

Tecno Cosmo 2005

Scenario dell'innovazione tecnologica
nel prossimo quinquennio

L'indagine previsionale Tecno Cosmo 2005 è stata ideata e diretta da Domenico De Masi nell'ambito delle iniziative di promozione e monitoraggio dell'innovazione tecnologica intraprese dalla Camera di Commercio di Napoli tramite la sua Azienda Speciale Cesvitec – Centro per la promozione e lo sviluppo tecnologico delle piccole e medie imprese del Mezzogiorno.

Hanno partecipato in qualità di Esperti: Daniele Archibugi, Umberto Colombo, Giovanni Gaviraghi, Giuseppe Lanzavecchia, Alberto Oliviero, Tommaso Quattrin, Roberto Vacca.

La ricerca, realizzata dalla S3 – Studium, è stata condotta da Cinzia Ciaccia con la collaborazione di Alessandra Cecotti.

Il Coordinamento Cesvitec è stato curato da Michele Biondo, Coordinatore Area Ricerca e Sviluppo – Relazioni Esterne.

LO SVILUPPO DELLE TECNOLOGIE

La rivoluzione tecnologica

La frequenza e la velocità di diffusione delle innovazioni tecnologiche hanno acquisito nel XX secolo un andamento tale da concorrere in modo determinante all'avvento di una nuova epoca storica, connotata non più dalla centralità della fabbrica, della produzione materiale e del lavoro dipendente, ma da un insieme di nuovi elementi e soggetti di cui la tecnologia, i laboratori di ricerca, la fase di ideazione creativa, gli scienziati, costituiscono il nucleo centrale.

Nel ventesimo secolo non abbiamo assistito allo sviluppo lineare di scienza e tecnologia, ma all'esplosione di innovazioni radicali realizzate in settori anche molto distanti tra loro, che hanno determinato un cambiamento profondo nel modo di lavorare, di gestire le aziende, di comunicare, di studiare, di giocare, di viaggiare, di occupare il tempo libero. L'automobile, l'aeroplano, il telefono, la radio, le materie plastiche, l'energia atomica, il transistor, il laser, l'elettronica, l'informatica, la robotica, considerate singolarmente rappresentano importanti innovazioni, ma è nel loro insieme, nel loro uso congiunto, nelle reciproche ibridazioni, che hanno portato ad un nuovo modo di vivere e di pensare.

A queste tecnologie, ormai consolidate, altre se ne vanno aggiungendo, in un vortice turbolento che va ad incidere in tutti i campi della scienza – dalla chimica alle biotecnologie, alle telecomunicazioni fino all'intelligenza artificiale, all'agronomica, alle nuove tecnologie della salute e a quelle per lo sfruttamento dei mari e dello spazio – e che sono destinate a generare una ulteriore ondata di trasformazioni senza precedenti in tutti i settori dell'attività economica.

La capacità ideativa, unita alla capacità di applicare le nuove invenzioni nei diversi settori produttivi, sta inoltre determinando, e sempre più determinerà, profondi cambiamenti negli equilibri internazionali. In un prossimo futuro i paesi e le imprese che sapranno guidare e utilizzare al meglio la rivoluzione tecnologica potranno guadagnare un vantaggio competitivo straordinario su tutti gli altri, fino a sovvertire gli attuali equilibri. La supremazia del sapere e della scienza sulla produzione

si traduce così in una lotta per la supremazia tecnologica a cui partecipano sia i governi sia i grandi gruppi multinazionali e dal cui esito può scaturire un mondo complessivamente più ricco ma anche più disuguale, dove le distanze tra vinti e vincitori sembrano destinate ad aumentare.

Le specificità di «TecnoCosmo 2005»

Nel nostro paese, autorevoli fonti forniscono periodicamente il quadro della situazione sulle nuove tecnologie. Mancano, invece, ricerche previsionali sulle probabili evoluzioni a breve, a medio e lungo termine.

La Camera di Commercio di Napoli, tramite la sua azienda speciale Cesvitec, Centro per la promozione e lo sviluppo tecnologico delle piccole e medie imprese del Mezzogiorno, reputando particolarmente utile fornire agli operatori economici, politici e culturali uno scenario scientificamente attendibile e puntualmente aggiornato del contesto tecnologico, ha inteso colmare questo vuoto incaricando la Scuola di Specializzazione in Scienze Organizzative S3 – Studium di redigere un primo rapporto annuale sulle probabili linee evolutive delle nuove tecnologie.

«TecnoCosmo 2005» rappresenta quindi il testo completo della ricerca previsionale, realizzata attraverso il metodo Delphi con l'obiettivo di fornire un quadro dettagliato dell'evoluzione tecnologica e delle conseguenti trasformazioni socio – economiche da qui al 2005.

La prima fase della ricerca è consistita nella redazione di un documento in cui è stata definita una lista di tecnologie critiche¹, tenendo conto dei risultati di analoghe indagini svolte in altri Paesi. In particolare sono stati individuati quattro gruppi di tecnologie²:

- *Tecnologie innovative* (Informatica ed Elettronica, Nuovi materiali, Nanotecnologie, Fotonica, Elettronica molecolare, Life Science, Prodotti agroalimentari, Tecnologie per la difesa);
- *Tecnologie di supporto all'industria* (Energia, Chimica e petrolchimica, Automazione, Tecnologie di produzione e di gestione);
- *Tecnologie per le infrastrutture sociali* (Telecomunicazioni, Trasporti, Urbanistica, architettura e tecnologie delle costruzioni, Tempo libero, viaggi e turismo, Spazio);
- *Tecnologie per la protezione dell'ambiente* (Agricoltura, silvicoltura e pesca, Scienze del mare e geo-

scienze, Energie rinnovabili e altre risorse e tecnologie energetiche, Tecnologie non inquinanti).

Attraverso una consultazione a due stadi, facendo riferimento alla lista di tecnologie critiche, agli Esperti è stato chiesto di effettuare le loro previsioni in merito ai seguenti aspetti:

- aree e settori della ricerca tecnologica maggiormente innovativi a livello mondiale; nuovi prodotti che compariranno sul mercato internazionale e velocità della loro adozione da parte delle industrie;
- paesi che deterranno la leadership per quanto riguarda la ricerca nei vari settori dello sviluppo tecnologico e per quanto riguarda l'applicazione delle nuove tecnologie da parte delle imprese;
- posizione dell'Italia rispetto ai concorrenti internazionali per quanto riguarda i vari settori della ricerca tecnologica; aree e settori della ricerca tecnologica in cui si concentreranno gli sforzi italiani; misura in cui le imprese italiane apprezzeranno e adotteranno le nuove tecnologie; quali tecnologie troveranno più vasta applicazione nell'agricoltura, nell'industria, nei servizi e quali tecnologie incontreranno invece maggiori resistenze;
- ruolo che avranno la comunità scientifica nazionale e le imprese; entità e natura delle fonti di finanziamento per questa ricerca;
- ripercussioni di tipo pratico che avranno queste nuove tecnologie sulla qualità della vita, sulla qualità del lavoro, sull'ambiente, sull'economia, sull'ulteriore sviluppo tecnologico, sulla politica, sulla società, sui rapporti tra paesi sviluppati e paesi sottosviluppati;
- ripercussioni di tipo emotivo e valoriale che avranno le nuove tecnologie sull'opinione pubblica mondiale e su quella italiana, in particolare se i cittadini dimostreranno apertura verso le nuove tecnologie (come hanno fatto, ad esempio, con i telefoni cellulari) o avranno reazioni di rigetto;
- effetti delle nuove tecnologie sull'occupazione, le vecchie professioni che scompariranno, le nuove professioni che emergeranno;
- vincoli di natura tecnica, legislativa, ambientale, etica, sociale che influiranno sulla ricerca tecnologica e sull'adozione di nuove tecnologie da parte delle imprese; influenza frenante che essi riusciranno ad esercitare; ri-

Tabella 1 - Lista delle tecnologie critiche

AREE	SETTORI
TECNOLOGIE INNOVATIVE	
<i>Informatica, Elettronica</i>	Microelettronica Macroelettronica Bio – elettronica Sistemi informatici
<i>Software</i>	
<i>Nuovi materiali</i>	Ceramici Semiconduttori Materiali metallici Materiali organici Materiali compositi
<i>Nanotecnologie</i>	
<i>Fotonica</i>	
<i>Elettronica molecolare</i>	
<i>Life Science</i>	Medicina Farmaceutica Biotecnologie cellulari Genetica e biologia
<i>Prodotti agroalimentari</i>	
<i>Bioteconologie</i>	
<i>Tecnologie per la difesa</i>	
TECNOLOGIE DI SUPPORTO ALL'INDUSTRIA	
<i>Energia</i>	
<i>Chimica e petrolchimica</i>	
<i>Automazione</i>	Robotica
<i>Tecnologie di produzione e di gestione</i>	Tecniche di gestione Logistica di produzione
TECNOLOGIE PER LE INFRASTRUTTURE SOCIALI	
<i>Telecomunicazioni</i>	Satelliti e tecnologie per la comunicazione mobile Multi – media
<i>Trasporti</i>	Trasporti in genere Trasporti su strada Trasporti a guida vincolata Trasporti navali Trasporti aerei
<i>Urbanistica, architettura e tecnologie delle costruzioni</i>	
<i>Tempo libero, viaggi e turismo</i>	
<i>Spazio</i>	
TECNOLOGIE PER LA PROTEZIONE DELL'AMBIENTE	
<i>Agricoltura, silvicoltura e pesca</i>	
<i>Scienze del mare e geo – scienze</i>	
<i>Energie rinnovabili e altre risorse e tecnologie energetiche</i>	
<i>Tecnologie non inquinanti</i>	

sultati previsti in termini di appesantimento o a uno snellimento della regolamentazione delle attività connesse alla ricerca tecnologica e all'applicazione di nuove tecnologie da parte delle imprese;

– vincoli di natura economica e infrastrutturale (come, ad esempio, le dimensioni dei mercati, i costi, le limitazioni nell'accesso ai fondi per la R&S) che influiranno sulla ricerca tecnologica e all'adozione di nuove tecnologie da parte delle imprese; influenza frenante che essi riusciranno ad esercitare;

– luci e ombre relative alla ricerca tecnologica in Italia e all'applicazione delle nuove tecnologie da parte delle imprese.

Una delle principali peculiarità di questa ricerca consiste nell'aver aggiunto ai tradizionali temi relativi alle tecnologie critiche e al livello di ricerca e sviluppo che contraddistingue il paese³, quelli relativi all'impatto economico e sociale delle nuove tecnologie.

TRAIETTORIE, SISTEMI E FRAMEWORK DELLA RICERCA TECNOLOGICA

Innovazioni continue e non integrate

Nei primi cinque anni del nuovo millennio proseguirà l'ondata innovativa che ha caratterizzato la seconda metà degli anni '90. Diversamente da quanto si è verificato fino alla metà del secolo XX, l'innovazione tecnologica non si svilupperà con un andamento ciclico, ma seguirà un progresso continuo e non integrato.

Le innovazioni fondamentali si concentreranno nell'ambito:

- delle tecnologie dell'informazione,
- della ricerca medico-biologica.

I settori più dinamici, dove si concentreranno i maggiori sforzi della ricerca tecnologica, e che più si svilupperanno nei prossimi anni, saranno quelli relativi:

- alle biotecnologie,
- ai nuovi materiali,
- alle micro e nano-tecnologie,
- alla microelettronica e all'informatica,
- alle telecomunicazioni,
- alla robotica,
- alle reti di comunicazione informatica,
- alla prevenzione e terapia delle malattie,
- all'energia e all'ambiente.

Tra le tecnologie adottate più prontamente dal mercato internazionale ci saranno quelle che potenziano l'integrazione in rete delle macchine (anche in reti domestiche) e quelle rivolte ai trasporti intelligenti.

La diffusione stessa delle nuove tecnologie incrementerà notevolmente un ulteriore sviluppo tecnologico, soprattutto in Giappone e negli Stati Uniti e, in misura minore, in Europa.

I paesi maggiormente implicati in ricerca e sviluppo ad alta tecnologia si distanzieranno dai paesi in cui queste tecnologie vengono applicate. L'accostamento paese-scoperta-implementazione diventerà meno significativo. Nell'era della globalizzazione, molte innovazioni tecnologiche e loro applicazioni verranno fatte all'interno di singole imprese a base multinazionale e in *network* scientifico-accademici i cui nodi saranno dislocati in paesi diversi.

L'Europa sarà in ritardo nella corsa all'innovazione e dovrà ricorrere ai nuovi prodotti sviluppati e brevettati altrove, in particolare negli Stati Uniti.

La posizione dell'Italia sarà molto debole poiché mancheranno (o non saranno adeguatamente sviluppati) quei fattori essenziali per uno sviluppo propulsivo del sistema tecnologico, quali:

- una politica dell'innovazione tecnologica,
- una strategia d'impresa e di paese,
- l'azione concomitante di molti attori pubblici e privati,
- una buona struttura scolastica,
- finanziamenti adeguati,
- centri di ricerca eccellenti,
- competenze specialistiche,
- una cultura del paese propensa all'innovazione,
- prontezza decisionale,
- condizioni per agire subito.

Non tutte le imprese sapranno valorizzare gli avanzamenti tecnologici; in particolare, resteranno escluse quelle che fanno poca o nessuna innovazione.

Information Communication Technologies

Assisteremo ad una ulteriore diffusione delle tecnologie dell'informazione, che avverrà proseguendo lungo la traiettoria già nota, pur non essendo da escludere cambiamenti significativi.

Innovazioni rilevanti deriveranno dalla stretta interazione tra informatica, computer e telecomunicazioni,

grazie alla diffusione delle tecnologie digitali e della multimedialità e si diffonderanno in tutti i settori di attività economica.

Assisteremo ad un uso sempre più intensivo di computer, cellulari, posta elettronica, Internet, che si affermeranno in maniera stabile anche in paesi dove oggi hanno ancora un ruolo marginale.

Si verificherà un potenziamento e un'estensione delle reti di comunicazione informatica, dei servizi di gestione dell'informazione e dell'interazione attraverso computer e altre macchine intelligenti. In questo campo il cambiamento sarà indirizzato verso l'integrazione delle diverse componenti oggi separate (computer, cellulari, carte di credito, CD, video, riscaldamento domestico, lavatrice, automobile ed altro) e la possibilità di azionare più oggetti e più funzioni con lo stesso strumento favorirà ulteriormente il processo di diffusione. Si assisterà ad un notevole sforzo per rendere sempre più semplice ed immediato l'utilizzo dei sistemi informatici, sia a vantaggio di utilizzatori non esperti, sia dei professionisti che dovranno operare contemporaneamente con molti sistemi differenti.

Tecnologie delle telecomunicazioni

L'innovazione nel settore delle telecomunicazioni sarà legata all'ampliamento sia delle risorse tecnologiche utilizzate (unificazione dei diversi servizi, digitalizzazione, uso dei satelliti e delle fibre ottiche), sia degli ambiti di applicazione (controllo del traffico aereo, ferroviario, stradale, controllo del territorio, ricerca di risorse).

Reti informatiche

Assisteremo ad un sensibile avanzamento nell'utilizzo delle reti di comunicazione, grazie anche ad apparecchiature terminali semplicissime (ad. es. telefoni, lettori di schede, etc.).

Nei prossimi cinque anni nel settore delle reti informatiche si registreranno incrementi in termini di velocità, affidabilità, qualità, sicurezza nella trasmissione di informazioni.

Nel mondo di Internet si affermeranno modalità sempre più rapide e semplici di accesso alla rete, sistemi esperti sempre più raffinati e sistemi di commercio elettronico sempre più facili e sicuri. Ciò consentirà lo sviluppo di sistemi per la didattica, il gioco, la fruizione di beni culturali. Si assisterà ad un vero e proprio boom

che contribuirà in misura determinante al processo di globalizzazione economica, al quale potranno partecipare micro-imprese e anche singoli individui.

Anche le comunicazioni Intranet all'interno di singoli gruppi o di imprese registreranno un significativo impulso. L'utilizzo di sistemi avanzati in rete sarà favorito dalla facilità d'uso, dalla riduzione dei costi, dalla maggiore affidabilità.

Si farà sempre più ricorso a server e reti che incorporeranno più funzioni (TV, telefono, fotografia, multimedia, prime soluzioni di domotica) e che saranno economicamente più accessibili.

Comunicazioni digitali e satellitari

Le telecomunicazioni digitali e satellitari saranno più accessibili e diffuse. L'esplosione della telefonia mobile continuerà, nonostante la progressiva saturazione del mercato. Il telefono portatile diventerà un terminale capace di svolgere un numero maggiore di funzioni e si succederanno generazioni di portatili in grado di connettersi con Internet, trasmettere dati, immagini e video a velocità di 2 MFLOP/s, anche in volo.

Tecnologie informatiche

Gli sviluppi dell'informatica si avvarranno della digitalizzazione di ogni soluzione, consentendo applicazioni flessibili, adattive e intelligenti. Da tale sviluppo rimarranno escluse solo rare attività marginali, mentre la penetrazione dell'informatica aumenterà nei settori relativi alle macchine e alla produzione industriale, ai servizi, al commercio, al telelavoro, all'educazione, alla comunicazione, ai media e al tempo libero.

Hardware

Aumenterà la diffusione dei personal computer e, al tempo stesso, di piattaforme ad alto parallelismo, dotate di prestazioni elevate e costi contenuti che consentiranno di affrontare difficili problemi di calcolo. Ci sarà un ulteriore passo avanti nella messa a punto di computer quantomeccanici, di sistemi integrati di comunicazione Web, TV digitali, PC in grado di funzionare a oltre 1 MFLOP/s, anche se tale prestazione risulterà di scarso interesse per gli utilizzatori finali.

L'evoluzione dei calcolatori palmari sarà indirizzata al riconoscimento della scrittura manuale e al riconoscimento

vocale anche in presenza di forti rumori. Sarà, quindi, possibile usare e controllare il computer con la voce, mentre si esclude che lo si potrà fare con il pensiero.

Software

Si accentuerà il peso del software con conseguenze rilevanti sul ruolo dominante di paesi e imprese nello sviluppo dei prodotti.

Informatica, telecomunicazioni e metodi di progettazione e produzione assistiti dal computer renderanno possibile dislocare attività produttive anche molto complesse dove sarà economicamente più conveniente.

Microelettronica

Nei prossimi anni si accentuerà il peso della microelettronica sofisticata. Gli sviluppi nel settore saranno accompagnati dalla continua rivoluzione delle telecomunicazioni e riguarderanno microprocessori, chip appositamente realizzati per clienti o impieghi specifici.

Nanotecnologie

Nel settore delle tecnologie informatiche la miniaturizzazione produrrà apparati sempre più piccoli e potenti, a prezzi sempre più contenuti. Tali soluzioni consentiranno di trattare con grande velocità dati, immagini – fisse e in movimento – voce e suono, connettendosi via satellite a banche dati e mediateche in qualunque parte del mondo.

La miniaturizzazione, la potenza di calcolo e di memorizzazione consentiranno un numero crescente di altre applicazioni. Particolari dispositivi elettronici renderanno la guida più sicura, aiutando il guidatore in molte situazioni di emergenza.

Le nanotecnologie si svilupperanno in particolare nel campo della sanità. In questo settore troveranno applicazione mini-robot che, attraverso il sistema circolatorio, potranno raggiungere selettivamente parti del corpo umano per effettuare diagnosi e somministrare sostanze terapeutiche.

LIFE SCIENCE

Nei prossimi anni si assisterà al contempo sia ad un impiego sempre maggiore di tecnologie già note, sia all'introduzione di moltissime innovazioni, come:

- nuovi vaccini,
- nuovi farmaci anche genetici,
- nuovi prodotti transgenici per l'agricoltura,
- nuovi prodotti transgenici per ottenere molecole utili,
- nuove terapie per malattie sia molto diffuse che rare.

L'informatica avrà un impatto sempre più decisivo sul mondo della salute e riguarderà il disegno dei farmaci (*drug design* e *computer chemistry*), la gestione delle banche dati (genetica, epidemiologia), l'informazione sull'uso dei farmaci, l'automazione degli ospedali, la gestione integrata ospedale-territorio.

Saranno disponibili nuovi strumenti diagnostici basati su tecnologie rivoluzionarie (i cosiddetti *genechips*) che permetteranno una veloce e precisa diagnosi di alcune patologie ed uno stile di vita in linea con il proprio genotipo (ad esempio, controllo dei fattori di rischio in persone che geneticamente sono soggette a malattie polmonari o cardiovascolari) e di impostare terapie mirate per singoli pazienti (*genotyping*).

Alcune tecnologie di *imaging* (PET, FRMN) si riveleranno particolarmente utili per lo studio di malattie neurologiche e psichiatriche ed anche per la visualizzazione tridimensionale di organi interni oggi difficilmente accessibili.

Nella chirurgia verranno utilizzate nuove strumentazioni laser automatizzate e controllate da computer che consentiranno di effettuare diagnosi durante gli interventi chirurgici.

Ci sarà un maggior ricorso all'uso di materiali biocompatibili per la sostituzione di parti del corpo (osso, tendini, pelle, etc.).

Ricerca biomedica. In quest'area si concretizzeranno molte innovazioni radicali. Gli ingenti investimenti dedicati nel corso degli ultimi decenni alla ricerca medica inizieranno a dare i loro frutti e sarà finalmente possibile disporre di conoscenze che consentiranno di modificare la nostra stessa vita.

Nel settore biomedico i punti cruciali saranno:

- le tecnologie chimiche combinatoriali avanzate,
- i nuovi saggi farmacologici a grande produttività (*high throughput screens*), a grande automazione e miniaturizzati,
- la ristrutturazione dei laboratori e dei processi,
- una robotica più sofisticata,

- la messa in opera dei database di grande capacità e la loro facile accessibilità,
- la genetica, intesa come ricerca dei meccanismi delle patologie (*targets*) e per stratificare i pazienti a seconda del loro patrimonio genetico (il farmaco giusto al paziente giusto),
- la genomica (dall'espressione genomica alla *functional genomics*) per l'individuazione di nuovi *target*,
- molte altre tecnologie analitiche, chimico-fisiche necessarie per lo studio di nuove molecole o di parti infinitamente piccole,
- la disponibilità dei cosiddetti «*surrogate markers*» per lo studio clinico dei farmaci.

Nuove medicine

La disponibilità della mappa genica della nostra specie avrà forti ripercussioni dal punto di vista della prevenzione e terapia delle malattie. Nel primo quinquennio del prossimo secolo, verranno ideati nuovi farmaci in grado di bloccare l'insorgere delle malattie anziché curarne i sintomi e di migliorare la qualità della vita, intervenendo contro l'impotenza, sessuale, il rapido invecchiamento, l'obesità e per migliorare l'estetica. Per il vaccino contro l'AIDS occorrerà invece attendere il quinquennio successivo. L'introduzione di terapie antirigetto più efficaci consentirà un incremento del numero dei trapianti.

Bioteologie

In questo settore si registreranno progressi fondamentali e si apriranno campi di ricerca del tutto inediti. La ricerca darà luogo a risultati estremamente promettenti in particolare sulla salute, sull'ambiente, sull'agricoltura.

Si assisterà all'acquisizione di nuove e importanti conoscenze relative:

- al genoma umano,
- al genoma di altre specie,
- alla funzionalità dei geni,
- ai meccanismi di azione molecolare,
- ai meccanismi di azione di organi,
- agli effetti ambientali delle specie geneticamente modificate.

Si prevede, inoltre, la conclusione del programma «*Human genome*» intorno al 2005.

Assisteremo ad un aumento delle bioteologie rivolte ad agricoltura e zootecnia e nel settore agroalimentare avremo:

- un utilizzo sempre più ampio di prodotti originati da vegetali e da animali modificati geneticamente, che permetterà una maggiore disponibilità di cibo a prezzi più competitivi,
- l'esplosione di attività al confine fra il farmaceutico e l'alimentare, il cosiddetto *Nutraceutical* (cioè una sofisticazione più avanzata nella preparazione dei cibi e delle loro materie prime),
- la disponibilità di cibi dedicati a particolari segmenti di popolazione: bambini, anziani, diabetici, etc.

ALTRE AREE PARTICOLARMENTE INNOVATIVE

Nuovi materiali

Le innovazioni principali in questo settore riguarderanno i nuovi materiali atomici o molecolari – cioè ordinati atomo per atomo – che presentano caratteristiche particolari di resistenza, stabilità, leggerezza, conduzione; l'utilizzo della tecnologia dei nanotubi di carbonio o dei fullereni per realizzare materiali leggerissimi e resistenti e le nuove tecnologie per la costruzione di meccanismi miniaturizzati (macchine, impianti chimici, laboratori).

Sviluppi ulteriori riguarderanno i materiali polimerici speciali con altissime prestazioni meccaniche e termiche, biodegradabili, adatti per tutta una serie di usi a forte rilevanza ambientale e per qualsiasi impiego specifico (biocompatibili, ultraleggeri, ad altissimo modulo elastico, come i fili di ragno, ferroelettrici per memorie di PC).

I nuovi materiali e i prodotti da essi derivati – tra cui batterie ad alta densità di energia e di potenza per l'autotrazione elettrica, materiali speciali per i trasporti a levitazione magnetica o per altre applicazioni – renderanno possibili innovazioni rilevanti nel campo dei trasporti.

Trasporti

Nel trasporto ferroviario vedremo nei prossimi anni lo sviluppo di treni a levitazione magnetica, mentre nel trasporto stradale saranno sempre più diffusi gli ITS (*Intelligent Traffic Systems*), che sfrutteranno i vantag-

gi connessi ai progressi delle telecomunicazioni e dell'informatica (controllo del traffico urbano e interurbano, aiuti alla navigazione, dirottamento del traffico).

Si assisterà allo sviluppo di tecnologie intelligenti quali:

- sedili che capteranno la pressione del guidatore e segnaleranno brusche variazioni,
- sensori in grado di rilevare lo stato di attivazione cerebrale, ad esempio in caso di sonnolenza e guida sotto effetto di stupefacenti,
- sistemi di guida automatica che consentiranno di programmare la velocità e la distanza dalle altre vetture.

L'adozione di veicoli a emissione zero (ZEV) con motore elettrico e di volani ad alta velocità avverrà lentamente.

Energia e ambiente

Nei paesi industrializzati si diffonderà una maggiore sensibilità ai problemi ambientali, favorita da normative e standard sempre più esigenti.

Questa attenzione contribuirà all'introduzione di processi di *lean manufacturing*, basati sulla riduzione sistematica della produzione di rifiuti, sull'adozione di procedure per il controllo della qualità distribuite in ogni fase del processo produttivo e sulla produzione *just in time*.

Le imprese, e in particolare modo le multinazionali, saranno sempre più impegnate nella pubblicazione di rapporti ambientali e sociali.

Assisteremo a significativi progressi sul fronte delle energie rinnovabili, che riguarderanno:

- il solare fotovoltaico,
- le biomasse energetiche,
- lo sfruttamento dei venti.

Nel fotovoltaico, in particolare, ci saranno rendimenti maggiori e il costo del KW installato sarà ridotto del 30 - 40%. Nell'area della generazione di elettricità, si diffonderanno innovazioni come la cogenerazione elettricità-calore e la tecnologia dei cicli combinati gas-vapore. L'introduzione di cicli combinati nelle centrali termoelettriche consentirà il raggiungimento di rendimenti vicini al 60%.

Queste innovazioni concorreranno a determinare una crescente convergenza fra le *utilities* dell'elettricità e le imprese petrolifere produttrici e distributrici di gas.

Sempre nel campo dell'energia, assisteremo alla maggiore diffusione di innovazioni già mature.

LA LEADERSHIP

Si assisterà ad una separazione tra paesi coinvolti in attività di ricerca e sviluppo ad alta tecnologia e paesi in cui queste tecnologie verranno applicate. Le multinazionali saranno molto attive nello *scouting* di nuove tecnologie e, non appena ne coglieranno l'importanza, saranno pronte ad acquisirle. Molte innovazioni tecnologiche e le loro applicazioni verranno quindi realizzate all'interno di singole imprese multinazionali e in network scientifico-accademici i cui nodi saranno dislocati in paesi diversi. Ciò favorirà l'introduzione di nuove tecnologie in paesi sprovvisti di ogni ricerca scientifica adeguata, cui spetterà il compito di adattare alle specificità dei singoli mercati le soluzioni più innovative. Emblematico è il caso del settore informatico dove l'innovazione si esprimerà in adattamento locale di soluzioni sviluppate a livello internazionale. In ogni caso, il reale utilizzo delle tecnologie informatiche sarà funzione del livello culturale e della disponibilità di competenze di cui ciascun paese potrà avvalersi. A livello nazionale molte aziende acquisteranno i brevetti all'estero e, dietro pagamento di *royalties*, potranno disporre di tutta una vasta gamma di nuove opportunità.

Gli effetti della globalizzazione

Nei prossimi anni si verificherà un aumento del divario relativo alle conoscenze tecnologiche. Il processo di globalizzazione non riuscirà a rendere immediatamente disponibili in tutto il mondo le migliori applicazioni. Alcuni paesi saranno più rapidi di altri nell'introduzione e nella diffusione di innovazioni generate altrove e ciò andrà imputato alle diverse condizioni di rigidità istituzionali e sociali.

Difficilmente vi potrà essere il dominio di un paese in tutti i campi di innovazione: ogni paese coltiverà delle proprie nicchie di eccellenza e, grazie alle conoscenze radicate nella propria storia e cultura, seguirà una propria traiettoria. Si consolideranno, comunque, tre poli distinti:

- uno nordamericano, prevalentemente statunitense;
- uno nordeuropeo, che comprenderà Regno Unito, Germania e Paesi Bassi;
- uno orientale, prevalentemente giapponese.

I paesi leader nella ricerca tecnologica saranno gli Stati Uniti ed il Giappone, mentre appare chiaramente escluso un ruolo di primo piano per la Francia, il Canada e l'Italia. I paesi più veloci nell'applicazione delle nuove tecnologie saranno Stati Uniti, Giappone, Regno Unito, Germania, Canada, mentre saranno in ritardo Italia e Francia.

Politica e governi saranno coinvolti nello sviluppo delle tecnologie. In particolare, l'impatto delle nuove tecnologie sulla politica sarà rilevante negli Stati Uniti ed in Giappone, mentre sarà limitato in Europa. In Italia, la politica a favore dello sviluppo tecnologico rimarrà una pura dichiarazione che stenterà a tradursi in intenti.

Stati Uniti

Nei prossimi cinque anni la superiorità di questo paese sarà indiscussa nella maggior parte dei settori di punta e il gap tecnologico che lo divide dal resto del mondo aumenterà in modo considerevole.

Gli Stati Uniti avranno una decisa capacità strategica di operare e una grande prontezza a decidere. Punti strutturali di vantaggio competitivo saranno:

- le eccellenti *research universities*,
- l'elevato numero di forti gruppi multinazionali americani nei settori ad alta tecnologia, cui si accompagneranno moltissime piccole imprese impegnate in attività scientifiche.

Il sistema della ricerca pubblica americano, che prima era dedicato a problematiche inerenti difesa, energia e spazio, sarà reso sempre più disponibile alla collaborazione con le imprese private.

Il Governo Federale e i singoli stati della Confederazione accentueranno i programmi di collaborazione tra università e industria, incrementando lo sforzo di ricerca in modo da creare dei veri e propri centri di eccellenza nei settori industriali prescelti e orientare così insegnamento e ricerca delle università per creare sinergie con le strategie industriali.

Le migliori università americane ridefiniranno la loro missione nella formazione e nella ricerca per promuovere la leadership e la competitività scientifico-tecnologica del paese.

Gli Stati Uniti saranno forti nelle aree strategicamente dominanti, più innovative e remunerative. Le aree prin-

cipali su cui si indirizzerà lo sforzo prevalente della ricerca americana saranno:

- il complesso microelettronica-informatica-telecomunicazioni,
- quello sottostante alle biotecnologie.

Il successo degli Stati Uniti nel settore delle tecnologie di punta sarà legato a sviluppi di tipo *technology push*, ai quali si assocerà un grande, compatto e omogeneo mercato interno.

Gli Stati Uniti primeggeranno nelle discipline medicobiologiche. In America del Nord, nel settore dei prodotti transgenici per l'agricoltura, si assisterà ad un enorme sviluppo della quantità delle produzioni, ad un incremento delle coltivazioni e della commercializzazione delle nuove specie. Tale politica sarà vincente e determinerà la conquista da parte degli Stati Uniti di un settore di strategica importanza.

Gli Stati Uniti rafforzeranno la loro posizione di leadership nei settori dell'informatica, dei nuovi materiali, delle nuove tecnologie fisiche e naturali, mentre lasceranno la produzione delle tecnologie informatiche meno sofisticate ai paesi emergenti e, per quanto riguarda la *Information Technology*, manterranno la leadership nei settori della ricerca, dell'hardware, dei microprocessori, del software di sistema, delle applicazioni più avanzate.

Europa

L'Europa sarà molto abile nell'allargare lo spettro degli impieghi delle nuove tecnologie. In particolare, le aziende europee riusciranno con successo a trovare il modo di adattare le nuove tecnologie alle diverse situazioni.

L'Europa sarà competitiva nei settori:

- della chimica,
- della meccanica,
- della mecatronica,
- dell'elettronica dei beni di consumo,
- automobilistico,
- dei trasporti ferroviari,
- della robotica,
- e in vari comparti dell'industria dell'energia.

L'Europa sarà al traino degli Stati Uniti nel settore delle biotecnologie e delle tecnologie biomediche, né riuscirà ad avere un ruolo da protagonista nella ricerca di base concernente le tecnologie dell'informazione.

Svezia e Finlandia manterranno una forte posizione competitiva nella telefonia mobile e nelle telecomunicazioni.

Il mercato europeo sarà ricettivo verso innovazioni che miglioreranno la funzionalità e l'estetica dei prodotti e che contribuiranno a potenziarne la diversificazione.

Più in particolare, il mercato europeo sarà recettivo nei settori:

- dei beni finali,
- delle telecomunicazioni,
- delle macchine utensili,
- della robotica,
- della mecatronica,
- della chimica,
- dell'informatica.

Giappone

Il Giappone risulterà debole nei confronti degli Stati Uniti, sia per la sua lentezza decisionale, sia per l'orientamento a privilegiare settori di massa.

Non primeggerà nel settore delle tecnologie dell'informazione e sarà al traino degli Stati Uniti per quanto riguarda le tecnologie biomediche, mentre sarà competitivo nei settori:

- della meccanica,
- della mecatronica,
- dell'elettronica dei beni di consumo,
- automobilistico,
- della robotica.

Paesi emergenti

I paesi in via di sviluppo avranno per lo più un ruolo passivo, come utilizzatori delle nuove tecnologie. Le biotecnologie rivolte ad agricoltura e zootecnia saranno applicate principalmente in Brasile, Argentina e nei paesi del Terzo Mondo.

Ciò dipenderà principalmente dalla presenza di multinazionali impegnate nella produzione di cereali, frutta, caffè o interessate all'allevamento di animali geneticamente modificati, in vista della produzione di sostanze terapeutiche e principi dietetici. In generale, in America Latina si assisterà ad un incremento delle coltivazioni di prodotti transgenici per l'agricoltura.

L'unica eccezione significativa sarà rappresentata dai paesi asiatici a nuova industrializzazione che primeggeranno

nel settore delle tecnologie dell'informazione. Alcuni Paesi – quali Brasile, India, Messico e Malesia – riusciranno ad acquisire maggiore peso nella produzione di massa.

LA POSIZIONE DELL'ITALIA

Arretratezza e dipendenza

Nei prossimi anni la posizione dell'Italia sarà molto debole poiché mancheranno (o non saranno adeguatamente sviluppati) quei fattori essenziali per uno sviluppo propulsivo del sistema tecnologico, quali: una politica dell'innovazione tecnologica, una strategia d'impresa e di paese, l'azione concomitante di molti attori pubblici e privati, una buona struttura scolastica, finanziamenti adeguati, centri di ricerca eccellenti, competenze specialistiche, una cultura del paese propensa all'innovazione, prontezza decisionale e condizioni per agire subito.

Il settore della ricerca del sistema Italia sarà di modesta entità – in diversi casi di buona qualità – ma comunque scarsamente integrato con l'economia.

L'Italia non affronterà un radicale ripensamento delle strategie tecnologiche, analogamente a quanto accaduto nei paesi dell'est asiatico. La tendenza ad investire poco in ricerca e sviluppo continuerà a tenere il nostro paese agli ultimi posti in termini di percentuale del prodotto interno lordo investito e, di conseguenza, il numero totale di ricercatori e tecnici attivi in R&S rimarrà molto inferiore rispetto agli altri paesi.

Per quanto riguarda la Pubblica Amministrazione, il rinnovamento potrà avvenire solo al prossimo cambio generazionale, quindi dopo il 2005. La scuola e l'Università non riusciranno ad adeguarsi allo sviluppo delle conoscenze e l'impegno della R&S del settore pubblico sarà scarsamente collegata alla vita sociale ed economica.

Le grandi imprese italiane che effettueranno sostanziali programmi di ricerca saranno poche e ciò influirà negativamente sulla possibilità per l'Italia di ricoprire un ruolo di rilievo nella ricerca tecnologica.

La mancanza di un gruppo integrato che possa competere alla pari con i più agguerriti concorrenti stranieri in settori avanzati renderà ancora più precaria la posizione della ricerca che non troverà, tra gli industriali italiani, interlocutori qualificati.

In Italia scarseggerà una rete di competenze capillari e ciò renderà impossibile sfruttare appieno le nuove tecnologie, accrescendo il divario che separa le conoscenze del nostro paese dagli altri.

Non vi saranno ancora le condizioni per creare quei validi e duraturi legami tra produzione e ricerca che consentirebbero una migliore utilizzazione delle tecnologie disponibili. Le attività innovative saranno più di imitazione che di generazione e il nostro paese conquisterà posizioni competitive in settori dove l'innovazione sarà soprattutto di tipo *soft*. Né si realizzeranno occasioni di collegamento tra produzione e ricerca attraverso la diffusa creazione di efficaci parchi scientifici capaci di collaborare con le imprese allo sviluppo delle tecnologie per loro determinanti.

Nel campo *high-tech*, le aziende italiane di livello internazionale che entreranno pesantemente nei mercati stranieri saranno poche ed opereranno in campi ristretti, come quello della robotica.

Difficilmente l'Italia potrà assumere una posizione critica ed autonoma nei confronti dello sviluppo così come si andrà configurando nei paesi tecnologicamente più avanzati, poiché non verrà attuata alcuna strategia orientata ad investire nei nuovi campi di ricerca dove le posizioni degli altri paesi si devono ancora affermare.

Settori in ritardo

La posizione dell'Italia sarà molto marginale in alcuni settori, come quello farmaceutico, agroalimentare e dei materiali.

Stenteranno a decollare settori più avanzati come la biotecnologia (in senso lato, cioè biologia e genetica molecolare, fermentazione, etc.) e la quantoelettronica.

L'Italia non sarà protagonista nella ricerca di base nel campo delle tecnologie dell'informazione. Difficilmente potrà recuperare lo svantaggio accumulato negli ultimi venti anni nella chimica e nella farmaceutica e sarà in ritardo anche nella ricerca innovativa di tipo farmacologico (biotecnologie) e nell'impiego delle biotecnologie rivolte all'agricoltura e alla zootecnia, ciò sia per le dimensioni ridotte della produzione italiana, sia per un ritardo culturale nell'accettazione di alcune innovazioni. L'agricoltura, particolarmente quella mediterranea, a causa di questi ritardi, attraverserà grandi difficoltà e a

stento riuscirà a contenere la concorrenza di altri paesi dell'Unione e non.

Uno sviluppo di nicchia

L'impatto delle attività di ricerca e sviluppo sarà statico e insoddisfacente. Nei prossimi anni l'Italia potrà ottenere solo qualche sporadico successo in alcune aree di attività e riuscirà ad occupare solo alcune significative nicchie, dove manterrà una elevata concentrazione di ricerca. Continuerà lo sviluppo delle aree tecnologiche in cui è attualmente competitiva, ma ciò sarà possibile solo se prevarranno spinte inerziali.

In Italia la ricerca si orienterà prevalentemente verso i settori

- delle macchine,
- dei beni durevoli,
- dei beni di consumo,
- della robotica (ma non dei computer),
- delle telecomunicazioni.

Il nostro paese avrà successo nel settore dei cavi superconduttori e primeggerà nel campo della meccanica fine. Sarà inoltre competitiva:

- nell'industria dell'auto,
- nei settori tradizionali (meccanica, tessile, abbigliamento, moda),
- nella meccanica specializzata.

L'Italia manterrà una posizione di forza nel settore della moda, dove sarà importante resistere ai tentativi di acquisizione da parte di forti gruppi stranieri, in particolare francesi. L'industria italiana si troverà ad affrontare una sfida senza precedenti nel campo della ricerca scientifico-tecnologica. Nel settore del tessile-abbigliamento per la realizzazione di nuovi prodotti continuerà a essere decisiva l'eccellenza del design e della creatività e avrà sempre più importanza la capacità dell'impresa di essere alla frontiera nella ricerca tecnologica e disporre delle conoscenze avanzate generate dal progresso scientifico. Crescerà l'importanza dei nuovi materiali sintetici (per esempio, le micro e ultramicrofibre, dotate di caratteristiche superiori alle fibre naturali), delle nuove tecnologie di tintura e stampa *ink jet* automatizzate (che consentiranno la manifattura dei tessuti alla moda in qualsiasi parte del mondo, pilotata dal centro nevralgico del sistema). L'Italia non sembra però

destinata a detenere il primato dello sviluppo della fisiologia dell'abbigliamento (finalizzata alla realizzazione di capi d'abbigliamento leggeri, confortevoli e capaci di ottenere un microclima favorevole fra l'abito e la pelle). Nel settore delle telecomunicazioni l'impegno maggiore sarà verso le telecomunicazioni satellitari mirate a stabilire connessioni mobili – anche a bordo di aerei –, Internet, le applicazioni di telemedicina e l'insegnamento a distanza.

Capacità di utilizzare le innovazioni

Nel nostro paese le nuove tecnologie saranno innanzitutto impiegate per rendere più concorrenziali settori come:

- la moda,
- i beni di consumo,

attraverso l'uso di soluzioni informatiche, meccatroniche e di nuovi materiali.

L'innovazione tecnologica sarà lo strumento principale per migliorare la competitività delle nostre imprese e del sistema-paese, stimolando la creazione di nuove attività e nuovi prodotti e l'apertura di nuovi mercati. Va sottolineato, però, che sia gli imprenditori, sia i decisori pubblici italiani capiranno tutto ciò solo alla fine del quinquennio.

Le imprese italiane saranno abili nel diffondere le innovazioni generate da altri e ciò si rivelerà una strategia economicamente conveniente. Nel tessuto produttivo italiano ci sarà un veloce processo di diffusione e adozione delle nuove tecnologie. Si importeranno tutte quelle tecnologie che non richiedono lo sviluppo di competenze endogene e, di conseguenza, ci sarà una vasta diffusione di «tecnologie per pigri». Questo costituirà un problema importante nei settori a più elevata intensità innovativa (software, ingegneria, progettazione).

In particolare le piccole e medie imprese ubicate nei distretti industriali assorbiranno e metabolizzeranno le tecnologie avanzate, specie quelle relative alla meccanica di precisione, all'automazione flessibile e alla robotica. Alla base del successo di queste imprese ci sarà la capacità di coniugare le tecnologie disponibili con la tradizione culturale e sociale del saper fare e del saper cooperare.

Nel campo delle *Information Communication Technologies* non si intravedono per l'Italia buone prospettive

di sviluppo, se non nelle applicazioni rivolte esclusivamente al mercato nazionale. D'altra parte, ciò che conterà in futuro sarà proprio la capacità di utilizzare al meglio tali innovazioni, ovunque queste vengano prodotte. In Italia la diffusione delle *Information Communication Technologies* avverrà in prevalenza nelle imprese.

Nell'utilizzo di Internet il nostro paese rincorrerà, ma in modo graduale, il livello dei paesi più avanzati.

Sarà impossibile per le imprese italiane chiudersi in mercati locali, servendo un ristretto numero di clienti. Le posizioni di rendita e di nicchia protetta scompariranno. Le aziende italiane potenzieranno i servizi di rete extra e intra-aziendali e saranno coinvolte in scambi in rete di informazioni, marketing via Internet, *e-business*.

Le tecnologie basate su computer, informatica e telecomunicazioni penetreranno con maggior lentezza nei servizi pubblici. Questo ritardo sarà dovuto a difficoltà e resistenze burocratiche e danneggerà l'efficienza complessiva del sistema-Italia, incoraggiando la privatizzazione di servizi pubblici e la concorrenza pubblico-privato.

Sarà prestata maggiore attenzione ad una misurazione oggettiva del livello culturale medio, il cui innalzamento favorirà il consolidarsi di mercati più avanzati e sofisticati per:

- telematica,
- informatica,
- elaborazione di dati e di conoscenza.

Le principali applicazioni delle tecnologie riguarderanno il settore dei servizi, mentre è da escludere un impiego nell'agricoltura.

In molti servizi pubblici l'introduzione delle nuove tecnologie avrà una connotazione formale, in altri consentirà di accrescerne l'efficienza senza, peraltro, mutarne la struttura e le procedure già esistenti; solo in pochi casi inciderà profondamente, rivoluzionandone la concezione ed il modo di operare.

Nel settore bancario troveranno applicazione i programmi di identificazione individuale e di decifrazione delle modalità di comunicazione di una persona.

L'agricoltura e l'allevamento utilizzeranno le nuove tecnologie soprattutto in sostituzione di procedure collaudate (come la fertilizzazione, la lotta ai parassiti, l'aumento delle rese in carne) per aumentarne l'efficacia e per creare nuovi metodi di coltura, mentre del tutto

marginale sarà il loro uso per creare nuove specie vegetali e animali.

Le resistenze maggiori

L'Italia non dimostrerà particolare dinamismo nell'assorbire le potenzialità tecnologiche in settori diversi da quelli prima indicati.

Il limite principale sarà costituito dalla scarsa disponibilità di finanziamenti. La bilancia tecnologica italiana dei pagamenti nel 2005 non raggiungerà il pareggio in relazione a:

- brevetti,
- licenze di fabbricazione,
- progetti,
- servizi di ricerca e sviluppo
- pagamenti all'estero,
- incassi dall'estero,

Forti resistenze si incontreranno nella ricerca e nello sviluppo di biotecnologie per applicazioni agro-alimentari e mediche. Questo problema deriverà da un atteggiamento, da un lato miracolistico nei confronti della scienza, dall'altro scettico sul ruolo fondamentale della ricerca per il successo delle imprese. Le imprese saranno estremamente caute nello sviluppo di nuovi prodotti geneticamente manipolati che non diano garanzie di aver superato una cauta e accurata fase di sperimentazione scientifica.

Le politiche della ricerca

Si farà molto poco per aumentare la ricerca italiana. In particolare, mancheranno:

- una politica per innalzare in maniera consistente il livello culturale del paese, dei suoi cittadini e delle sue imprese,
- una politica forte della scuola e dell'educazione,
- una decisa iniezione di razionalità e di procedimenti scientifici in tutte le discipline,
- un sostegno alle attività ad alto valore aggiunto, ossia di quelle che si basano sulle conoscenze, sulle nuove idee e sull'innovazione.

Non si prevede che l'impatto delle attività di ricerca e sviluppo crescerà in modo decisivo. Allo stesso modo non si prevede verranno adottate misure energiche per l'integrazione della ricerca, né si prevede un aumento dei controlli degli investimenti, tale da garantire che

ogni investimento superi una soglia minima di efficacia. In mancanza di una forte strategia di lungo termine, le politiche adottate dal governo e dalle imprese dipenderanno da situazioni contingenti e le priorità verranno di volta in volta stabilite in relazione alle disponibilità finanziarie.

Il coordinamento delle risorse sarà scarso e tale sarà il loro impatto sul sistema economico.

Il ruolo della comunità scientifica

La nostra cultura sarà poco propensa a gestire i grandi sistemi che richiederanno organizzazione e disciplina.

La comunità scientifica nazionale verserà in uno stato di forte disorganizzazione; ciò nonostante si creeranno occasioni di collaborazioni con gruppi internazionali in progetti particolarmente innovativi. Tale condizione sarà possibile solo laddove esistono radicate tradizioni di eccellenza scientifica come nella fisica, in alcuni comparti della medicina, o in singole nicchie, molto specialistiche, della biologia.

Non assisteremo ad una netta contrazione nel numero di brevetti nazionali o internazionali originati in Italia, anche se questi saranno percentualmente in numero molto inferiore ad altri paesi industrializzati.

L'Italia eccellerà nella ricerca incrementale, ma non in quella applicata. È infatti da escludere che la comunità accademica italiana sarà propensa a sviluppare conoscenze applicate.

Non si intravede alcuna seria riorganizzazione della ricerca pubblica, capace di evitare il rischio di una sua totale marginalizzazione dal sistema europeo. L'organizzazione rimarrà vecchia e burocratica, suddivisa in molti istituti, e ciò impedirà il rinnovo della sua compagine, sia a livello di personale che di tecnologie, generando una situazione di grande arretratezza. Inoltre, la situazione sarà ulteriormente aggravata dalla frammentazione delle iniziative e dalla mancanza di *networking* nazionale e internazionale.

La ricerca privata sarà confinata in piccoli santuari di eccellenza, forse inseriti all'interno di strutture internazionali.

Le risorse

Le fonti di finanziamento pubbliche e private saranno sempre scarse ed è da escludere che ci saranno modifi-

che sostanziali rispetto alla situazione attuale nella composizione della spesa per R&S. Questa situazione deriverà sia da carenze di cultura, sia dall'enorme debito pubblico.

All'interno di diverse discipline si costituiranno dei centri di eccellenza ai quali non verranno peraltro dedicati particolari finanziamenti.

La spesa dei privati per R&S sarà piuttosto stazionaria, con qualche aumento degli investimenti privati in attività di ricerca, ma solo in termini percentuali.

Le fonti di finanziamento aumenteranno in maniera limitata dal lato delle imprese e si prevede ci sarà un lieve aumento dei finanziamenti dovuto a fonti estere.

Il campo biomedico sarà interessato da un aumento dei finanziamenti privati, soprattutto da parte di fondazioni dedicate a particolari patologie.

Alcune iniziative di *start up company*, finanziata da capitale di ventura, sorgeranno anche in Italia, per analogia con gli altri paesi.

Il ruolo delle imprese

Il numero di imprese impegnate in attività di ricerca tecnologica nel nostro paese rimarrà basso e il nostro paese sarà svantaggiato dal ridotto numero di grandi imprese.

Le Università allacceranno contatti e collaborazioni con l'industria, ma i contatti tra mondo accademico e mondo delle imprese passeranno attraverso quella zona grigia rappresentata dal doppio lavoro (professori universitari che fanno consulenza per le imprese).

GLI EFFETTI DELLE NUOVE TECNOLOGIE

Qualità della vita

Le nuove tecnologie – in particolare gli sviluppi del settore dell'informazione e delle biologia – avranno un impatto rilevante sulla qualità della vita in Giappone, negli Stati Uniti e in Europa.

L'impatto delle nuove tecnologie sarà positivo sulla qualità della vita e, in particolare, sulla salute, sull'ambiente, sulla società. Tale impatto sarà maggiormente sentito dove esisteranno alti livelli di:

- cultura degli operatori e utenti finali,
- integrazione fra tecnologie diverse,
- integrazione fra sistemi,

- integrazione fra tecnologie e leggi, regole, costumi,
- progettazione e realizzazione di interfacce,
- rendimento dei sistemi tecnologici.

Salute

La qualità della vita migliorerà grazie all'aumento quantitativo e qualitativo delle cure mediche.

Le biotecnologie applicate alla cura di tumori, ai trapianti, agli autotrapianti, avranno effetti positivi sulla qualità della vita individuale, ma la società si dimostrerà complessivamente impreparata a tali evoluzioni.

Si troverà la cura definitiva per alcuni tipi di cancro, ma non per i problemi legati all'infarto, all'invecchiamento, all'Alzheimer. Non si prevede, inoltre, che di qui al 2005 vi sarà un aumento dell'età media.

Ambiente

L'ambiente beneficerà di vantaggi diretti ed indiretti. Le nuove tecnologie riusciranno sia ad inquinare meno, sia ad intervenire su processi già avviati, disinquinando e assicurando maggiori protezioni. Le nuove soluzioni produttive saranno più sobrie nell'uso di risorse materiali ed energetiche e gli impianti saranno sempre più piccoli e meglio controllati.

Gli effetti positivi dovuti al progresso nelle conoscenze e a nuovi processi per la difesa dell'ambiente saranno però bilanciati da quelli negativi dovuti all'aumento dell'output tecnologico.

Società

La società sarà forse più aperta e tollerante, diretta ai valori piuttosto che ai dogmi. Si attiveranno dibattiti capaci di coinvolgere e affascinare i cittadini su temi quali: Internet, le comunicazioni interattive, il telelavoro, le soluzioni multimediali, l'allungamento della speranza di vita, la possibilità d'intervento sugli esseri viventi, sulla procreazione e sulla morte.

Il Personal Computer si diffonderà in maniera crescente, ma gli utenti ne sfrutteranno in parte minima le prestazioni. Anche le possibilità offerte dagli sviluppi tecnologici della telefonia mobile saranno poco sfruttate.

Si creeranno due principali gruppi di persone: quelle che avranno accesso alle informazioni e quelle che ne

saranno escluse. Tale divisione attraverserà tutte gli strati sociali: ricchi e poveri, giovani e vecchi, colti e poco istruiti, popoli del Nord e popoli del Sud.

Gli strati sociali a più alto reddito e cultura saranno però quelli in grado di utilizzare al meglio le nuove tecnologie, soprattutto se rivolte alla fruizione dei beni culturali.

Lo sviluppo delle tecnologie determinerà l'ampliamento dell'attuale divario fra ricchi e poveri – sia a livello di paesi che all'interno di ciascun paese –, il deteriorarsi della qualità della vita per un consistente numero di emarginati, il peggioramento dei *terms of trade* per i prodotti dei paesi meno sviluppati.

Lo sviluppo delle tecnologie dell'informazione avrà forti ripercussioni sia sulla vita privata sia su quella lavorativa, consentendo ai datori di lavoro un maggior controllo dell'attività dei loro dipendenti.

Il significativo sviluppo dell'informatica e della robotica farà guadagnare spazio all'economia della formazione e della relazione.

Come cambieranno lavoro e occupazione

La globalizzazione dell'economia e lo sviluppo tecnologico imprimeranno un impulso alla crescita dell'economia mondiale, migliorando nel complesso anche le condizioni del mercato del lavoro.

Le nuove tecnologie avranno sull'economia un effetto dirompente: diventeranno obsolete le vecchie fabbriche e i loro prodotti. Le aziende diventeranno soprattutto luogo di accumulo di informazioni e conoscenze. Assisteremo:

- ad ulteriori aumenti della produttività nelle imprese,
- all'utilizzo di soluzioni sempre più immateriali, che necessiteranno di minori quantità di risorse grezze,
- alla diminuzione del numero dei lavoratori dipendenti.

L'introduzione di nuove tecnologie non avrà i temuti effetti sull'occupazione, piuttosto ne modificherà in modo radicale le caratteristiche. Lo sviluppo di robot, computer, macchine intelligenti e reti informatiche ridurrà ulteriormente le attività lavorative legate a prestazioni fisiche, ma non quelle legate a prestazioni intellettuali. Verranno eliminati i lavori fisicamente gravosi, rischiosi per la salute, ripetitivi, noiosi e standardizzati a vantaggio di altri più qualificati e coinvolgenti. Il lavoro si smaterializzerà e tenderà ad intellettua-

lizzarsi sempre di più; molte attività di ideazione verranno svolte fuori dall'azienda, ed infine, ci sarà molto più tempo libero. Sarà quindi necessario ripensare le attività di lavoro tradizionali ed i valori ad esse sottostanti.

Nuove valutazioni economiche, basate sulla proprietà intellettuale intesa come *asset*, sostituiranno i tradizionali valori materiali.

La crescente flessibilità richiesta al sistema produttivo si tradurrà in:

- possibilità di dislocare le strutture produttive,
- una maggiore mobilità dei lavoratori,
- rapporti di lavoro che supereranno quelli convenzionali del posto fisso a vita,
- una crescente richiesta di capacità decisionale,
- una crescente richiesta di creatività a tutti i livelli.

Tutto ciò spingerà molti a diventare imprenditori di se stessi, sia come professionisti esperti, sia come proprietari di imprese. Il mercato del lavoro assorbirà soprattutto le persone più capaci.

Il lavoro sarà discontinuo, legato a progetti e dipendente dallo sviluppo di tecnologie informatiche e dalle risorse derivanti da un crescente potenziamento della rete.

Le possibilità offerte dagli sviluppi tecnologici derivanti dall'accesso a reti telematiche e dall'uso avanzato di personal computer consentiranno di migliorare le prestazioni lavorative, produrre valore aggiunto in misura maggiore, sviluppare il telelavoro.

In particolare, il ricorso al telelavoro negli uffici e in fabbrica inciderà sui rapporti di lavoro, sulle professionalità e su molteplici aspetti organizzativi, strutturali, psicologici, economici e sociali.

Vecchie professioni

Le vecchie professioni che scompariranno saranno:

- concentrate soprattutto nel settore manifatturiero (che alla metà del XXI secolo assorbirà non più del 5% della forza lavoro totale);
- relative a processi produttivi che verranno spostati verso paesi emergenti;
- le professioni statiche, maggiormente presenti nella classe media.

Le nuove caratteristiche del lavoro, inoltre, porteranno alla scomparsa di quelle attività di supporto o segrete-

ria che verranno gestite in prima persona grazie a software sempre più potenti, versatili e intelligenti.

Nei prossimi cinque anni si ridurrà la manodopera tradizionale e la richiesta di colletti bianchi.

Nel settore bancario diminuiranno gli impieghi legati alla gestione di operazioni attuabili direttamente dal cliente (operazioni di sportello).

Professioni in crescita e emergenti

Le professioni in crescita saranno connesse soprattutto alle nuove tecnologie, alle relazioni umane, all'ambiente, alla globalizzazione dei mercati e alla finanza.

Crescerà l'esigenza di persone dotate di buone competenze informatiche, con una buona padronanza delle principali lingue straniere ed una conoscenza della cultura dei relativi paesi, disponibili ad affrontare cambiamenti sia di attività che di sede di lavoro.

Le nuove tecnologie consentiranno principalmente lo sviluppo di professioni impegnate nella gestione delle informazione e nella comunicazione.

Inoltre, saranno in espansione le professioni legate allo sviluppo delle relazioni umane, quali: psicologi, esperti di orientamento, assistenti sociale, organizzatori di eventi e del tempo libero. Questa tendenza si rafforzerà nei paesi caratterizzati da un elevata cultura tecnologica e un alto tenore di vita. Avranno notevole sviluppo i lavori che implicano elevate capacità tecnologiche, legati alla gestione di sistemi e reti intramurali.

L'aumento della sensibilità ai problemi ambientali determinerà una consistente richiesta di esperti in valutazioni e certificazioni ambientali, sia per singole imprese industriali, sia per interi distretti, e di persone competenti nella supervisione e coordinamento delle questioni ambientali.

La diffusione di standard di qualità internazionali sempre più stringenti farà aumentare l'esigenza di esperti di *total quality management* a livello aziendale e consulenziale.

Nel settore bancario aumenteranno gli impieghi mirati alla consulenza, in grado di offrire soluzioni globali alle esigenze dei clienti in materia di investimenti, sicurezza e risparmio.

La globalizzazione dei mercati e la crescente complessità delle attività richiederanno esperti capaci di visioni

d'assieme in aree tecniche, organizzative, di marketing, finanziarie.

Aumenterà la richiesta di professionisti estremamente specializzati come:

- genetisti;
- clinici e fisici della materia;
- tecnologi dei materiali;
- informatici;
- bioinformatici;
- ingegneri.

Ci sarà una forte richiesta di esperti di tecnologie, di controllo dei sistemi operativi informatici e di elaborazione dei risultati.

La diffusione della telefonia satellitare e, in generale, della trasmissione dati e voce via etere contribuirà a diffondere nuove professioni di alto livello. Nel settore delle *Information Communication Technologies* le nuove professioni emergenti saranno quelle del:

- progettista;
- softwarista;
- personalizzatore di software per piccole e medie imprese;
- ricercatore su Web;
- progettista siti Web;
- manutentore di sistemi informativi;
- costruttore di siti Internet;
- gestore di siti Internet;
- pianificatore;
- editor;
- analista;
- ricercatore;
- esperto e operatore in marketing telematico;
- venditore di tecnologie.

Non tutte le nuove professioni avranno necessariamente una forte componente tecnologica. Infatti, continueranno ad essere apprezzati e ricercati anche molti lavori improntati sulla manualità e sulle capacità artigianali.

Altre professioni cambieranno sostanzialmente, come ad esempio quella dell'avvocato, che sarà chiamato a confrontarsi con nuove forme di contenzioso originate dalla globalizzazione dell'economia. Analoghi cambiamenti si presenteranno nella didattica; la professione dell'insegnante si sposterà verso l'uso di nuove tecnologie che consentiranno di motivare gli studenti

a partecipare attivamente al processo di apprendimento.

Avranno particolare impulso tutte le figure professionali connesse all'invecchiamento della popolazione (infermieri, assistenti domiciliari, medici), all'industria dello spettacolo e dell'intrattenimento (giornalisti, tecnici dello spettacolo) all'estetica (designers, arredatori) e quelle capaci di dare un indirizzo ad una popolazione che ha più tempo libero e non sa come utilizzarlo (psicologi, chiromanti, astrologi).

Gli equilibri internazionali

L'effetto delle tecnologie su lavoro e occupazione non sarà uguale in tutto il mondo. Esso dipenderà dal:

- tipo di sviluppo delle nuove tecnologie;
- tipo di impiego nei diversi settori dell'agricoltura, dell'industria, dei servizi;
- ruolo che giocheranno la tradizione e la cultura esistenti.

I paesi che avranno un complessivo beneficio sul fronte dell'occupazione saranno quelli più innovatori, che più rapidamente introdurranno il part-time e le altre forme di riduzione degli orari e maggiormente capaci di penetrare con aggressività nei mercati globali.

L'impatto delle nuove tecnologie sulla qualità del lavoro sarà fortissimo negli Stati Uniti e in Giappone, rilevante in Europa, più modesto in Italia.

Un aspetto importante dello sviluppo tecnologico riguarderà i rapporti tra Nord e Sud del mondo. Nei prossimi anni, imprese multinazionali, medie e piccole si rivolgeranno sempre più a fonti di mano d'opera e di materie prime a buon mercato e ai mercati del terzo mondo. Non è da escludere, comunque, che i paesi in via di sviluppo traggano vantaggi immediati dalle nuove tecnologie, nonostante la mancanza di organizzazione scientifica e sociale. Nel più lungo termine si presenteranno opportunità di sviluppo per paesi come Cina e Brasile, ma non per altri che pure dispongono delle materie prime e dell'energia per iniziare uno sviluppo industriale.

L'occupazione in Italia

In Italia, i prossimi cinque anni vedranno uno spostamento delle opportunità di lavoro dai settori manifatturieri alle attività di servizi per le imprese, specie in re-

lazione alla tendenza verso lo sviluppo di attività di impresa a rete e all'evoluzione tecnologica dei distretti industriali.

Le nuove tecnologie, combinate con sforzi pubblici e privati, costituiranno una grande opportunità per risolvere i problemi occupazionali. Il problema della disoccupazione operaia, dovuta alla sostituzione dell'uomo con i robot all'interno delle fabbriche, non sarà superato. Tale criticità si proporrà, inoltre, nelle attività d'ufficio, nelle imprese, nelle banche, nella pubblica amministrazione.

Il calo dell'occupazione dipendente sarà compensato da nuova occupazione indipendente.

Nel sindacato ci sarà una certa attenzione al problema dei lavori atipici, ma le norme volte a regolamentare i lavori atipici non coglieranno il cambiamento in atto.

Assisteremo ad un aumento di disoccupati poco scolari e a uno scarso impiego di laureati generici. Inoltre, per sopperire alle proprie mancanze, l'Italia importerà laureati specializzati dall'estero. In alcune parti del nostro paese, infatti, si troveranno con difficoltà giovani con le giuste *skills* nelle tecnologie informatiche.

Verranno introdotte specializzazioni universitarie coerenti alle nuove tecnologie, mentre è da escludere che il numero chiuso servirà a risolvere la situazione del nostro sistema universitario.

Nei prossimi cinque anni, grazie all'uso delle nuove tecnologie, un numero consistente di strutture scolastiche verrà impegnato nell'aggiornamento delle conoscenze del tessuto sociale. La scarsa scolarità e la scarsa qualità dell'insegnamento impediranno però alle nuove professioni di creare nuovi posti di lavoro in misura adeguata.

Resistenze culturali all'interno delle aziende e dei sindacati limiteranno il ricorso al telelavoro.

Il sistema economico italiano non affonderà ma sarà necessario un radicale cambiamento della cultura imprenditoriale.

Resteranno in una situazione di criticità gestionale le grandi città, i grandi ospedali, le grandi università.

RIPERCUSSIONI EMOTIVE E VALORIALI

Il forte sviluppo delle nuove tecnologie, spinto dalla richiesta del mercato di nuove soluzioni e prodotti, susciterà alcuni timori.

L'opinione pubblica sarà in generale favorevole all'innovazione tecnologica; i cittadini saranno maturi per accettare le nuove tecnologie, anche se singoli episodi clamorosi influenzeranno l'opinione pubblica mondiale e nazionale più di valutazioni attente e meditate sul potenziale delle nuove tecnologie e sulla loro capacità di aiutare la società ad affrontare i complessi e difficili problemi cui va incontro.

Il modo in cui la società assorbirà le nuove tecnologie sarà dettato da un rapporto di tipo strumentale e fondamentalmente egoistico, che porterà ad una accettazione acritica e alla penetrazione *soft* di alcune tecnologie.

La diffusione di numerose tecnologie che hanno un impatto sulla qualità della vita verrà facilitata sia dai vantaggi pratici derivanti dal loro impiego che dalla pressione pubblicitaria. Infatti, vi sarà una risposta generalmente positiva alle innovazioni diffuse dai media, che verranno considerate come un altro passo verso una migliore qualità della vita.

Per ottenere risultati positivi, lo sviluppo di tecnologie molto potenti richiederà un lavoro interdisciplinare – per esempio, nel settore delle interfacce informatiche, ci sarà la necessità di mettere in comune le competenze di psicologi, pedagoghi, esperti di comunicazione e tecnologia. Si riusciranno così ad elaborare interfacce semplici come quelle dei telefonini e cadranno le resistenze legate all'utilizzo dei sistemi informatici da parte delle persone meno giovani.

La tecnologia dovrà fare i conti con il mercato, il sistema dei valori e degli atteggiamenti della società, i principi religiosi e ideologici.

Il dibattito tra scienza e tecnica da un lato e sentimento comune dall'altro si farà acceso per l'accumularsi di problematiche che coinvolgeranno credenze, valori, aspetti etici e di comportamento.

Gli atteggiamenti emotivi e fideistici nei confronti delle nuove tecnologie non saranno rimossi ed alcune nuove tecnologie verranno rifiutate dall'opinione pubblica per i rischi connessi alla loro applicazione. È però da escludere che la gente sarà in grado di valutare le conseguenze di questo rifiuto. I contrasti e le reazioni negative si supereranno solo nel caso di tecnologie valide.

Si svilupperanno tre diversi orientamenti: accettazione acritica, ambivalenza, rifiuto e la compresenza di queste tendenze determinerà atteggiamenti di incoerenza.

Nel campo delle conoscenze mediche e biologiche i problemi legati all'esclusione sociale saranno rilevanti. La diffusione delle biotecnologie si scontrerà con obiezioni e pregiudizi dettati da motivazioni irrazionali, per superare i quali sarà essenziale il ruolo degli informatori scientifici e degli educatori. Le imprese, invece, adotteranno le biotecnologie, senza remore di ordine ideologico.

Le valutazioni di tipo etico non elimineranno del tutto l'impiego delle biotecnologie, cui si farà ricorso di fronte a necessità gravi, mentre vi saranno maggiori resistenze in altre situazioni.

Anche su questi temi il nostro paese seguirà quelli più avanzati, perdendo l'occasione di farne uno strumento di sviluppo. Gli italiani saranno disposti a servirsi di tecnologie d'avanguardia nel campo biomedico o della riproduzione, mentre esprimeranno forte esitazione nei riguardi di innovazioni che investono prodotti agricoli e zootecnici.

I VINCOLI ALLO SVILUPPO TECNOLOGICO

Vincoli di natura extra-economica

Sullo sviluppo tecnologico agiranno da freno i vincoli di natura:

- tecnologica;
- etica;
- sociale;
- ambientale;
- normativa.

L'influenza frenante dei vincoli ambientali, sociali ed etici influirà sui settori dell'energia, dei trasporti e delle comunicazioni.

Una parte dei vincoli e delle regole introdotte avrà effetti positivi, determinando un incremento della sicurezza e una diminuzione di danni e ingiustizie.

Rilevanti problemi nell'adozione delle nuove tecnologie deriveranno dalla mancanza di competenze necessarie ad utilizzarle in modo adeguato; è da escludere, ad esempio, che discipline quali l'ingegneria dei rischi e la teoria delle decisioni saranno coltivate con competenze adeguate. Tale tendenza sarà bilanciata da un'attività di corretta informazione da parte delle imprese e dei loro esperti.

La diffusione delle nuove tecnologie sarà inevitabile, anche in presenza di alti costi sociali. L'acquisto dei nuo-

vi prodotti richiederà, infatti, la disponibilità di elevate risorse economiche da parte dei cittadini.

Ulteriori reazioni negative saranno legate all'aumento della disoccupazione.

Le imprese dovranno fare i conti con movimenti d'opinione e con le mode. L'introduzione di nuove tecnologie richiederà uno sforzo di sensibilizzazione, di convincimento e di negoziazione, soprattutto nel caso di impatti diretti sulla natura e sugli esseri umani.

Nei prossimi anni si verificheranno fenomeni più vistosi di resistenza e scontri su vari aspetti e conseguenze delle nuove tecnologie. Tali reazioni porteranno alla convergenza delle diverse posizioni, alla consapevolezza di una maggiore complessità della società – incompatibile con l'irrigidimento imposto da rigide regole onnicomprensive -, e alla ricerca di una diversa regolamentazione.

Il riferimento alla regolamentazione diventerà sempre più vincolante laddove saranno in gioco la salute, il valore della vita e la sfera affettiva. La fine dei monopoli non escluderà la presenza di vincoli legislativi e, anzi, i cambiamenti del sistema produttivo avranno pesanti ripercussioni sul sistema legislativo e amministrativo.

In Italia, i controlli sulle innovazioni tecnologiche saranno più di tipo amministrativo-burocratico che di merito. Ci sarà un crescendo di regolamentazioni e indirizzi molto specifici da adottare. L'insieme di leggi, procedure, prassi, comportamenti porranno freni e vincoli allo sviluppo e all'impiego delle tecnologie. Persisterà una mentalità antiscientifica diffusa a livello dei legislatori che porterà a mantenere barriere eccessivamente alte di tipo etico e ambientale all'introduzione di nuove tecnologie e inibirà importanti attività di ricerca.

Si appesantirà la regolamentazione di ogni attività, e in particolare quelle di:

- manutenzione;
- costruzione;
- produzione;
- prestazione di servizi.

Tali regolamentazioni verranno introdotte con l'intento di ridurre o eliminare ogni possibile rischio per gli operatori e gli utilizzatori. Mancheranno però conoscenze adeguate a progettare in modo razionale ed efficace gli interventi che, soprattutto nel caso di tematiche am-

bientali, etiche e sociali, verranno proposti da esperti talora improvvisati e da legislatori poco informati.

I paesi che adotteranno concezioni meno vincolanti e meglio adeguate al ritmo e alle conseguenze dell'evoluzione in atto saranno quelli che faranno delle nuove tecnologie e del loro pronto impiego lo strumento primario dello sviluppo.

Continuerà a persistere una disomogeneità normativa tra paesi diversi che renderà difficile limitare il ricorso a tecnologie non consentite localmente. In tal modo sarà possibile accedere a interventi di procreazione assistita, trapianti, ecc., in paesi più tolleranti.

Nel settore dei prodotti di largo consumo la regolamentazione sarà molto limitata e lasciata al mercato, salvo i casi di *trust* e monopolio. Mancheranno però leggi e regole semplici e chiare, capaci di tradurre in direttive generali le istanze della società e di gran parte degli individui e di far chiaramente percepire in termini sociali ed economici vantaggi e svantaggi delle soluzioni perseguite.

Dietro a considerazioni teoriche, che si rifanno a scienza ed etica, si celeranno forti interessi economici e di perseguimento di leadership.

Ogni paese sarà chiamato a decidere se giocare a favore della pronta evoluzione verso un modo di regolare e gestire la società più aderente alle esigenze dello sviluppo tecnologico, oppure in difesa di regole, comportamenti e tradizioni. Tale scelta sarà fondamentale nella definizione di nuovi equilibri poiché il paese che prenderà prima degli altri il sopravvento avrà assai più probabilità di risultare vincente, e chi stabilirà nuove regole valide avrà in mano le condizioni per indirizzare e prevalere sugli altri.

Il nostro paese sarà relegato tra quelli più in ritardo e, quindi, perdenti.

Non verrà messo in atto un processo di delegificazione, ma piuttosto un richiamo a principi del diritto europeo, senza volere a tutti i costi innovare con legislazioni nazionali.

Il ricorso al sistema delle *Authority* e ad una regolamentazione più leggera sarà funzionale alle mutate condizioni.

Vincoli di natura economica e infrastrutturale

La globalizzazione e l'apertura dei mercati a un numero crescente di imprese farà sentire il peso della concor-

renza internazionale e convincerà un numero crescente di imprenditori della necessità di ricorrere alla ricerca. Infatti, l'investimento in R&S sarà molto elevato e di conseguenza i prodotti avranno standard internazionali per competere sui mercati globali.

La velocità nell'adozione delle nuove tecnologie sarà un elemento chiave e su questo terreno l'Italia perderà molte *chances*.

Aumenterà l'interesse delle imprese nazionali a partecipare a programmi europei volti a incentivare la collaborazione internazionale nella ricerca e nell'innovazione. Ciò finirà col favorire le imprese migliori, penalizzare quelle meno aperte alla concorrenza globale e quelle meno disponibili a rischiare in attività di ricerca.

Le aziende:

- stabiliranno *joint ventures*;
- acquisteranno nuove tecnologie;
- acquisteranno prodotti innovativi;
- pagheranno *royalties* ai detentori di brevetti.

I vincoli sull'investimento si ridurranno in dipendenza di:

- disponibilità tecnologiche;
- calo dei tassi di interesse;
- detassazione degli utili reinvestiti.

La disponibilità di fondi e finanziamenti, le dimensioni e l'apertura dei mercati dipenderanno dall'andamento generale dell'economia e dal verificarsi di crisi interne ed esterne.

Le richieste di intervento da parte delle industrie si indirizzeranno verso agevolazioni di tipo fiscale e finanziamenti di borse di ricerca e collaborazione università-industria.

L'accesso ai fondi per la R&S richiederà una rete che colleghi tra loro competenze diverse e lo sviluppo di una dimensione sovranazionale. Le crescenti complessità nell'accesso ai finanziamenti taglieranno fuori dal processo di R&S una fascia intermedia di imprese e gli inventori da garage. I ricercatori più creativi verranno remunerati in misura insufficiente. Ciò penalizzerà la ricerca pubblica e privata di medio livello.

Il successo nelle attività di ricerca pura e applicata e nel trasferimento all'industria dei risultati ottenuti produrrà effetti positivi sull'economia, sulle situazioni socio-politiche nazionali e internazionali. Ciò potrà accadere se si riuscirà a stabilire un clima di cooperazione costruttiva, la cui introduzione avrà il carattere di una rivoluzione cultu-

rale e stabilirà nuove tradizioni sociali ed etiche. È da escludersi che una tale cambiamento possa ottenersi per decreto o per decisioni politiche prese dai vertici.

Condizioni necessarie per svolte positive nei modi in cui verranno gestite la cosa pubblica, le risorse naturali, intellettuali e tecnologiche, saranno la formulazione di manifesti che descrivano futuri positivi in termini informati e convincenti e forse anche di previsioni prescrittive.

È da escludere che le imprese riusciranno ad operare con successo al di fuori degli schemi che la cultura, le regole, le strutture e infrastrutture locali (del paese o del territorio) metteranno a loro disposizione.

In Italia la propensione a fare ricerca tecnologica, sia di adattamento, sia d'avanguardia, dipenderà dalla cultura e dalla struttura sociale, ancor prima che dai vincoli di natura economica e infrastrutturale. In questo senso giocheranno un ruolo fondamentale:

- la mancanza di strategie nazionali;
- la mancanza di strategie d'impresa;
- la mancanza di una visione di lungo termine;
- la mancanza di politiche di sostegno all'innovazione;
- la mancanza di una tradizione di collaborazione tra ricerca e produzione;
- l'eccessiva regolamentazione;
- i vincoli etici e formativi.

Le condizioni che freneranno un adeguato ricorso alla ricerca tecnologica saranno di natura assai più profonda di quelle esclusivamente di natura economica e infrastrutturale. Per modificare tale assetto saranno necessarie una cultura e una politica profondamente diverse dalle attuali, una volontà decisa, e, purtroppo, tempi molto lunghi.

Il prossimo futuro ci riserverà situazioni paradossali: nel 2010 potremmo raggiungere Melbourne da Fiumicino con un volo spaziale della durata di un'ora e mezza ma - a meno di radicali interventi nella struttura dei trasporti urbani - impiegheremo lo stesso tempo per arrivare dall'aeroporto di Roma-Fiumicino a Piazza di Spagna.

LUCI E OMBRE

Luci

1. L'impegno sistematico delle imprese a rete e dei sistemi di piccole e medie imprese nella ricerca tecnologica.

2. La competitività delle aziende italiane sui mercati esteri.
3. L'abilità delle imprese italiane nell'utilizzare e adattare l'innovazione che si rende disponibile sul mercato per accrescere la competitività.
4. I centri di eccellenza fortemente ancorati al panorama scientifico internazionale.
5. L'impatto significativo delle nuove tecnologie sulla qualità dell'occupazione.
6. Il miglioramento generalizzato della qualità della vita.

Ombre

1. Le inadeguatezze culturali dei decisori.
2. La mancanza di una struttura economica e di ricerca tale da consentire al nostro Paese di raggiungere punti di eccellenza nella ricerca.
3. La mancanza di una nuova cultura imprenditoriale.
4. La diminuzione dell'occupazione totale.
5. Le inadeguatezze culturali degli insegnanti e della media della popolazione.
6. L'urgenza di un processo di rifondazione per la Ricerca Italiana pubblica.
7. La litigiosità politica.

NOTA SUL METODO DELPHI

La presente ricerca si è avvalsa di una variante del metodo Delphi. Caratteristica peculiare del metodo è la consultazione in modo rigorosamente separato ed anonimo di un gruppo di esperti al fine di ricavare previsioni basate sulla convergenza delle opinioni circa il futuro dei problemi o fenomeni considerati.

In questa ricerca è stata adottata una procedura di consultazione in due stadi di un gruppo interdisciplinare di sette esperti.

Nella prima fase ogni esperto ha prodotto in modo libero alcune previsioni relative ai singoli ambiti d'indagine, a partire da domande aperte e sulla base delle proprie competenze scientifiche e professionali.

Nella seconda fase le previsioni di base sono state elaborate, tradotte in nuclei previsionali (item) e sottoposte al giudizio degli esperti. Ognuno di loro ha così avuto la possibilità di analizzare e valutare le opinioni degli altri, potendo eventualmente riconsiderare e modificare

anche le proprie posizioni iniziali.

Per conferire maggiore stabilità alla costruzione degli scenari la fase finale dell'analisi si è concentrata sulle aree di maggior convergenza, cioè su quelle previsioni che hanno accolto un alto grado di consenso o di dissenso sulla probabilità di accadimento.

Infine sono stati rilevati i più significativi punti di forza e di debolezza dell'Italia, evidenziati nel rapporto come «luci» ed «ombre» del panorama italiano.

GLI ESPERTI

Daniele Archibugi, dirigente del Consiglio Nazionale delle Ricerche, si occupa di economia e filosofia politica. Laureato presso l'Università di Roma, ha conseguito il D. Phil. Presso l'Università del Sussex. Ha insegnato presso le Università di Roskilde, Sussex, Cambridge, Napoli e Roma ed è consulente di diverse organizzazioni internazionali, tra le quali la Commissione Europea, l'Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico, e diverse agenzie delle Nazioni Unite. Dal 1997 è anche Commissario dell'Autorità per i servizi pubblici locali del Comune di Roma.

Umberto Colombo, chimico – fisico, laureato all'Università di Pavia nel 1950. Fullbright Fellow al MIT nel 1953-54. Ricercatore, poi direttore dell'Istituto di Ricerche «G. Dongeani» di Novara, quindi direttore generale della Montedison. Nel 1993-94 è Ministro della Ricerca Scientifica e Tecnologica nel governo presieduto da Carlo Azeglio Ciampi. È Presidente di LEAD – Europe, membro del CNEL, dell'Accademia Nazionale dei Lincei e delle Accademie di Ingegneria degli Stati Uniti, del Regno Unito, della Svizzera e del Giappone. Autore di oltre 200 pubblicazioni scientifiche e di numerosi libri.

Giovanni Gaviraghi, direttore Ricerche e Sviluppo di Glaxo Wellcome S.p.A. Dopo la laurea in Chimica Industriale presso l'Università di Milano, ha proseguito la propria attività in ambito universitario lavorando in qualità di assistente presso la cattedra di Chimica del Politecnico di Milano. Nel 1974 è Capo Laboratorio di Sintesi – ISF e nel 1981 è entrato in Glaxo S.p.A. con l'incarico di Direttore Ricerche di Chimica. Nel 1987,

anno in cui si è laureato in Medicina e Chirurgia presso l'Università di Verona, ha assunto la posizione di Direttore Ricerca Primaria di Glaxo S.p.A., dove a partire dal 1991 riveste la responsabilità dell'intera Direzione Ricerche e Sviluppo. È membro del Consiglio di Amministrazione di Glaxo Wellcome S.p.A.

Giuseppe Lanzavecchia, laureato in Fisica teorica, ha esercitato la Libera docenza in Chimica Fisica. Ha tenuto lezioni in diverse università italiane e straniere su temi scientifici, tecnologici, di previsione, di strategia. È stato ricercatore presso università e centri di ricerca, impegnato principalmente nella scienza dei materiali e nella politica della ricerca. Si è occupato di strategie aziendali e di previsioni tecnologiche. Consigliere scientifico del Ministro dell'Università e della Ricerca Scientifica e Tecnologica nel 1993-94. Consulente, membro di società e gruppi di lavoro scientifici. Autore di oltre 350 pubblicazioni e di oltre 10 libri.

Alberto Oliverio, lavora nel campo delle basi biologiche del comportamento, è professore di psicobiologia nell'Università di Roma «La Sapienza» e dirige l'Istituto di Psicobiologia e Psicofarmacologia del Consiglio Nazionale delle Ricerche. Ha lavorato in numerosi istituti di ricerca internazionali tra cui il Karolinska di Stoccolma, il Brain Research Institute di Los Angeles e il Jackson Laboratory nel Maine. Fa parte del comitato editoriale di diverse riviste scientifiche, ha organizzato e partecipato a numerosi congressi nel campo delle neuroscienze e della biologia del comportamento e, più in generale, dei rapporti tra scienza e società. È autore di oltre 300 pubblicazioni scientifiche, di saggi professionali, didattici e di divulgazione. Collabora al Corriere della Sera e a Il Messaggero.

Tomaso Quattrin, laureato in Giurisprudenza, ha conseguito il Master of Comparative Law presso la Southern Methodist University (Texas). Avvocato, entra in IBM nel 1968 presso la direzione legale di Milano, assume successivamente nel gruppo vari incarichi, fra cui Direttore dei Servizi Amministrativi e Informativi in Italia (1984), e Program Director Personnel Development ad Armonk negli Usa (1986), Direttore

Centrale del Personale in Italia (1991) e Vicedirettore Generale Operazioni Internazionali della IBM Semea, Responsabile per le attività in Grecia, Turchia, Israele, Medio Oriente, Africa (nello stesso anno). È Amministratore Delegato e Direttore Generale della IBM Semea dal 1995 al 1998. Presidente dal 1996 all'aprile del 1999. Dal maggio del 1999 è Amministratore Delegato di S.E.A., Società per azioni Esercizi Aeroportuali, che gestisce gli aeroporti milanesi ed in joint venture, quelli argentini.

Roberto Vacca, laureato in ingegneria. Ha insegnato Calcolatori Elettronici, Ingegneria dei Sistemi, Qualità Globale. È membro dell'Institute of Electrical and Electronics Engineers ed è stato Membro del Club di Roma (dimissionario nel 1981). Ha progettato reti elettriche e variatori idraulici di velocità. È stato ricercatore nel campo dei computer e direttore generale e tecnico di un'azienda che costruiva sistemi elettronici di controllo. Dal 1975 È consulente in: previsione tecnologica e ingegneria dei sistemi. Realizza modelli matematici di città, uso del territorio, trasporti, energia. Realizza programmi televisivi di divulgazione.

APPENDICE: GLI STUDI DI PROSPEZIONE TECNOLOGICA

Le survey

La centralità assunta dallo sviluppo scientifico e tecnologico, la rapidità e la pervasività dell'innovazione, la sempre maggiore dipendenza della ricchezza e del potere di una nazione dalla capacità di produrre e governare l'innovazione, spiega l'importanza sempre maggiore attribuita agli studi di prospezione tecnologica.

Ovviamente, sono i paesi che più hanno puntato sullo sviluppo tecnologico quale elemento trainante dell'economia e della società quelli che hanno più investito in ricerca. Esiste un legame molto stretto tra livello di sviluppo e attenzione alla ricerca previsionale. I paesi che prima e meglio si sono mossi – Stati Uniti e Giappone – sono quelli che hanno saputo guadagnarsi un grosso vantaggio competitivo e che hanno guidato lo sviluppo mondiale in questi decenni.

Tra la fine degli anni Cinquanta e l'inizio degli anni Sessanta negli Stati Uniti, in particolare nel settore della

Difesa, vengono avviate le prime importanti ricerche di prospezione tecnologica. Nel giro di pochi anni numerose istituzioni pubbliche, università e società private, hanno intrapreso ricerche sullo sviluppo delle tecnologie, utilizzando per lo più il metodo Delphi e l'analisi di scenari.

Tra i tanti istituti attivi, basta citare lo *Stanford Research Institute* (SRI), affiliato all'università di Stanford, creato per svolgere attività di ricerca di base e applicata, con la specifica missione di assicurare ricadute per l'industria. Lo SRI ha messo a punto il *Business Intelligence Program*, un servizio di previsione per pianificatori aziendali con l'obiettivo di esaminare le future evoluzioni tecnologiche, economiche e politiche e di suggerire al management le iniziative per prepararsi a questi cambiamenti⁴. Sempre negli anni Sessanta l'OCDE, sotto l'egida del Comitato della politica scientifica (divenuto in seguito Comitato della politica scientifica e tecnologica) ha cominciato a svolgere i primi studi sullo sviluppo scientifico e tecnologico. Questi studi, basati sul lavoro di gruppi di esperti di alto livello, hanno l'obiettivo di formulare raccomandazioni ai paesi membri in materia di politiche scientifiche, tecnologiche ed economiche.

Verso la fine degli anni Sessanta entra in scena il Giappone. Dopo aver capito che la prospezione tecnologica può costituire un forte potenziale utile per aiutare i decisori a definire i loro obiettivi, il Giappone invia una équipe di esperti negli Stati

Uniti per studiare vantaggi ed inconvenienti dei diversi approcci di studio utilizzati. Qualche anno dopo, nel 1970, l'Agenzia giapponese per la scienza e la tecnologia (STA) avvierà la prima grande ricerca previsionale con una prospettiva al 2000. Da allora la STA conduce regolarmente, ogni cinque anni, un'inchiesta di prospezione globale sulla tecnologia, utilizzando il metodo Delphi. In seguito un numero sempre maggiore di istituzioni pubbliche e private ha cominciato a realizzare o a sostenere ricerche previsionali sulle tecnologie, utilizzando metodi e tecniche diverse, su archi temporali più o meno lunghi (generalmente dai dieci ai trenta anni), su temi di maggiore o minore ampiezza e profondità (le indagini possono coprire tutte le aree tecnologiche o concentrarsi su settori specifici, quali le telecomunicazioni, l'elettronica,

la multimedialità, l'ambiente). Si tratta in particolare di lavori realizzati dal MITI (Ministero per il Commercio e l'Industria), dal NISTEP (Istituto nazionale di politica scientifica e tecnologica), da altre amministrazioni pubbliche, da associazioni professionali, da raggruppamenti informali di imprese e da imprese che agiscono a livello individuale.

In ogni caso, i risultati delle indagini, che di norma vengono resi pubblici, contribuiscono a tracciare le linee direttrici per l'azione dei poteri pubblici e a sviluppare l'attività di ricerca e sviluppo all'interno delle aziende.

Oggi il Giappone è l'unico paese che può vantare un'esperienza consolidata in questo campo e molti sono i paesi che si ispirano al modello nipponico nel tentativo di replicarne l'esperienza.

Gli stessi Stati Uniti, dopo un periodo di interruzione registrato tra la metà degli anni Settanta e l'inizio degli anni Ottanta, hanno ripreso nel corso degli anni Ottanta a condurre studi di prospezione tecnologica.

In Europa, molti paesi – Francia, Germania, Gran Bretagna, Paesi Bassi, Norvegia, ecc. – tra la fine degli anni Ottanta e i primi anni Novanta hanno cominciato a seguire le orme nipponiche⁵.

In Germania, il Ministero per la Ricerca e la Tecnologia (BMFT) ha iniziato ad occuparsi di questi temi nel 1992, incaricando successivamente l'istituto ISI di Karlsruhe di realizzare studi più complessi. Lo stesso ISI ha stabilito una forte collaborazione con il NISTEP giapponese realizzando assieme Delphi e mini – Delphi (indagine Delphi che ha l'obiettivo di studiare un numero limitato di temi).

I buoni risultati ottenuti in Germania utilizzando il metodo Delphi ed il questionario giapponese, hanno indotto il Ministero della Ricerca francese a replicare nel 1994 questa iniziativa anche in Francia.

Sempre in Francia sono attualmente utilizzate altre tecniche basate su panel di esperti, come nel caso di una recente indagine promossa dal Ministero dell'Industria. Anche in Gran Bretagna è stato avviato nel 1993 un programma di prospezione tecnologica affidato ad un gruppo di coordinamento creato presso l'*Office of Science and Technology*. La scelta in questo caso è stata orientata a recuperare l'intero modello nipponico basato su una pluralità di strumenti, di metodi e di at-

tori, piuttosto che sulla sola indagine Delphi. Rapidamente, altri organismi, quali ministeri, *Research Councils*, associazioni professionali e imprenditoriali, hanno analizzato e utilizzato i risultati prodotti e, in molti casi, hanno impostato studi di prospezione più mirati al proprio specifico campo di attività. L'insieme delle diverse prospezioni – generali e di settore – nell'impostazione britannica, dovrebbe costituire la base per la reimpostazione dell'intera politica per l'innovazione.

Lo stesso Consiglio Europeo ha recentemente creato l'*Institute for Prospective Technological Studies* (IPTS) il cui obiettivo primario è la costituzione di una rete (*European Science and Technology Observatory*) per il supporto alle scelte europee di politica scientifica e tecnologica⁶.

Nel resto del mondo altri paesi come il Canada e l'Australia, hanno preso la stessa strada. Inoltre, negli ultimi anni, sono state avviate esperienze di prospezione sul futuro delle tecnologie dai governi di alcuni paesi asiatici (in particolare, Corea e India), con l'obiettivo di prevedere lo sviluppo delle tecnologie e di comparare i risultati con i Delphi realizzati in altri paesi.

La crescente attenzione e diffusione di questi studi testimoniano l'esigenza fortemente sentita sia dagli organismi nazionali e regionali, sia dal sistema delle imprese, di conoscere gli sviluppi futuri dell'evoluzione scientifica e tecnologica, al fine di elaborare le scelte politiche e le strategie aziendali. In altre parole, si è ormai diffusa la consapevolezza che il successo di un paese o di un'impresa è sempre più legato alla capacità di comprendere e cogliere le opportunità offerte dalla rivoluzione tecnologica.

Le principali aree di studio

Lo sviluppo della concorrenza sul mercato mondiale e l'accelerazione del progresso tecnologico hanno indirizzato le economie e le organizzazioni a concentrare le loro attività di ricerca su alcune aree. Per identificare le tecnologie che avranno incidenza maggiore sulla competitività economica e il benessere sociale, sono stati condotti negli ultimi anni, in diversi paesi⁷, numerosi studi sulle tecnologie cosiddette «critiche», ovvero con una forte utilità economica e sociale.

Un aspetto essenziale di tutte le indagini di prospezione tecnologica che utilizzano il metodo Delphi consiste infatti nello stabilire una lista di tecnologie critiche, su cui concentrare l'attenzione dei decisori.

La velocità dei cambiamenti in questo campo è tale che ad esempio, nella prima inchiesta Delphi realizzata dal Giappone figuravano 644 temi di ricerca, mentre nell'ultima i temi sono 1300. Più in particolare, tra la penultima e l'ultima indagine realizzata dalla STA emergono molte differenze:

Dei 1070 temi individuati nella penultima indagine: solo 300 sono rimasti invariati, altri 300 sono stati modificati e tutti gli altri sono stati aggiunti ex – novo.

L'ultima ricerca della STA individua i seguenti gruppi di tecnologie critiche:

- *Tecnologie di base molto avanzate* (Informatica e elettronica; Nuovi materiali; Life Science);
- *Tecnologie di supporto alla produzione* (Energia, Automazione industriale);
- *Tecnologie di base per sistemi a larga diffusione* (Comunicazioni, Trasporti, Utilizzo ambienti naturali);
- *Tecnologie per la salvaguardia ambientale* (Ambiente).

Un altro obiettivo che costantemente ritroviamo in questo tipo di indagini consiste nell'individuare il livello di R&D nel quale si situa il paese che svolge l'indagine in rapporto ad altri paesi.

L'esperienza dei mini – Delphi condotti in comune dall'ISI e dal NISTEP in Germania e in Giappone tra il 1994 e l'inizio del 1995 presenta novità molto importanti. Infatti, l'analisi è stata approfondita in termini di valutazione dell'impatto sulla società e l'economia ed inoltre si è tenuto conto delle osservazioni della comunità scientifica, il che ha permesso di cogliere aspetti qualitativi e operativi che possono sfuggire all'interno di questionari strutturati⁸ quali quelli utilizzati comunemente.

Le metodologie di indagine

Il metodo maggiormente utilizzato negli studi di prospezione tecnologica è il metodo Delphi. Essendo un metodo di tipo soggettivo, il metodo Delphi si adatta soprattutto in situazioni dinamiche, in cui i modelli quantitativi, basati sull'estrapolazione delle tendenze

osservate in passato, falliscono nella previsione di significativi mutamenti che il fenomeno può presentare nel tempo.

L'oggettività, infatti, oltre a non essere facilmente ottenibile, non è sempre significativa, soprattutto quando il futuro sembra essersi liberato dai vincoli del passato.

Il metodo Delphi si riferisce in genere ad un arco temporale medio – lungo e può essere usato anche per previsioni una – tantum o ripetute. I vantaggi principali consistono nel fornire risultati stabili e coerenti, nell'ampia possibilità di riflessione, di verifica e di ritorno delle opinioni espresse. Questo metodo permette inoltre di tenere conto anche della storia precedente.

La consultazione si svolge a due o più stadi, in un processo di andata e ritorno di domande e risposte fino a quando una certa tendenza prevale (di norma dopo il 2° turno).

Esistono molte varianti del metodo Delphi⁹ e tecniche diverse e complementari, come gli studi di scenari e le consultazioni di *panel*. La maggior parte delle esperienze nazionali utilizzano strumentazioni basate su più livelli di analisi e spesso fanno ricorso a una molteplicità di tecniche.

In generale, nelle indagini previsionali sulla scienza e tecnologia svolte a livello nazionale, il primo passo consiste nella messa in opera di un gruppo di pilotaggio incaricato di suddividere la ricerca scientifica e tecnologica in aree – chiave. Per ciascuna di queste aree vengono quindi costituiti dei *panels* composti da esperti eminenti appartenenti alle industrie, alle università e alle amministrazioni pubbliche.

Nell'indagine nipponica gli esperti dei panels, potendo disporre dei risultati pregressi, individuano sulla base della indagine precedente, i temi da riprendere o modificare o, eventualmente, eliminare, così come quelli da inserire ex-novo.

Gli esperti consultati, appartenenti anch'essi alle industrie, alle università e alle amministrazioni pubbliche, sono invitati ad esprimere le loro opinioni su:

– il grado d'importanza attribuito a ciascun tema;

– l'epoca probabile di concretizzazione;

– la necessità o meno di uno sviluppo congiunto internazionale;

– il livello di R&D nel quale si situa il paese che svolge l'indagine in rapporto ad altri paesi;

– le condizioni di realizzazione dell'obiettivo in questione.

I risultati delle indagini forniscono gli elementi per orientare le decisioni sul futuro della politica scientifica e tecnologica e, allo stesso tempo, le informazioni di base per le imprese pubbliche e private.

Da un'inchiesta svolta qualche anno fa dal NISTEP presso le imprese private, al fine di valutare l'utilità delle misure emerse nell'ambito della quarta indagine Delphi, su 250 imprese consultate, il 59% ha giudicato i risultati «molto importanti» e il 36% «interessanti»; solo il 13% li ha giudicati «molto utili», mentre il 61% li ha giudicati «utili fino ad un certo punto». Questi risultati sembrano riflettere in parte il fatto che le imprese nipponiche posseggono numerose altre fonti di studio di prospezione e in parte anche il fatto che i risultati delle indagini a larga scala realizzate dalla STA hanno carattere troppo generale per essere direttamente utilizzati dalle imprese¹⁰.

Allo stato attuale pare evidente che attraverso l'esperienza maturata in vari paesi, gli studi di prospezione tecnologica hanno perso il carattere di improvvisazione che avevano agli inizi per assumere connotazioni più rigorose sul piano metodologico e scientifico. Esiste ormai una lunga tradizione di esercizi di prospezione tecnologica, sviluppati soprattutto attraverso il metodo Delphi. D'altro parte sembra indispensabile sviluppare e affinare ulteriormente i metodi di prospezione in funzione dei nuovi dati nazionali e internazionali. Particolarmente utili a questo riguardo sono da considerare lo sviluppo di cooperazioni internazionali. In particolare ci si attende che dalla collaborazione tra il Giappone e la Germania possa nascere una nuova generazione di inchieste Delphi, dotate di una demarcazione più differenziata per valutare l'impatto probabile di una tecnologia sull'economia, sulla società e sulla scienza.

¹ Sono considerate critiche le tecnologie che rivestono, e che si prevede sempre più rivestiranno, un ruolo particolarmente importante per lo sviluppo economico e sociale.

² Si veda la tab. 1.

³ Si veda, a questo proposito, il capitolo *Gli studi di prospezione tecnologica*, in Appendice.

⁴ F. Magrino (a cura di), *Sette chiavi per il futuro. Nuovi materiali e tecnologie per il 2000*, Edizioni del Sole 24 Ore, Milano, 1988.

⁵ CNEL, *Le politiche per l'innovazione in Germania, Regno Unito e Francia*, Roma, 1997.

⁶ Institute for Prospective Technological Studies, *Annual Report 1995*, Lussemburgo, 1996.

⁷ Per una lista di studi sulle tecnologie critiche cfr. Martin B., J. Irvine, *Research Foresight: Priority Setting in Science*, Pinter Publisher, Londra, 1989 e Grupp H., «Technology at the Beginning of the 21st Century», *Technology Analysis and Strategic Management*, vol. 6, n. 4, p. 381.

⁸ Cfr. K. Cuhls, T. Kuwahara, *Outlook for Japanese and German future Technology. Comparing Technology Forecast Surveys*, Heidelberg, Physica-Verlag, 1994.

⁹ Cfr. Clarke R.E., Gupta U.G., «Theory and Applications of the Delphi Technique: a bibliography (1975 - 1994)», *Technological Forecasting Social Change*, n. 2, Ott. 1996

¹⁰ Cfr. *STI Review*, n. 17, OCDE, 1996.

Bibliografia

Nuovi materiali

Greaves C., *Facilitating technology uptake: the case of smart structures and*

materials, The IPTS Report, N. 18, Ott. 1997.

Life science

Marchetti C., *Longevity and life expectancy*, Technological Forecasting and Social Change, N.3, Lug. 1997.

Rifkin J., *Il secolo biotech*, Baldini & Castoldi, Milano, 1998.

Fonti energetiche e ambiente

Calenbuhr V., *An editorial outline of aspects of «clean technologies»*, The IPTS Report, N. 27, Set. 1998.

Hammond G. P., *Alternative energy strategies for the United Kingdom revisited*, Technological Forecasting and Social Change, N. 2, Ott. 1998.

Hora S. C., Von Winterfeldt D., *Nuclear waste and future societies: a look into the deep future*, Technological Forecasting and Social Change, N. 2, Ott. 1997.

Hunhammar S., *Nuclear Future - A case of Method Bias?*, Technological Forecasting and Social Change, N. 2, Ott. 1996.

Martin J. M., *Energy technologies: systemic aspects, technological trajectories, and institutional frameworks*, Technological Forecasting and Social Change, N. 1, Set. 1996.

Nakicenovic N. Grubler A., *Decarbonizing the global energy system*, Technological Forecasting and Social Change, N. 1, Set. 1996.

Pauli G., *Technology forecasting and assessment: the case of zero emission*, Technological Forecasting and Social Change, NN. 1 - 2, Mag. - Giu. 1998.

Ruttan V. W., *Induced innovation and path dependence: a reassessment with respect to agricultural development and the environment*, Technological Forecasting and Social Change, N. 1, Set. 1996.

Telecomunicazioni

Croson D. C., Fox J. F., Ashurkov V. L., *Flexible entry strategies for emerging telecom markets*, Technological Forecasting and Social Change, NN. 1 - 2, Gen. - Feb. 1998.

Dekimpe M. G., Parker P. M., Savary M., *Staged estimation of international diffusion models*, Technological Forecasting and Social Change, NN. 1 - 2, Gen. - Feb. 1998.

Gaines B. R., *The learning curves underlying convergence*, Technological Forecasting and Social Change, NN. 1 - 2, Gen. - Feb. 1998.

Hauptman O., Tomczyk M. S., Kiggundu M., *The emerging role of telecommunication: extrapolation of novel applications around the world*, Technological Forecasting and Social Change, NN. 1 - 2, Gen. - Feb. 1998.

Herkert J. R., Nielsen C. S., *Assessing the impact of shift to electronic communication and information dissemination by a professional organization*, Technological Forecasting and Social Change, NN. 1 - 2, Gen. - Feb. 1998.

Stanek D. M., Mokhtarian P. L., *Developing models of preference for home-based and center-based telecommuting: findings and forecasts*, Technological Forecasting and Social Change, NN. 1 - 2, Gen. - Feb. 1998.

Metodologie e tecniche

Chakravarti A. K., Vasanta B., Krishnan A. S. A., Dubash R. K., *Modified Delphi methodology for technology forecasting*, Technological Forecasting and Social Change, NN. 1 - 2, Mag. - Giu. 1998.

Jeong G. H., Kim S. H., *A qualitative cross - impact approach*

to find the key technology, Technological Forecasting and Social Change, N. 3, Lug. 1997. Kuwahara T., *La prospective technologique au Japon: une conception nouvelle de la méthodologie et de l'analyse*, STI Revue, 1996.

Quévieux M. A., *Les dynamiques technologiques pour l'an 2010 en France (l'approche par enquête Delphi)*, STI Revue, 1996.

Shin T., *Using Delphi for a long-range technology forecasting, and assessing directions of future R&D activities*, Technological Forecasting and Social Change, NN. 1 - 2, Mag. - Giu. 1998.

Watts R. J., Porter A. L., *Innovation forecasting*, Technological Forecasting and Social Change, N.1, Set. 1997.

Scenari

Bontoux L., Hardy P., Rojo de la Viesca J., *Technological change and economic growth in the Euro - mediterranean region: science & technology trends*, The IPTS Report, N. 25, Giu. 1998.

Chakravarti A. K., Vasanta B., Krishnan A. S. A., Dubash R. K., *Modified Delphi methodology for technology forecasting*, Technological Forecasting and Social Change, NN. 1 - 2, Mag. - Giu. 1998.

Conceição P., Heitor M. V., Gibson D. V., Shariq S.S., *The emerging importance of knowledge for development: implications for technology policy and innovation*, Technological Forecasting and Social Change, N. 3, Lug. 1998.

Grupp H., *La prospective scientifique et technologique en Allemagne: Methodologies et activités récentes*, STI Revue, 1996.

- Khader B., *Euro - mediterranean partnership (EMP): the unaccomplished tasks*, The IPTS Report, N. 25, Giu. 1998.
- Niwa F., Tomizawa H., Hirahara F., *Reconsideration of the Japanese science and technology indicators «Science and technology development cycle»*, Third International conference on «Science and policy research» Mar. 1992.
- Quévreur M. A., *Les dynamiques technologiques pour l'an 2010 en France (l'approche par enquête Delphi)*, STI Revue, 1996.
- van Dijk A., van Esch R., Hilders M., *Les études de prospective technologique aux Pays - Bas*, Quévreur M. A., STI Revue, 1996.
- Walshe G., *La prospective technologique au Royaume - Uni*, STI Revue, 1996.