutazioni e selezioni per mancanza di dati ed informazioni essenziali ed una certa quantità di denaro è indispensabile per condurre studi ed esperienze preliminari che permettano una prima valutazione (seed money). In conclusione la valutazione è quindi un'operazione preliminare che permette poi di fare una selezione.

Il problema centrale della valutazione e selezione dei progetti di R&S risiede nell'incertezza e rischio che accompagnano questi progetti. Come abbiamo già potuto discutere nella parte teorica dedicata alla R&S, sappiamo che in generale il rischio di abbandono di una tecnologia in sviluppo, e quindi di un progetto di R&S, è tanto maggiore quanto meno avanzato è il progetto. D'altra parte i costi del progetto sono contenuti nelle fasi di ricerca applicata ma diventano sempre più importanti durante lo sviluppo con la realizzazione di impianti pilota o prototipi e quindi nella realizzazione del primo impianto industriale. Nella Fig. 12. abbiamo riportato molto schematicamente l'evoluzione del costo e del rischio di insuccesso durante lo sviluppo di un progetto di R&S. Come si può vedere, il rischio diminuisce mentre i costi aumentano con il progredire del progetto. Questa evoluzione invertita per i due fattori di rischio e costo rende difficile le valutazioni soprattutto nelle fasi intermedie del progetto dove i costi aumentano e i rischi di insuccesso restano relativamente alti (Valle della Morte dei progetti di R&S). D'altra parte non bisogna trascurare il problema della valutazione e selezione iniziale, dove è vero che i budget dei costi sono bassi, ma dove un errore di valutazione e quindi di selezione può far perdere tempo in un progetto di R&S che dovrà poi essere abbandonato dando eventualmente vantaggi di tempo ad altri progetti di R&S della concorrenza con un conseguente futuro scontro sul mercato in condizioni sfavorevoli. In conclusione si può affermare che la particolare natura di un progetto di R&S rende necessaria una valutazione continua del progetto. In pratica vengono fatte valutazioni ai vari stadi di sviluppo tecnico (milestone) e durante le transizioni importanti come per la decisione di costruire impianti pilota o prototipi o per procedere all'industrializzazione come vedremo discutendo della gestione di un progetto di R&S.

Come abbiamo visto presentando gli aspetti generali della R&S, il ciclo di un nuovo prodotto presenta all'inizio esborsi di denaro per il suo sviluppo e in seguito incassi di denaro in forma di profitti delle vendite fino al periodo in cui il prodotto resterà sul mercato come nella Fig. 10. Perché il ciclo sia economicamente interessante per l'azienda occorre che la totalità dei profitti di vendita sia superiore agli esborsi ed il margine sia comparabile o superiore a quanto realizzabile attraverso un investimento alternativo dell'azienda nello stesso periodo di tempo considerato. Nella valutazione di un progetto di R&S occorre quindi effettuare una previsione di quanto potrà costare lo sviluppo dell'innovazione e quanto potranno essere i futuri profitti generati dall'innovazione che potranno essere legati al mercato del nuovo prodotto o semplicemente a una riduzione dei costi di produzione per il miglioramento o l'uso di un nuovo processo.

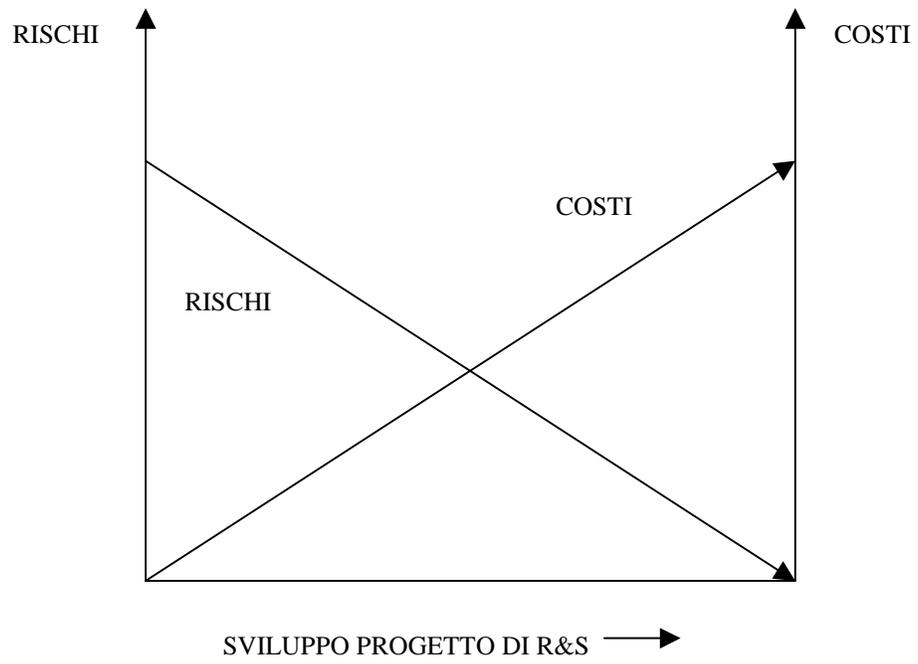


Fig. 12. Evoluzione dei rischi e dei costi nello sviluppo di un progetto di

In pratica occorre prevedere l'evoluzione dei flussi di denaro come rappresentata dal grafico della Fig. 10. Si noti infine che all'incertezza dei costi dello sviluppo così calcolati si aggiunge poi l'incertezza riguardo al successo tecnico dell'innovazione e del mercato del prodotto. Infatti, per quanto riguarda il mercato e indipendentemente dalle previsioni economiche e dai rischi di insuccesso tecnico, il prodotto, al momento della sua entrata sul mercato, può trovarsi in concorrenza con altri nuovi prodotti o vecchi prodotti migliorati con i quali si può sviluppare una competizione con un esito incerto.

Al fine di avere sistemi di valutazione dei progetti di R&S adatti per la loro eventuale sono state sviluppate varie metodologie. I sistemi più semplici si basano su valutazioni di tipo economico più o meno sofisticate, spesso basate sul calcolo del RDI, e che considerano allo stesso tempo dei fattori probabilistici soggettivi riguardo al successo tecnico e di mercato del nuovo prodotto. Ne risulta in questo caso una selezione basata in genere su una classificazione secondo un certo ordine dei progetti la cui posizione dipende più dalla sensibilità della persona che esegue questo compito che dall'eventuale indice numerico calcolato per il progetto. Altre metodologie, come quella detta del Diamante di Merrifield, tiene conto di un totale di 12 fattori collegati al progetto di cui 6 in relazione con l'importanza del business generato dal progetto e 6 in relazione con l'effettività del progetto e con le potenzialità e le strategie perseguite dall'azienda. Una critica generale che si può fare ai vari metodi proposti è che sono troppo dipendenti dalla sensibilità personale del valutatore ovvero inutilmente sofisticati visto il grado di elevata incertezza che comunque accompagna un progetto di R&S soprattutto agli inizi. Noi descriveremo qui di seguito un metodo di valutazione globale di progetti di R&S relativamente semplice che tiene conto del percorso nei Paesaggi Tecnologici delle innovazioni in sviluppo e del rischio di insuccesso sia dal punto di vista tecnico che ambientale.

Consideriamo la valutazione di un Progetto di R&S nella sua fase iniziale da un punto di vista del Paesaggio Tecnologico della nuova tecnologia in sviluppo. Il punto di partenza nel paesaggio è molto probabilmente caratterizzato da una bassa efficienza vista la situazione preliminare delle ricerche. Il problema della valutazione non è tanto quello di situare il punto di partenza quanto di prevedere la possibilità di effettuare un percorso esplorativo che permetta di raggiungere un punto di alta efficienza tenendo conto che tanto più lungo sarà il percorso tanto più costosa sarà la ricerca, inoltre, l'efficienza del punto trovato dovrà essere sufficientemente elevata da poter affrontare la competizione sul mercato con le altre tecnologie alternative. Consideriamo ora di valutare da una parte l'aspetto economico e di mercato, ad esempio calcolando un valore di redditività (espressa ad esempio come inverso del RDI) che tenga conto anche dei rischi del mercato, e dall'altra parte un indice di rischio di insuccesso tecnologico e ambientale determinato attraverso un esame delle operazioni e istruzioni della tecnologia sviluppata come descritto precedentemente. In questo caso un progetto di R&S può essere rappresentato da un punto in un piano, che possiamo chiamare piano di rappresentazione dei progetti di R&S, come riportato alla Fig. 13.

Il piano della Fig.13 può essere diviso in quattro quadranti A, B, C, D che rappresentano quattro aree caratterizzate da:

- Quadrante A:** area con basso rischio di insuccesso e bassa redditività
- Quadrante B:** area con basso rischio di insuccesso e alta redditività
- Quadrante C:** area con alto rischio di insuccesso e alta redditività
- Quadrante D:** area con alto rischio di insuccesso e bassa redditività

Volendo procedere a una selezione di progetti si può caratterizzarli con la loro posizione sul piano, e quindi nel quadrante corrispondente, il che permette di fare le considerazioni seguenti:

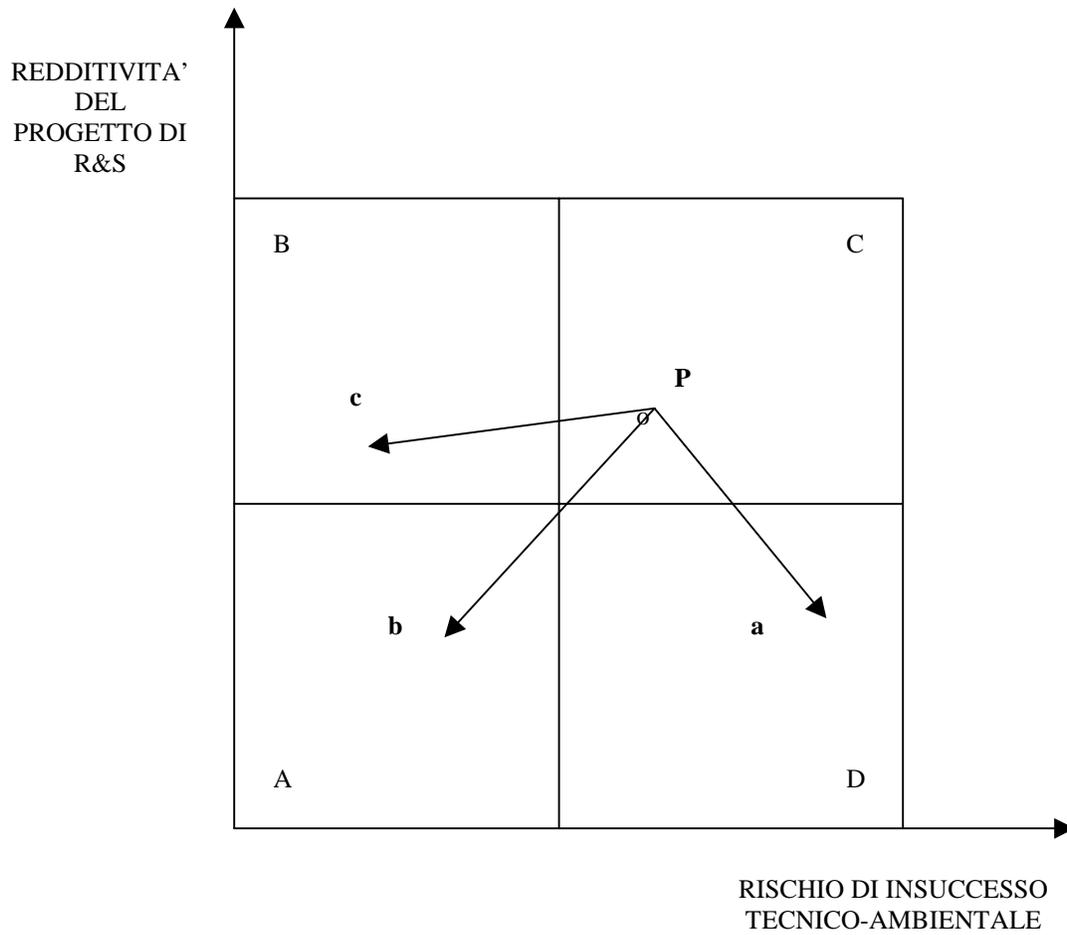


Fig. 13. Rappresentazione di un progetto di R&S

Quadrante A: questo quadrante comprende progetti di R&S caratterizzati da basso rischio di insuccesso ma anche bassa redditività. Si tratta in generale di progetti R&S legati a miglioramenti di processo e collegati ad innovazioni già in stato avanzato di sviluppo. In generale in questa zona la redditività è troppo bassa per accettare progetti di innovazione di prodotto.

Quadrante B: questo quadrante comprende progetti di R&S caratterizzati da basso rischio di insuccesso e alta redditività e che quindi sono nelle condizioni migliori per la loro accettabilità. Questa posizione è però piuttosto rara per progetti che sono all'inizio del loro sviluppo.

Quadrante C: questo quadrante comprende progetti di R&S caratterizzati da alto rischio di insuccesso ma alta redditività. In questa situazione si ritrova la maggior parte dei progetti di R&S agli inizi del loro sviluppo e che possono essere considerati accettabili.

Quadrante D: questo quadrante comprende progetti di R&S caratterizzati da alto rischio di insuccesso e bassa redditività. Si tratta di progetti di R&S tipicamente da scartare.

Come si può vedere il posizionamento di una serie di progetti di R&S sul piano permette di fare delle selezioni premiando i progetti caratterizzati il più possibile da basso rischio di insuccesso ed alta redditività e che possono essere finanziati dal budget disponibile per la R&S.

Consideriamo ora un tipico progetto di R&S agli inizi e rappresentato nel grafico della Fig.13 dal punto P. Come nella maggior parte dei progetti di R&S poco avanzati esso promette una buona redditività ma ha ancora un elevato rischio di insuccesso tecnico-ambientale. L'avanzamento del progetto porterà, attraverso le varie valutazioni, ad uno spostamento delle sue posizioni tipicamente rappresentate dai vettori **a**, **b** e **c**. che corrispondono alle possibili evoluzioni seguenti:

Caso a: in questa situazione il lavoro sul progetto ha mostrato probabili riduzioni della redditività prevedibile accompagnata da rischi più elevati di insuccesso. Si tratta tipicamente di un progetto da abbandonare.

Caso b: in questa situazione il lavoro sul progetto ha potuto ridurre il rischio di insuccesso ma ha rivelato una redditività più bassa di quella stimata all'inizio. In questo caso occorre verificare se il nuovo valore di redditività prospettata è compatibile con gli aspetti economici e di mercato del nuovo prodotto.

Caso c: in questa situazione il lavoro sul progetto ha potuto ridurre i rischi di insuccesso e mantenere o meglio, in alcuni casi, aumentare la redditività prevista per l'innovazione. Si tratta tipicamente di una situazione di successo per il progetto.

5. GESTIONE DI UN PROGETTO DI R&S

Abbiamo già citato come l'attività di R&S si possa svolgere nella maniera più efficace sotto forma di progetto. Da questo punto di vista la gestione di un progetto di R&S non è essenzialmente differente dalla gestione di qualsiasi altro tipo di progetto anche se presenta alcuni aspetti peculiari. In linea generale la gestione di un progetto è divisa in una sequenza di varie fasi di un ciclo come: pianificazione, organizzazione, implementazione, controllo e presentazione dei risultati o in qualche caso, abbastanza frequente per la R&S, una riprogrammazione e quindi nuovo inizio del ciclo a partire dalla pianificazione. Questo schema di fasi è riportato nella Fig. 14. considerando un progetto di R&S nel quadro dell'attività di un'impresa con una direzione aziendale che decide del suo inizio e della eventuale continuazione.

Non è nostro compito procedere a una presentazione dettagliata delle tecniche generali di gestione di progetto, tuttavia vogliamo sottolineare alcuni aspetti particolari dell'attività di R&S che possono influenzare la gestione del progetto. Ricordiamo anzitutto una definizione di progetto particolarmente valida nel caso della R&S e cioè:

Un progetto è un'impresa unica non ripetibile intrapresa per ottenere risultati pianificati entro limiti di tempo e di budget disponibili.

La missione della gestione di un progetto è quindi quella dirigerlo in maniera di assicurare la qualità dei suoi risultati e la loro aderenza agli obiettivi del progetto entro i limiti di tempo e budget disponibili.

In linea generale l'inizio di un progetto di R&S è deciso dalla direzione aziendale sulla base di una valutazione ed eventualmente una selezione di proposte di sviluppo di innovazioni che contengono una descrizione della natura dell'innovazione e delle sue potenzialità tecniche, economiche e di mercato e dell'accettabilità ambientale della nuova tecnologia come abbiamo visto precedentemente riguardo alla generazione, valutazione e selezione di un progetto di R&S. Una pianificazione preliminare del progetto è quindi in generale indispensabile per stabilire i suoi tempi e budget e deve essere inclusa nella proposta per la presa di decisione da parte della direzione aziendale. Questa opera di pianificazione è ripresa poi nel dettaglio una volta approvato il progetto seguita quindi dalle altre fasi di esecuzione del progetto.

Pianificazione

La pianificazione di un progetto di R&S sia nel quadro dell'elaborazione di una proposta che per l'inizio del progetto è una fase molto importante e con aspetti peculiari. Un progetto di R&S si distingue da altri progetti, come ad esempio la costruzione di un edificio, per la presenza, soprattutto all'inizio, di un elevato grado di incertezza. Non dimentichiamo che l'attività di R&S è rappresentata da un percorso esplorativo in un Paesaggio Tecnologico di cui normalmente non conosciamo l'andamento. E' buona norma in questi casi dividere il lavoro da fare in tappe le più piccole possibili alla fine delle quali è possibile fare una valutazione del progetto e decidere della sua continuazione. In alcuni casi è utile prevedere nel quadro del progetto la possibilità di riprogrammare dopo controllo il lavoro anche più volte prima di dichiarare concluso il progetto e presentare i risultati alla direzione. Un altro aspetto importante della pianificazione della R&S è nelle priorità di studio delle varie operazioni che costituiscono la tecnologia in sviluppo. Infatti è buona norma affrontare dapprima le operazioni che appaiono più difficili e critiche per la tecnologia per verificare il più presto possibile l'eventuale fattibilità dell'innovazione.

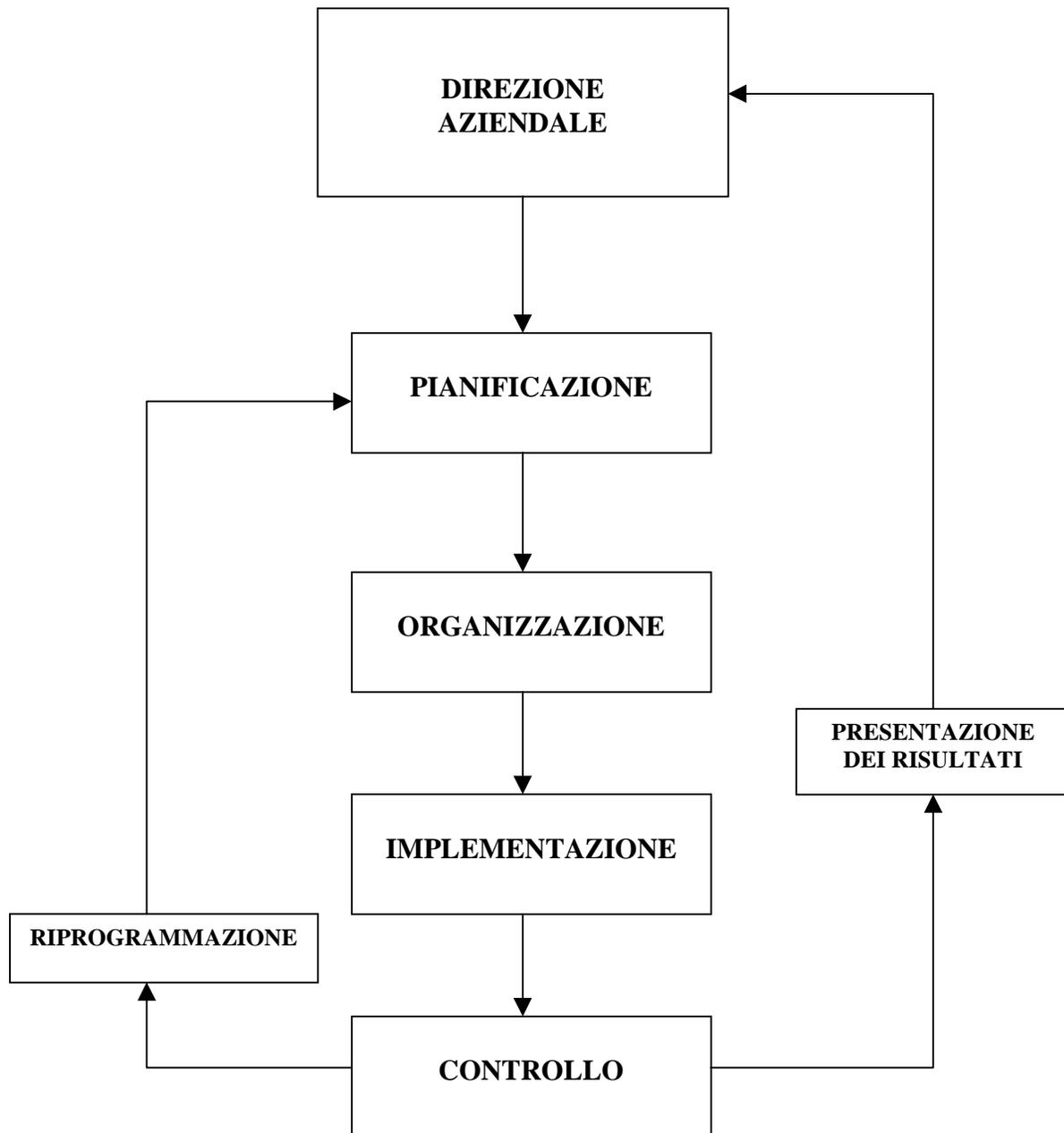


Fig. 14. Le funzioni della gestione di un progetto di R&S

Lo scopo di questo tipo di pianificazione per tappe di dimensione ridotte e di scelta prioritaria di studio dei punti più critici ha come scopo di ridurre i rischi finanziari del progetto che, nel caso in cui i risultati siano insoddisfacenti, può così essere abbandonato rapidamente con costi contenuti.

Per quanto riguarda la pianificazione di dettaglio un progetto di R&S non si differenzia da altri progetti e si possono usare vari metodi come i cronogrammi (diagrammi di Gantt), il metodo PERT per la pianificazione dei compiti e il metodo CPM per la gestione dei costi

Organizzazione

Organizzare un progetto di R&S significa stabilire le relazioni di lavoro e le comunicazioni per il progetto e presuppone la disponibilità del personale necessario al progetto. La forma dell'organizzazione riflette la disciplina con la quale il progetto è diretto. La struttura dell'organizzazione riflette gli strumenti con i quali si soddisfano le esigenze del progetto. La scelta del personale per il progetto è un aspetto importante per il successo della R&S. E' importante di avere disponibile personale competente e motivato per il lavoro da fare poiché in nessun altro caso come la R&S la mancanza di questi requisiti, anche in misura parziale, porta con alta probabilità a risultati negativi. Infine si noti che l'attribuzione di un compito necessita anche contemporaneamente l'assegnazione di responsabilità e di mezzi per la sua esecuzione.

Implementazione

L'implementazione rappresenta nel lavoro di gestione di un progetto di R&S l'attività di assistenza al progetto che permette a questo di svolgersi normalmente. Si tratta generalmente della fase temporale più lunga del progetto. Come abbiamo già visto discutendo gli aspetti generali della R&S e della creatività è molto importante che il personale che lavora sul progetto sia altamente motivato e che la gestione del progetto avvenga in maniera partecipativa evitando metodi eccessivamente gerarchici e burocraticamente formali. In effetti il bisogno di creatività non termina con la generazione dell'idea innovante ma continua lungo tutto il progetto di R&S alla ricerca delle migliori soluzioni per la combinazione delle operazioni e la sintonizzazione delle istruzioni necessarie per il successo dell'innovazione.

Controllo

Nella fase di controllo del progetto si esaminano essenzialmente i risultati ottenuti rispetto agli obiettivi, al tempo ed al budget del progetto. Nel caso della R&S non è sufficiente esaminare i risultati tecnici ottenuti, aspetto efficientistico del progetto, ma anche l'effettività dei risultati e cioè la loro aderenza agli obiettivi e alle strategie generali dell'azienda. La valutazione del lavoro del personale del progetto deve essere fatta sui risultati ottenuti e non sul potenziale dei risultati ottenibili.

Riprogrammazione

Nel quadro del controllo di un progetto di R&S può essere prevista la possibilità di riprogrammare l'attività alla ricerca di risultati migliori tenendo conto che questa riprogrammazione non sarebbe stata possibile all'inizio del progetto senza conoscere i primi risultati. Questo ciclo può essere eventualmente ripetuto più volte prima della conclusione dei lavori e passaggio alla fase di presentazione dei risultati. Se un progetto è stato suddiviso in più fasi si eseguirà un controllo alla fine di ogni fase ed avendo disponibile ulteriore tempo e budget si potrà, se i risultati lo giustificano, procedere alla pianificazione dell'ulteriore fase, altrimenti si procederà alla presentazione dei risultati.

Presentazione dei risultati

La presentazione dei risultati di un progetto di R&S rappresenta un momento molto critico poiché è in generale sulla base di questa presentazione che vengono prese decisioni sulla continuazione dello

sviluppo o industrializzazione dell'innovazione. In generale la presentazione dei risultati avviene attraverso la realizzazione di un rapporto scritto accompagnato da una presentazione orale ed eventualmente da prodotti o prototipi realizzati durante il progetto. Il punto più critico sia per la presentazione scritta che per quella orale dei risultati e conclusioni di un progetto di R&S risiede nella differenza del campo di esperienza e conoscenza che esiste tra il personale che ha condotto il progetto e le persone della direzione aziendale che devono valutarlo. Questi due campi di esperienza e conoscenza hanno generalmente una zona comune. E' importante che la presentazione scritta od orale avvenga utilizzando espressioni che appartengono il più possibile a questa zona comune per ottenere il massimo di efficacia nella comprensione di quanto è presentato e quindi assicurando che le decisioni che potranno essere prese lo siano su una reale base obiettiva di giudizio dei risultati ottenuti dalla R&S.

6. FINANZIAMENTO DELL'INNOVAZIONE TECNOLOGICA

Il finanziamento dell'innovazione è un aspetto molto importante di questa attività in considerazione dell'incertezza dei risultati e allo stesso tempo dell'importanza strategica delle innovazioni tecnologiche per un'azienda. Occorre subito chiarire che i costi investiti nello sviluppo di un'innovazione in un'azienda non si limitano al lavoro di R&S. A parte gli investimenti necessari per gli impianti di produzione, l'azienda deve affrontare eventuali costi di studi di tendenza tecnologica e soprattutto studi di mercato, che per buona norma accompagnano il lavoro di sviluppo lungo tutto il suo cammino, e come pure costi di commercializzazione iniziale spesso importanti. L'esperienza mostra che spesso questi costi possono essere dello stesso ordine di grandezza dei costi veri e propri di R&S. Se poi il prodotto è destinato al pubblico, e necessita di spese pubblicitarie e di promozione per il suo lancio, i costi esterni alla R&S diventano estremamente importanti e non è raro che il costo di R&S rappresenti meno del 10% del costo totale per lo sviluppo e lancio del prodotto.

Un altro aspetto che riguarda il finanziamento dell'innovazione è la questione di quanto efficace possano essere gli investimenti in R&S riguardo al successo ottenibile per le innovazioni studiate, cioè, in altre parole, se ad un aumento di finanziamenti disponibili, e quindi di numero di progetti di R&S finanziabili, corrisponda anche un aumento proporzionale del numero di innovazioni di successo. La questione non è banale poiché è facilmente riscontrabile nella realtà che non esiste una relazione lineare tra il volume dei finanziamenti messi a disposizione ed il numero di innovazioni di successo ottenute. Nella realtà i processi innovativi si possono influenzare tra di loro attraverso lo scambio di informazioni sulle varie operazioni ed istruzioni che compongono le tecnologie in sviluppo attraverso processi diretti all'interno di un'azienda o esterni come si visto nella rappresentazione del doppio ciclo di capitali interni e informazioni esterne per la R&S presentata nella Fig. 7. Il flusso di informazioni permette di ridurre i tempi e i costi di esplorazione dei Paesaggi Tecnologici per trovare condizioni ottimali e può inoltre far nascere ulteriori innovazioni e applicazioni tecnologiche. Questo fatto fa sì che in presenza di un sufficiente numero di progetti di R&S che interagiscono positivamente tra di loro si possono formare condizioni critiche che portano alla generazione di innovazioni in grande numero con costi di sviluppo più bassi assistendo così a un forte sviluppo tecnologico. Questa situazione può essere convenientemente rappresentata nel diagramma della Fig. 15 in cui su un asse si riporta il numero di idee innovanti e sull'altro i finanziamenti disponibili per queste idee. Lo spazio di questo diagramma può essere diviso in una zona A al di sopra di una curva che la delimita e che può essere chiamata curva della criticità dei finanziamenti della R&S. Nella zona A si ha un numero di idee innovanti e finanziamenti sufficienti per creare le condizioni supercritiche autocatalitiche che portano al forte sviluppo tecnologico, in condizioni di "technology push", descritto precedentemente.

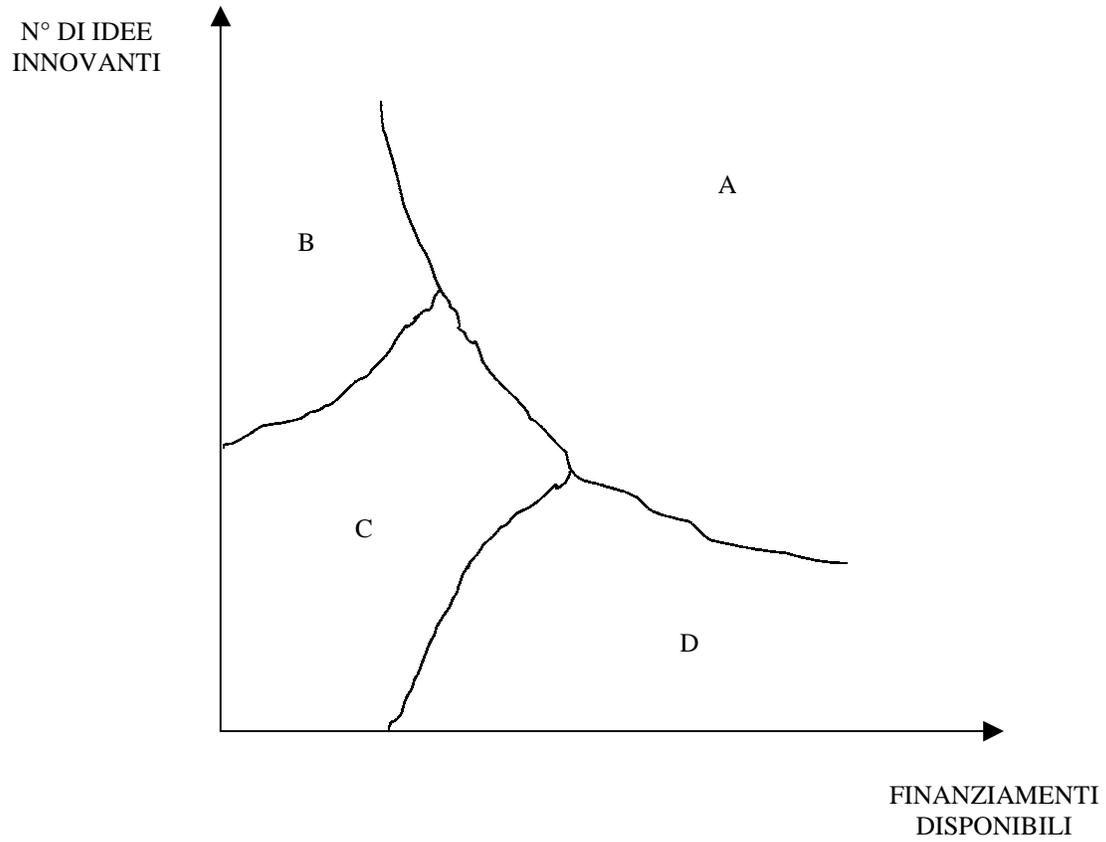


Fig. 15. Criticità dei finanziamenti disponibili per la R&S

Al di sotto della curva si trova invece una zona subcritica che può a sua volta essere divisa in tre aree B, C e D. La zona B corrisponde a una situazione con molte idee innovanti ma pochi finanziamenti disponibili. In questo caso è probabile che il finanziamento di progetti di R&S in queste condizioni porti a molti casi di insuccesso per mancanza di fondi sufficienti per lo sviluppo. La zona C è caratterizzata da pochi fondi disponibili e poche idee innovanti. In questa situazione si ha a un numero limitato di progetti sul cui successo vige la più grande incertezza. Infine, la zona D è caratterizzata da fondi disponibili importanti ma poche idee innovanti. Il finanziamento dei progetti di R&S in questo caso resta sottoposto all'incertezza sul successo già segnalata per la zona C, inoltre, se fondi importanti disponibili sono ripartiti per i pochi progetti disponibili si rischia di avere costi della R&S inutilmente elevati unitamente a un basso successo nei progetti. Un'ultima osservazione riguarda la posizione della curva delimitante la zona supercritica da quella subcritica, essa dipende infatti dall'efficienza con cui il sistema è in grado di condurre l'attività di R&S. Più il sistema è efficiente più la curva si avvicina agli assi del grafico e più facilmente si possono raggiungere le condizioni di autocatalisi.

Per quanto riguarda l'origine possibile dei finanziamenti per l'innovazione possiamo considerare naturalmente prima di tutto l'autofinanziamento. Tuttavia il rischio e l'incertezza che accompagna l'attività di R&S fa sì che spesso venga considerata la possibilità di finanziamenti esterni, in particolare di origine pubblica, che giustamente vengono resi disponibili per aiutare questo tipo di attività che ha in generale una ricaduta su tutta l'economia di un paese. I possibili finanziamenti esterni all'azienda sono i seguenti:

Prestito bancario

Il ricorso al prestito bancario può costituire un primo mezzo di finanziamento esterno. Tuttavia il rischio associato all'innovazione e il ritorno finanziario generalmente a medio termine non lo rendono particolarmente adatto se non per innovazioni limitate con basso rischio tecnico e commerciale. In effetti, per una ricerca efficace di finanziamenti per l'innovazione, *occorre se possibile trovare una controparte finanziaria che accetta di assumere dei rischi nella misura più vicina a quelli che sono accettati dall'azienda*, il che non è il caso per il prestito bancario.

Capitale rischio

Questo metodo di finanziamento è interessante nel caso di strategie aziendali molto innovanti con rapidi ritorni di investimento. In Europa come negli USA esistono numerose società finanziarie pubbliche e private che finanziano con capitale a rischio. Benché la maggioranza di questi finanziamenti sono destinati a progetti in fase di industrializzazione, una parte minore di questi finanziamenti è tuttavia disponibile per progetti di R&S in fase iniziale (Capital seed). Il finanziamento è fatto in generale con un aumento di capitale o la creazione di una società specifica per lo sviluppo e sfruttamento dell'innovazione. La gestione di questo tipo di finanziamento è alquanto delicata per l'equilibrio che occorre tenere con i soci e per il bisogno che si può avere di nuovi capitali per realizzare l'industrializzazione e la commercializzazione dell'innovazione. Un altro momento delicato riguarda l'uscita del capitale rischio dalla società una volta realizzati gli obiettivi di redditività dell'innovazione.

Aiuti pubblici

L'aiuto pubblico all'innovazione può avvenire sotto forma di prestito o sovvenzione. Il prestito ha generalmente agevolazioni sul tasso di interesse che può essere anche nullo e in molti casi non necessita di garanzie. La forma più interessante è comunque quella del prestito senza interessi rimborsabile solo in caso di successo. Un punto delicato consiste qui nella definizione di successo e del piano di restituzione del prestito che può presentare problemi in caso di ritardi nell'industrializzazione

e commercializzazione dell'innovazione. La sovvenzione, che in generale è a fondo perduto, è naturalmente una forma ancora più interessante del prestito non essendo legata al successo dell'innovazione. Essa può avere l'inconveniente di essere limitata nel suo montante ed è normalmente accompagnata dalla richiesta di un impegno da parte dell'azienda di mettere a disposizione una somma per il progetto spesso equivalente al montante della sovvenzione.

Cooperazione

Una forma interessante di finanziamento indiretto di un'innovazione è la collaborazione ovvero il co-sviluppo dell'innovazione nel quadro di un gruppo di imprese che compartecipano alle spese ed ai risultati del progetto. Questo può essere condotto all'interno del gruppo di imprese o da un'organizzazione esterna in grado di svolgerlo e che eventualmente ha avuto anche l'iniziativa di lanciarlo (progetto multicliente). Questo tipo di cooperazione, che abbiamo già discusso precedentemente descrivendo gli aspetti generali dell'innovazione tecnologica, permette di ridurre notevolmente i costi della R&S per ciascuna impresa ed è in particolare interessante per le piccole imprese. La gestione di questo tipo di progetto è tuttavia abbastanza delicata e richiede metodi sperimentati di management partecipativo, il che consiglia in generale una gestione del progetto esterna al gruppo di imprese o la costituzione addirittura di una società di sviluppo dell'innovazione ad hoc. Per mancanza di risorse umane spesso la piccola impresa ha difficoltà a internalizzare i risultati della cooperazione in maniera rapida e produttiva. Risulta quindi utile strutturare il progetto di R&S cooperativo in maniera di tener conto di questi problemi, ad esempio prevedendo che del personale delle aziende partecipanti passi del tempo in altre aziende o in laboratori coinvolti nel progetto per migliorare l'efficacia del trasferimento di tecnologia e adattare l'innovazione alla situazione specifica dell'azienda.

7. INDUSTRIALIZZAZIONE DELL'INNOVAZIONE TECNOLOGICA

L'industrializzazione dell'innovazione tecnologica risultante da un'attività di R&S rappresenta la fase di transizione tra R&S e produzione. In questa fase si assiste a una sovrapposizione della parte finale di un progetto di R&S, che deve assicurare l'avviamento industriale dell'innovazione, con il compito non facile per la produzione che deve acquisire un know how e assicurare condizioni di produzione efficienti.

Dal punto di vista finanziario l'industrializzazione rappresenta un punto cruciale poiché accanto a investimenti di una certa importanza necessari per una produzione industriale esiste un certo grado di rischio riguardo alla parte tecnica ed eventuali incertezze riguardo al mercato. Se dal punto di vista del mercato si possono utilizzare opportune strategie per assicurarne il successo, per la parte tecnica l'intervento possibile è in genere limitato dal lavoro di LbyD che è possibile fare per risolvere eventuali problemi tecnici che possono sorgere a livello industriale. La valutazione dei risultati dell'attività di R&S necessaria per prendere una decisione riguardo all'industrializzazione dell'innovazione deve quindi essere molto attenta vista l'importanza che questa decisione riveste per l'azienda. Al momento venuto di fare una valutazione se industrializzare o no un'innovazione si hanno in generale a disposizione molti dati di natura tecnica, ambientale, economica e di mercato. Il marketing avrà seguito ad esempio passo per passo lo sviluppo del prodotto, studiato il mercato e suggerito le modifiche più interessanti da fare sul prodotto per renderlo il più competitivo possibile. Con dati meno incerti sulle possibili vendite e sulle possibili condizioni di produzione i conti economici possono diventare più sicuri e la valutazione può al limite essere fatta come una qualsiasi valutazione tecnologica di un processo industriale. Ciononostante nella decisione per un'industrializzazione resta comunque sempre

una zona grigia di incertezza più o meno ampia dovuta al fatto che il Paesaggio Tecnologico nel quale si è operata una certa ottimizzazione delle condizioni di produzione a livello di impianto pilota o prototipo può essere alquanto differente da quello corrispondente nelle condizioni industriali sia perché i fattori di produzione che determinano l'efficienza cambiano di valore o addirittura perché alcuni non hanno potuto essere presi in considerazione durante il lavoro di R&S. *Questo fatto rende necessario un nuovo lavoro di ottimizzazione della tecnologia sul piano industriale.* Un altro aspetto riguarda il fatto che difficilmente l'impianto industriale progettato potrà avere quella flessibilità di modifica delle istruzioni utilizzabili per ottimizzare il processo come si può avere nell'attività di R&S. *Questo fatto si traduce nella considerazione che un processo è industrializzabile con successo se l'insieme delle istruzioni ottimali trovate dalla R&S riescono a sviluppare un progetto di impianto industriale in cui i limiti di variazione delle istruzioni possibili, permessi dalla sua ingegneria, comprendano istruzioni sufficientemente efficienti per la conduzione del processo a livello industriale.* Il realizzarsi di queste condizioni non è banale poiché, come abbiamo visto precedentemente, è difficile che nel quadro della R&S si possano studiare delle condizioni di lavoro esattamente identiche a quelle che invece si avranno sull'impianto industriale con la conseguenza che il Paesaggio Tecnologico esplorato durante l'attività di R&S risulti poi differente da quello che caratterizza le condizioni di utilizzazione industriale della tecnologia. Quindi non si può completamente escludere il caso in cui le differenti condizioni di lavoro e i limiti alla variabilità delle istruzioni dell'impianto industriale impediscano il raggiungimento di condizioni ottimali. E' importante allora domandarsi se il lavoro di esplorazione del Paesaggio Tecnologico ovvero se il progetto di R&S sia stato portato sufficientemente avanti e che quindi l'innovazione sia veramente matura per l'industrializzazione. Questo problema è piuttosto importante, spesso, sulla spinta ad esempio della direzione aziendale che vuole una conclusione rapida del lavoro di R&S per iniziare il più presto possibile lo sfruttamento della tecnologia, innovazioni non mature vengono industrializzate traducendosi in un insuccesso. Se all'interno di un'azienda questo comporta importanti perdite di tempo e denaro, nel caso di innovazioni destinate alla vendita di tecnologia la situazione diventa oltremodo drammatica poiché il fallimento di un primo impianto dimostrativo decreta in generale l'invendibilità della tecnologia.

Concludendo il successo dell'industrializzazione di un'innovazione è favorito da:

- Uno sviluppo sufficientemente maturo dell'innovazione
- Una valutazione effettiva dell'innovazione
- Una buona collaborazione tra R&S e produzione

Il successo di industrializzazione di un'innovazione è invece sfavorito da:

- Uno sviluppo insufficiente dell'attività di R&S
- Una cattiva ingegneria del processo
- Un cattivo lavoro di valutazione
- Insufficiente collaborazione tra R&S e produzione

8. TRASFERIMENTO E DIFFUSIONE DELLE TECNOLOGIE

Una volta che una tecnologia è stata sviluppata attraverso l'attività di R&S e industrializzata con un lavoro di LbyD si possono presentare compiti particolari come il trasferimento di tecnologia o assistere a fenomeni altrettanto importanti come la diffusione di tecnologie.

8.1. Trasferimento delle tecnologie

Per poter ben comprendere i processi di trasferimento delle tecnologie occorre definire con precisione cosa sia il "know how" ovvero il saper utilizzare una certa tecnologia. Essenzialmente il know how costituisce una conoscenza pratica che risiede negli operai e nei tecnici che utilizzano una certa tecnologia in un impianto di produzione. Si può parlare di know how anche per tecnici ed operai che fanno funzionare un impianto pilota o che hanno fatto funzionare un prototipo o perfino un know how a livello di esperienze di laboratorio. Un know how è legato all'esperienza in un certo ambito operativo e ne consegue che, anche riferendosi alla stessa tecnologia in sviluppo, il know how di laboratorio è differente dal know how di impianto pilota che ha sua volta è differente da quello per l'impianto industriale; se non fosse così non ci sarebbero mai problemi per trasferire tecnologie sviluppate in laboratorio sul piano industriale cosa che è smentita correntemente dai fatti. La conseguenza è *che un know how non è trasferibile in un nuovo impianto ma deve essere sviluppato ogni volta sulla base di informazioni su esperienze precedenti.*

Il discorso effettuato sul know how vale anche per le tecnologie e, quando si parla di trasferimento di tecnologia, in realtà si adotta nella maggior parte dei casi un termine improprio poiché, come abbiamo già visto nel capitolo dedicato all'innovazione tecnologica, difficilmente una ricetta di produzione ottimale è uguale per due impianti diversi anche se effettuano la stessa produzione. Un trasferimento di tecnologia è quindi in realtà composto da due processi:

- Un trasferimento di informazioni da un impianto già in funzione
- Un processo di imitazione della tecnologia già utilizzata accompagnato da un lavoro di LbyD per ricercare la ricetta ottimale di produzione

Un trasferimento di tecnologia propriamente detto riguarda quindi in realtà un trasferimento di impianti e personale che li fanno funzionare, avvenimento relativamente raro che può però avvenire ad esempio nel caso di acquisto di azienda. In questo caso si diviene proprietari non solo della tecnologia dell'azienda acquistata ma si ha a disposizione impianti e personale con il know how per farla funzionare.

Sia che si tratti di una nuova tecnologia che deve essere industrializzata o che si tratti di un trasferimento di tecnologia per l'avviamento di un nuovo impianto, l'attività principale del trasferimento è costituita dal LbyD che permette di sviluppare un know how efficiente e trovare le ricette ottimali di produzione. Nel caso di industrializzazione di una nuova tecnologia molto importante è il lavoro di LbyD per avviare l'impianto poiché in questo caso non esistono informazioni riguardo al know how industriale della tecnologia. Questa attività può essere considerata ancora come innovazione tecnologica.

8.2. Diffusione delle tecnologie

La diffusione di una tecnologia può avvenire per trasferimento, sia interno ad un'impresa da un impianto ad un altro impianto, sia esterno per acquisto di tecnologia, ovvero per imitazione. Come abbiamo già visto per il trasferimento delle tecnologie, questo processo è costituito da un trasferimento di informazioni e da un processo di imitazione. Lo stesso quindi avviene per la diffusione che si realizza attraverso due processi che possono essere in parte anche contemporanei e cioè:

- Un processo di diffusione dell'informazione
- Un processo di decisione per adottarla
- Un processo di imitazione con eventuale acquisto della tecnologia e suo trasferimento

Da questo punto di vista il processo di diffusione è lo stesso, sia che avvenga in un trasferimento interno od esterno, sia che avvenga per imitazione. Nel caso della diffusione per imitazione è probabile che la disponibilità di informazioni sia nettamente inferiore che nel caso del trasferimento, questo rende il lavoro di LbyD necessario più importante e, nel caso in cui la tecnologia sia molto innovativa, potrebbe anche rendere necessaria un'attività di R&S, inoltre, l'esistenza di brevetti può fare da ostacolo alla diffusione delle tecnologie per imitazione e questo aspetto sarà trattato in dettaglio più avanti discutendo l'argomento dei brevetti e delle licenze.

Una tecnologia in diffusione può essere inoltre di due tipi: *interna* e cioè specifica di un certo settore industriale od *esterna* e cioè utilizzabile da più settori industriali come ad esempio l'uso del calcolatore che trova utilizzazioni praticamente in tutti i settori.

La diffusione delle tecnologie riguarda interi insiemi di aziende tra le quali avviene il fenomeno. Il processo di diffusione è quindi essenzialmente determinato dalle aziende che, in funzione della loro situazione decidono di innovare, acquistare, imitare tecnologie o non fare nulla. Questo sistema di aziende può essere descritto convenientemente come Sistema Complesso Adattativo, concetto derivato dalla Scienza della Complessità e definito come: *un sistema composto da attori individuali, nel nostro caso le aziende, che hanno la libertà di agire in maniera non totalmente prevedibile e le cui azioni sono interconnesse in maniera che una certa azione di un attore (azienda) possa influenzare le azioni degli altri attori (aziende) che, allo stesso tempo, adattandosi all'ambiente in cui operano, perseguono i propri scopi*. Il comportamento di un Sistema Complesso Adattativo emerge quindi come risultato dell'interazione tra i vari attori. Analogamente il processo di diffusione delle tecnologie emerge come il risultato dell'interazione tra le aziende e il loro comportamento verso le nuove tecnologie che può essere caratterizzato da strategie innovanti o di imitazione.

Si possono considerare vari tipi di sistemi di aziende coinvolte nei processi di diffusione di tecnologie ed in particolare ne possiamo citare tre:

- Sistema costituito da aziende che hanno lo stesso tipo di produzione ma che possono anche essere lontane geograficamente (settore industriale)
- Sistema costituito da aziende che appartengono a diversi settori industriali ma che sono vicine geograficamente (zona industriale)
- Sistema costituito da aziende che appartengono allo stesso settore industriale e che sono anche vicine geograficamente. Questo sistema è chiamato comunemente "distretto industriale"

Discuteremo prima di tutto la diffusione delle tecnologie in un distretto industriale che, per le sue peculiari caratteristiche, presenta aspetti di comportamento ben conosciuti e che possono essere in parte estesi agli altri tipi di sistemi di aziende che discuteremo in seguito.

8.3. La diffusione della tecnologia nei distretti industriali

Un distretto industriale è costituito da aziende di piccola o media dimensione, che hanno lo stesso tipo di produzione che, per il loro numero, hanno raggiunto una massa critica da generare numerosi comportamenti comuni e che le rende particolarmente competitive. Senza voler entrare in una descrizione completa dei comportamenti caratteristici di un distretto è interessante vedere alcuni aspetti importanti per la diffusione delle tecnologie. I comportamenti dei distretti sono spesso il risultato di equilibri stazionari o in lenta evoluzione di vari fattori che ne assicurano la stabilità e lo sviluppo, due sono particolarmente importanti per la diffusione della tecnologia e riguardano gli aspetti di cooperazione/competizione e gli aspetti di innovazione/imitazione.

Cooperazione/Competizione

In un distretto le imprese tendono ad evitare la proliferazione di conflitti la cui estensione potrebbe danneggiare il distretto senza alcun vantaggio per i vari competitori. Ne consegue in generale un comportamento competitivo prudente e un'apertura verso possibili cooperazioni. Il risultato di questo equilibrio tra competizione e cooperazione lo si vede sovente tra le imprese più importanti di un distretto che tendono a minimizzare la sovrapposizione e quindi la competizione sui mercati differenziandosi in termini di nicchie di mercato per i prodotti o di zone geografiche per l'attività commerciale. D'altro canto le imprese più piccole tendono a coprire marginalmente i mercati dominati dalle più grandi senza provocare conflitti ed ottenendo in cambio una certa tolleranza.

Gli equilibri tra cooperazione e competizione sono molto importanti per la strutturazione delle imprese in una data zona geografica e quindi in un distretto. Se la competizione permette di espandere le proprie attività a scapito dell'altro, la cooperazione permette invece di realizzare rendimenti locali crescenti tra le imprese che si uniscono. Studi in questo senso sono stati fatti con l'aiuto di modelli che sono stati in grado tra l'altro di riprodurre distribuzioni statistiche delle dimensioni delle imprese simili a quelle reali in una data regione geografica che obbediscono alla cosiddetta "Legge esponenziale" (in inglese Power Law) e cioè che il logaritmo della frequenza del numero di aziende di una certa dimensione è inversamente proporzionale al logaritmo della dimensione stessa.

Innovazione/Imitazione

In un distretto industriale esiste in generale una situazione più o meno equilibrata tra le strategie di innovazione ovvero di imitazione che perseguono le imprese per le attività di R&S e di LbyD riguardanti innovazione di processi o di prodotti. In linea generale un distretto è caratterizzato da un numero limitato di imprese che adottano strategie innovanti ed un numero molto maggiore di imprese che adottano strategie imitative. Sono le imprese maggiori che adottano più sovente ma non esclusivamente le strategie innovanti. L'innovazione può avere origine da uno sviluppo interno o essere esterna e quindi adottata ma non sviluppata dall'impresa innovante. In un distretto dopo o anche durante la realizzazione di un'innovazione si assiste a una diffusione di informazioni più o meno estese su questa e sul suo successo che può accendere attività di imitazione dell'innovazione nelle altre aziende assistendo quindi a una diffusione della nuova tecnologia. Nella realtà la situazione della nuova tecnologia adottata nelle varie aziende può essere molto varia a causa del diverso sviluppo e successo del lavoro di LbyD sull'innovazione. L'impresa innovante che ha realizzato per prima l'innovazione può conservare vantaggi in termini di avanzamento del LbyD che si traduce in costi di

produzione inferiori. Non è però da escludere che altre imprese, nel loro lavoro di imitazione, possano raggiungere rapidamente risultati migliori poiché i risultati del lavoro di sintonizzazione delle istruzioni per la nuova tecnologia hanno in buona parte un carattere aleatorio. E' interessante notare che spesso le imprese innovanti dei distretti fanno un uso prudente delle loro innovazioni per la competizione e questo per conservare nel distretto il giusto equilibrio tra cooperazione e competizione citato precedentemente. Questo si traduce spesso in politiche sui brevetti poco sviluppate e una certa tolleranza nella diffusione dell'informazione

La diffusione delle tecnologie è quindi fortemente influenzata dagli equilibri stazionari tra competizione e cooperazione e tra innovazione ed imitazione che esistono nei distretti. Il livello contenuto della competitività nei distretti e la struttura a rete di diffusione dell'informazione rende particolarmente facile la diffusione di tecnologie per imitazione e lo stabilirsi di un equilibrio tra un numero limitato di imprese innovanti e un maggior numero di imprese imitanti. Studi su modelli di simulazione della competizione tra strategie innovative e imitative dimostrerebbero che la strategia imitativa è in genere più economica di quella innovativa a meno che esistano fortissime barriere alla diffusione dell'imitazione. Le imprese innovanti possono comunque conservare vantaggi sull'efficienza della tecnologia per la loro esperienza maggiore accumulata nel loro lavoro di LbyD.

8. 4. La diffusione della tecnologia in altri settori e aree industriali

Considerando il caso di aziende appartenenti a settori industriali specifici, la diffusione può avere aspetti simili a quelli descritti per i distretti industriali, tuttavia, si possono notare delle differenze legate a un diverso rapporto tra le aziende rispetto alla situazione nei distretti. Le differenze principali osservabili rispetto ai distretti sono due:

- Maggiore competitività tra le aziende
- Diffusione dell'informazione meno veloce e sviluppata

La maggiore competitività tra le aziende collegata a una diffusione delle informazioni sulle innovazioni meno efficace rende l'attività di imitazione meno favorita che nei distretti mentre prende più importanza il trasferimento di tecnologie, eventualmente per acquisto di aziende, ed il lavoro di R&S.

Nel caso di aree industriali con industrie appartenenti a vari settori la diffusione di tecnologie riguarda essenzialmente tecnologie esterne comuni a vari settori industriali. In questo caso la diffusione della tecnologia avviene essenzialmente per imitazione ed è favorita dall'eventuale esistenza di una rete di diffusione delle informazioni efficace.

Un'ultima osservazione riguardante le aree industriali concerne la possibile esistenza di gruppi di aziende dello stesso settore, vicine geograficamente, ma non in numero e con dimensioni sufficienti a innescare comportamenti tipici dei distretti. Questi gruppi possono comunque avere comportamenti intermedi tra quelli dei distretti e dei settori industriale in funzione dello sviluppo delle relazioni esistenti.

9. BREVETTI E LICENZE

Lo sviluppo di un'innovazione tecnologica, la sua industrializzazione, trasferimento e diffusione è accompagnato, spesso già allo stadio di progetto di R&S, dal problema di deposito di un brevetto e più avanti anche eventualmente dalla possibilità di concedere delle licenze.

I brevetti e le licenze rappresentano il modo con cui si regolano vari aspetti legali riguardo allo sfruttamento e trasferimento delle tecnologie. Nella realtà i brevetti e le licenze assumono grande importanza nel quadro delle strategie dell'impresa che vanno ben aldilà degli aspetti legali e normativi ad essi collegati e che vedremo in seguito.

9.1. Brevetti

Un brevetto rappresenta *un titolo giuridico descritto in un linguaggio tecnico, rilasciato da un'amministrazione, e che stabilisce un diritto reale su un'invenzione*. Una "invenzione" rappresenta un'innovazione tecnologica che permette di migliorare tecnologie esistenti e creare nuove pratiche, essa si distingue da una "scoperta" che rivela cose che già preesistono o che arricchiscono la conoscenza in generale di natura scientifica.

Dal punto di vista della definizione di tecnologia come sequenza di operazioni ciascuna associata ad un insieme di istruzioni il brevetto di un'invenzione può essere considerato come uno spazio del Paesaggio Tecnologico nel quale sono incluse le istruzioni che caratterizzano l'innovazione e che sono indicate negli esempi e rivendicazioni del brevetto. Si noti che l'efficienza di una ricetta considerata nel Paesaggio Tecnologico non è generalmente presa in considerazione in maniera dettagliata e quantitativa dal brevetto che indica normalmente molto genericamente gli aspetti economici dell'invenzione sovente parlando semplicemente di miglioramenti tecnici che possono essere il risultato di nuove pratiche ottenute modificando operazioni ed istruzioni (cambiamento di tecnologia) od anche solo istruzioni in maniera comunque che la ricetta o l'insieme di ricette tecnologiche che rappresentano l'invenzione abbiano un'efficienza tecnica superiore a quelle in uso precedentemente. Questa rappresentazione dell'invenzione la rende nettamente differente da una scoperta che non è caratterizzata da operazioni ed istruzioni tecniche ma da un aumento delle conoscenze, in genere scientifiche, che si hanno riguardo a un certo fenomeno. Un'invenzione è quindi tipicamente il risultato di un'attività tecnologica mentre la scoperta è tipicamente il risultato di un'attività scientifica. Una scoperta scientifica può però costituire la base di conoscenze per immaginare applicazioni pratiche che possono costituire l'invenzione. Dal punto di vista del Paesaggio Tecnologico questo corrisponde a definire le operazioni utili e indicare efficacemente un percorso che porta verso ricette tecnologiche ottimali.

L'utilità di brevettare un'invenzione è molteplice e si può riassumere nei punti:

- Proteggere l'invenzione da contraffazioni
- Servire da oggetto per una concessione d'uso dell'invenzione (licenza)
- Migliorare l'immagine tecnologica dell'impresa in generale

Brevettare un'invenzione può anche avere aspetti negativi come:

- Rendendo pubblica l'invenzione con il brevetto questo può dare spunti per sviluppi di altre invenzioni, eventualmente migliori, presso la concorrenza o anche a contraffazioni molto difficili da scoprire
- L'operazione di brevettare un'invenzione può essere molto costosa soprattutto se si vuole coprire l'invenzione in un'ampia zona geografica costituita da molti paesi.

Per queste ragioni la decisione di brevettare un'invenzione deve essere considerata con molta attenzione nel quadro della strategia dell'impresa.

Affinché un'invenzione possa essere brevettata essa deve obbedire a due caratteristiche essenziali che sono:

- Novità rispetto a quanto è già stato fatto (stato dell'arte)
- Miglioramento riguardo ai risultati tecnici che sono già stati ottenuti

Dal punto di vista tecnologico questo significa che non basta trovare un nuovo insieme di ricette di produzione non contemplate in precedenti brevetti ma occorre dimostrare che queste ricette siano più efficaci. Ad esempio: non è sufficiente trovare una nuova formulazione differente da quanto brevettato per eseguire un certo trattamento ma occorre dimostrare, per poterla brevettare, che essa dia risultati migliori della precedente.

La struttura di un brevetto (patent) è composta essenzialmente da tre parti:

- Una descrizione generale dell'invenzione (invention)
- Il riporto di uno o generalmente più esempi (examples) di applicazione dell'invenzione
- Una lista di rivendicazioni (claims) dedotta dagli esempi riportati

Le rivendicazioni riportate in un brevetto, strettamente collegate agli esempi, sono la parte più importante del brevetto poiché sono in genere queste che vengono contestate riguardo la brevettabilità (esistenza dell'invenzione) o l'antiorizzazzione (esistenza di brevetti anteriori) dell'invenzione.

Dal punto di vista del Paesaggio Tecnologico un brevetto copre, attraverso le rivendicazioni, un insieme di ricette tecnologiche del paesaggio tra le quali dovrebbe esistere quella corrispondente ad un massimo (locale) di efficienza tecnologica. Le istruzioni riguardo le ricette dell'invenzione che appaiono nelle rivendicazioni, vengono in genere definite in un campo il più largo possibile, sia perché al momento della redazione del brevetto non si hanno conoscenze sufficienti per essere più precisi (sviluppo ancora limitato dell'innovazione e del LbyD su di essa) ma si desidera coprire tutto il campo in cui si pensa si trovino le ricette specifiche più efficienti, sia perché non si vuole rendere pubbliche le condizioni reali ottimali di esecuzione dell'invenzione e, al contrario, si vuole estendere il più possibile il campo della protezione per comprendere possibili ricette che possono trovarsi su altri massimi locali di efficienza. Occorre notare che, in caso di contestazione, la dimostrazione che le ricette desunte dagli esempi e rivendicazioni del brevetto non apportino le migliorie rivendicate può costituire causa di limitazione o invalidità del brevetto. Un altro aspetto che la descrizione di un brevetto deve rispettare, pena l'invalidità, è che l'uomo dell'arte sia in grado, attraverso la descrizione generale e gli esempi del brevetto, di mettere in esecuzione l'invenzione e verificare le migliorie rivendicate. La natura e

l'ampiezza delle rivendicazioni costituiscono quindi i punti essenziali di un brevetto. Sul piano legale, in caso di contestazioni, i giudizi possono essere più o meno restrittivi andando da una parte ad accettare come campo dell'invenzione solo le ricette riportate negli esempi e non quelle desumibili dalle estensioni riportate nelle rivendicazioni, d'altra parte possono essere accettate nel campo dell'invenzione estensioni non riportate ma desumibili naturalmente dagli esempi da parte dell'uomo dell'arte purché questo non comporti ulteriore attività inventiva.

Un caso interessante è quello di un brevetto che oltre proteggere le ricette dell'invenzione che operano in certi campi di istruzioni protegge anche come attività inventiva la sequenza delle operazioni. In questo caso la realizzazione di un'invenzione che riguarda ricette di produzione con configurazioni di istruzioni fuori del campo di questo brevetto ma che utilizzano la stessa sequenza di operazioni (stessa tecnologia) è brevettabile ma crea una cosiddetta dipendenza tra i due brevetti. Si rende quindi necessaria una licenza per lo sfruttamento del brevetto dipendente. Anche se le legislazioni di molti paesi prevedono, in caso di disaccordo sulla cessione della licenza per lo sfruttamento del brevetto dipendente, la possibilità di sfruttarlo ugualmente pagando dei diritti legali abbastanza contenuti, la dipendenza non è mai in genere desiderata per varie ragioni come la conseguente mancanza di segretezza sulle proprie attività verso un eventuale concorrente che si viene a creare attraverso il pagamento dei diritti. Una possibilità di uscita dalla dipendenza è quella di trovare altre sequenze simili di operazioni non brevettabili poiché già conosciute da molto tempo e costruire un brevetto come miglioramento di queste.

Un'altra possibilità importante di brevetto esistente in alcuni paesi importanti come gli USA è la facoltà di effettuare brevetti ad esempio su una composizione materiale senza necessariamente citarne l'applicazione. In questo caso il brevetto crea dipendenze su tutte le possibili applicazioni che potrebbero essere trovate per quel materiale. Un'estensione analoga di questa possibilità riguarda la brevettabilità di nuovi organismi biologici realizzabili in laboratorio, come ad esempio gli organismi geneticamente modificati (OGM), senza citarne l'utilizzazione.

La procedura di deposito di una domanda di brevetto comincia di solito con una verifica della brevettabilità dell'invenzione attraverso un controllo dei brevetti esistenti nello stesso campo. Questa operazione non è obbligatoria ma fortemente consigliabile, essa vuole verificare l'eventuale esistenza di brevetti che anteriorizzano o creano dipendenze per l'invenzione esaminata. Si noti che non è necessario che esista un brevetto anteriore valido per impedire la brevettabilità di un'invenzione. Anche un brevetto non più valido, poiché esiste già da un tempo superiore a quello in cui è assicurata la protezione legale, o qualsiasi pubblicazione, articolo tecnico od opuscolo che descriva una tecnologia e che sia stato divulgato può costituire anteriorizzazione per l'invenzione esaminata. Naturalmente nei casi in cui non esiste un brevetto valido ma vi è anteriorizzazione è comunque possibile utilizzare l'invenzione ma non brevettarla.

Sulla base dei documenti trovati nella ricerca di anteriorità e della descrizione tecnica ed esempi riguardanti l'invenzione si effettua la redazione del brevetto scegliendo gli esempi e la natura e l'ampiezza delle rivendicazioni in modo da ritagliarsi un nuovo campo inventivo rispetto a quello già esistente in altri brevetti preesistenti ed evitando se possibile una dipendenza. Una volta redatto il brevetto farà oggetto di una domanda presso un'amministrazione di un paese ovvero presso l'European Patent Office (EPO) di Monaco ovvero presso il World Patent Office (WPO) di Ginevra. Molte legislazioni prevedono l'obbligatorietà di deposito prioritario nel paese in cui avviene l'invenzione, anche per esercitare eventuali diritti nazionali di priorità di sfruttamento dell'invenzione stabiliti dalla legge. Mentre la domanda presentata all'EPO può trasformarsi dopo esame favorevole in un vero

proprio brevetto che necessita solo la registrazione nei paesi europei che fanno parte dell'EPO, la domanda presso il WPO costituisce solo un esame di brevettabilità e deve poi essere eventualmente seguita da una procedura normale di deposito della domanda di brevetto nei paesi desiderati. La data di deposito della domanda è molto importante poiché essa costituisce la data prioritaria alla quale ci si riferisce per le questioni di anteriorità e quindi di validità di eventuali brevetti in concorrenza. In generale la domanda di brevetto è valida come priorità per tutto un insieme di paesi che fanno parte dell'Unione (Convenzione di Parigi). Questi rappresentano quasi tutti i paesi esistenti. Trascorso il termine di un anno è necessario estendere la domanda a tutti i paesi in cui si desidera proteggere il brevetto, pena il decadimento della protezione nel paese per il quale non si effettua l'estensione. L'esistenza di un periodo di un anno in cui una domanda di brevetto possiede una priorità ma non è allo stesso tempo di pubblico dominio fa sì che le ricerche di anteriorità non possono assicurare l'inesistenza di brevetti anteriorizzanti l'invenzione considerata nell'anno che precede la ricerca e fino alla data della domanda di brevetto.

A seconda delle amministrazioni la domanda di brevetto è sottoposta o no ad un esame di brevettabilità con ricerca di eventuali anteriorità. L'esame è previsto ad esempio all'EPO, in Germania e negli USA mentre non è fatto ad esempio in Francia ed in Italia. A parte i vizi formali che possono essere sollevati da parte delle amministrazioni, nel caso di esame possono arrivare osservazioni riguardo all'accettabilità delle rivendicazioni fatte. Questo può portare a modifiche più o meno importanti al testo e al campo delle rivendicazioni per rendere accettabile il brevetto ovvero, nel caso in cui non sia possibile rispondere validamente o che le modifiche proposte non siano poi accettate, al rigetto della domanda di brevetto. Questo esame varia a seconda del paese considerato e, ad esempio, lo stesso brevetto accettato negli USA può essere rigettato in Giappone. Il lavoro di discussione con le amministrazioni e la conseguente revisione del brevetto costituisce una parte importante dell'attività di protezione e dei costi di un brevetto. La concessione di un brevetto in un paese con esame non costituisce una garanzia della validità del brevetto verso possibili anteriorizzazioni. Ad esempio negli USA circa il 20% dei brevetti concessi ma sottoposti ulteriormente a procedimenti di contestazione sono alla fine giudicati non validi.

Una volta accordato il brevetto inizia il periodo di validità della protezione che, a seconda dei paesi, dura da 15 a 20 anni. Il brevetto è assoggettato nei vari paesi in cui è protetto ad una tassa annuale, in genere più alta nei primi anni e meno negli ultimi anni. Il non pagamento della tassa in un paese oltre certi limiti di ritardo può provocare la perdita irreversibile dei diritti di protezione in quel paese.

Come si può comprendere il deposito di un brevetto e la sua protezione nei vari paesi è un processo complesso e costoso che necessita l'intervento di un buon ufficio di consulenza per la proprietà industriale che conosce tutti gli aspetti legali e procedurali nei vari paesi che sono tra l'altro sottoposti a frequenti cambiamenti. Senza entrare nel dettaglio di questa attività di consulenza è utile invece considerare il problema dei brevetti nel quadro delle strategie industriali esistenti in un'impresa e più precisamente i criteri che si devono considerare per decidere se procedere o no alla protezione di un'invenzione. Naturalmente la prima domanda da chiedersi è se l'innovazione considerata ha le caratteristiche di attività inventiva, novità e miglioramento tecnico. In caso di risposta positiva bisogna allora considerare l'interesse o no di procedere al deposito di una domanda di brevetto nel quadro della strategia d'impresa attuata considerando una serie di fattori riassunti nella Tabella 2.

TABELLA 2. Fattori per la decisione sulla protezione di un'invenzione

FATTORI A FAVORE DELLA PROTEZIONE	FATTORI CONTRO LA PROTEZIONE
<ol style="list-style-type: none"> 1. Intenzione di cedere il brevetto o licenze 2. Facile difesa contro le contraffazioni 3. Rinforzo di brevetti già posseduti 4. Possibile apertura per ulteriori brevetti 5. Immagine per l'impresa 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Difficoltà a proteggersi dalle contraffazioni 2. Volontà di mantenere la più grande segretezza sul know how dell'invenzione 3. Insicurezza riguardo a possibili anteriorizzazioni 4. Costo elevato della protezione rispetto ai benefici ottenibili

9.2 Licenze

La licenza costituisce un accordo per il quale il possessore dei diritti di sfruttamento di un brevetto concede all'acquirente, in cambio di una contropartita, l'utilizzazione di tutto o parte dell'invenzione protetta da un brevetto. Da un punto di vista legale si tratta quindi essenzialmente di un contratto.

Il campo e la durata della licenza può essere più o meno ampio. La licenza può essere totale o parziale (limitata solo a una parte delle applicazioni del brevetto), può essere globale o limitata a una zona geografica di sfruttamento ed inoltre può essere esclusiva o non esclusiva se il possessore dei diritti si riserva di cedere anche ad altri tutto o parte dei diritti.

Una licenza può inoltre riguardare i soli diritti del brevetto o anche la cessione del know how. Si noti che se un contratto prevede la sola cessione del know how (per l'inesistenza di un brevetto valido) ci si ritrova nel campo della sola cessione di tecnologia.

Sul piano della contropartita gli accordi possibili sono i più vari e si possono dividere in due grandi categorie:

- Pagamento di una somma fissa (lump sum) eventualmente rateizzata
- Pagamento di royalties collegate al livello di sfruttamento dell'invenzione (produzione)

Il primo caso è interessante quando non si vuole entrare in merito a controlli sulla produzione perché difficili o fastidiosi per ragioni di segretezza. La somma è il risultato in genere di un compromesso tra le due parti in cui il cedente rinuncia a maggiori introiti in caso di grande successo dello sfruttamento mentre l'acquirente prende il rischio di pagare comunque delle somme anche in caso di mancato o debole sfruttamento dell'invenzione. Nel secondo caso l'introito del cedente e il costo corrispondente per l'acquirente sono più aderenti al successo dello sfruttamento dell'invenzione ma necessita di controlli che, come abbiamo visto, possono essere incerti o non desiderati. Questo problema non esiste nel caso di cessione di licenze tra società appartenenti a uno stesso gruppo.

Concludendo è utile fare qualche riferimento all'aspetto del LbyD nel quadro delle licenze. Come abbiamo già discusso precedentemente il trasferimento di tecnologia, che avviene nel quadro di una licenza, comporta un lavoro di LbyD per la messa a punto dello sfruttamento industriale dell'invenzione da parte dell'acquirente. Questo lavoro, come l'abbiamo già segnalato, potrebbe portare a miglioramenti sostanziali della ricetta tecnologica che risulterà quindi più efficiente di quella

usata dal cedente l'invenzione. Per queste ragione molto spesso nei contratti di licenza e cessione di tecnologia si introducono clausole che obbligano l'acquirente a informare il cedente delle migliorie e, nel caso che queste possano fare oggetto di brevetto, a rilasciargli una licenza gratuita non esclusiva.