

## Innovazione nella progettazione

## TRIZ

a cura di

**Gaetano Cascini, Paolo Rissone, Davide Russo**Dipartimento di Meccanica e Tecnologie Industriali  
Università degli Studi di Firenze

**F**ino ad oggi la maggior parte delle industrie italiane ha tenuto il mercato sviluppando l'automazione nella fabbricazione e riorganizzando le linee produttive, curando l'affidabilità e la qualità del prodotto e combattendo la concorrenza più che altro sul fronte dei prezzi.

È una strategia che comincia a mostrare i limiti perché i Paesi emergenti grazie al basso costo della manodopera vincono facilmente la battaglia dei prezzi. Così, si deve ricorrere a quella risorsa che è sempre stata il vero motore dello sviluppo: la capacità di innovare il prodotto. Innovare vuol dire trovare nuovi modi per soddisfare i bisogni arricchendo il prodotto con il valore aggiunto della creatività e invenzione.

In realtà è una strada difficile da percorrere perché entra in gioco la cultura, non solo tecnica, del proget-

tista e la sua creatività, finora messa in secondo piano perché è stata fatta prevalere la tradizione aziendale. In prospettiva, invece, bisogna pensare che le grandi aziende affideranno sempre più spesso a terzi esterni anche compiti tecnici importanti, progettazione compresa, e non solo la fornitura di componenti semplici e a basso costo: è facile prevedere che resteranno sul mercato le piccole imprese che impiegheranno personale di maggior valore.

Di qui l'importanza della formazione culturale sia dei tecnici che degli imprenditori, evidentemente su piani diversi, attorno ad argomenti di frontiera come le tecniche per sistematizzare l'innovazione e per sviluppare la creatività, ma anche su strumenti ingegneristici come la modellistica funzionale e la simulazione dei processi di fabbricazione oltre che sulle loro interazioni e integrazione.

**I primi ingegneri**

Nel Rinascimento si ha la prima rivoluzione industriale ampiamente documentata da progetti, intesi nella moderna accezione del termine. Allora è interessante fare un parallelo tra l'ingegnere rinascimentale e quello moderno, in relazione al motore primo della qualità della progettazione, che la formazione culturale.

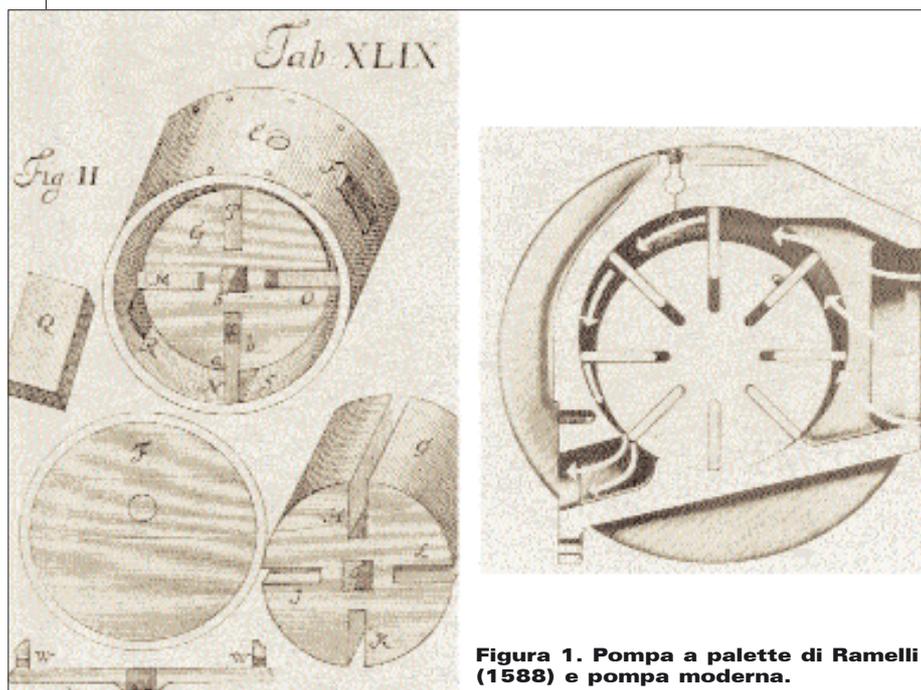
Nel rinascimento l'ingegnere è cresciuto come artista che nel significato più antico coincide con il più tardo artigiano cioè colui che è maestro in arte, dove per arte si deve intendere qualunque forma di abilità manuale (o spirituale). Nella maggior parte dei casi l'ingegnere rinascimentale era anche un artista nel senso moderno della parola: Leonardo è ovviamente il caso più noto.

Che relazione c'è tra arte e ingegneria? L'arte si suppone sia materia sfuggente e priva della logica del rigore e dell'oggettività dell'ingegneria. In realtà si può fare un parallelo tra l'artista e l'ingegnere: partono entrambi da una pagina bianca. Il lavoro dell'artista proviene da una serie di azioni solo in apparenza caotiche: in realtà l'ispirazione si concretizza nell'opera e prende forma seguendo regole dello stile, del periodo storico, della scuola, dei desideri del cliente.

L'ingegnere riempie la propria pagina bianca partendo ancora dall'intuizione, che, filtrata dall'esperienza e dalla cultura tecnica, prende forma.

Quindi entrambi partono da un processo creativo e arrivano alla soluzione del problema che è bene notare in nessuno dei due casi è univoca.

L'ingegnere deve avere naturalmente le opportune conoscenze spe-



**Figura 1. Pompa a palette di Ramelli (1588) e pompa moderna.**

cifiche. Ciò mette in luce un altro rapporto complesso, che è quello tra ingegneria e scienza.

L'ingegnere rinascimentale disponeva di un *know how* culturale derivato direttamente dalla metafisica aristotelica. La fase ideativa era viziata da una visione della realtà distorta e fuorviante (basti pensare che nel '400 era opinione diffusa che il moto di un oggetto fosse l'effetto di una spinta da parte dell'aria e non il risultato dell'azione di una forza in contrasto con l'attrito provocato dall'aria stessa).

Le conoscenze scientifiche del tempo non giustificano quindi lo straordinario livello qualitativo dei manufatti e delle invenzioni rinascimentali (Figura 1): l'ingegnere elaborava (e concretizzava) le proprie idee per mezzo di un'attenta e critica osservazione della realtà sempre accompagnata da esperienze pratiche fatte – è bene ricordarlo – in campi diversi, anche non tecnici. E forse proprio la multisetorialità dell'esperienza pratica impediva che la tradizione opprimesse la creatività.

### Ingegneri e progettazione

L'evoluzione storica ha cambiato radicalmente la figura dell'ingegnere. Oggi il progettista tipico è inserito in una rete complessa il cui scopo è ancora, ovviamente, immettere sul mercato un prodotto vendibile solo che ciò deve essere fatto nel minor tempo possibile assicurando comunque un alto rapporto valore/costo, elevata sicurezza d'uso, affidabilità nel tempo e gradevolezza estetica. Per ottenere queste prestazioni è stato necessario dare un peso sempre maggiore alla formalizzazione della cultura ingegneristica, collegandola in modo via via più stretto ai temi della ricerca scientifica e quindi parcellizzandola in argomenti di elevata specializzazione.

Anche lo stesso processo di progettazione è stato suddiviso in fasi nelle quali l'ingegnere esegue diversi tipi di attività intellettuale. Uno schema progettuale classico è quello di French in cui le azioni sono organiz-

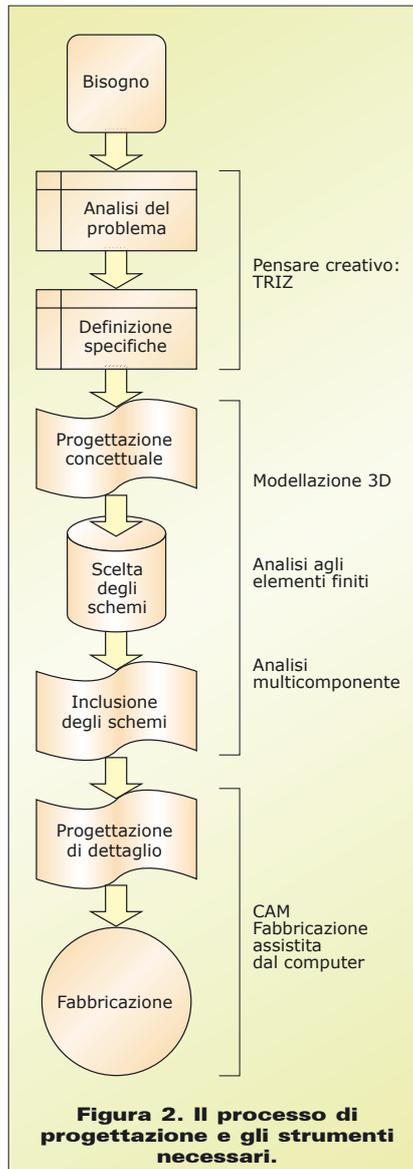


Figura 2. Il processo di progettazione e gli strumenti necessari.

zate sequenzialmente nel tempo con criteri logici ben definiti (Figura 2).

Essendo stato individuato un bisogno, viene progettato l'oggetto in grado di soddisfarlo. Con l'analisi del problema si fissano esattamente le caratteristiche e le proprietà del bisogno e, con la definizione delle specifiche, si stabiliscono le condizioni al contorno da rispettare. Nella fase di progettazione concettuale si crea l'architettura generale dell'oggetto per mezzo di semplificazioni e schematizzazioni di particolari. Il progetto diventa sempre più preciso con una serie di schemi funzionali, ancora sviluppati al punto tale da consentire una prima individuazione della soluzione tecnica sulla base delle sue capacità nel soddisfare il bisogno entro le specifiche poste. Nella fase di dettaglio sono definiti i particolari che migliorano le caratteristiche del prodotto.

Questo schema generale, che finisce con la produzione dei disegni costruttivi, oggi deve essere modificato e ampliato per tenere conto che quasi tutte le azioni dell'iter progettuale sono molto più efficaci – nel senso che sono compiute in minor tempo e analizzano un numero molto maggiore di alternative – se affiancate dal supporto di strumenti software per la simulazione strutturale, funzionale, di fabbricazione oltre che da programmi che facilitano il progettista nella valutazione estetica ed ergonomica del prodotto per mezzo di tecniche di prototipazione rapida e di realtà virtuale.

### Ingegneri e creatività

Le prime fasi del progetto sono quelle a più alto livello concettuale e di astrazione e le più critiche, dato che le decisioni prese condizionano in modo pesante il resto dell'attività e quindi iniziative errate fanno lievitare di molto i costi del progetto. Proprio a questo livello della catena progettuale si devono dimostrare le doti di creatività e di capacità di innovazione che distinguono il buon progettista dall'ingegnere medio. Il pensiero creativo, che certamente è in parte una dote naturale, è senza dubbio favorito dalla cultura generale, dalla capacità di utilizzare sintesi di esperienze in campi diversi, dall'apprendimento di tecniche specifiche. Purtroppo i curricula di studi sia nelle scuole medie superiori sia nelle università frazionano la cultura in settori tenuti rigorosamente separati e distanti; inoltre il sistema scolastico, per una serie di ragioni di natura essenzialmente politica, forma studenti il cui livello culturale (sia pure nelle singole e separate discipline) non è soddisfacente nella gran parte dei casi. Nelle facoltà di ingegneria, infine, in generale l'attenzione è più concentrata all'analisi di soluzioni esistenti piuttosto che alle tecniche per la generazione di soluzioni ed in genere non vengono insegnate le metodologie per sviluppare il pensiero creativo. Le conseguenze di ciò sono vi- ➤

► sibili in **Figura 3** in cui è evidente che il picco di creatività, intesa come capacità di proporre idee fuori dal consueto a prescindere dal proprio bagaglio di conoscenza non solo è diminuito dal 1912 agli anni '70 ma i laureati di metà degli anni '80 hanno un picco negativo.

Da qui la necessità di riscoprire il valore della creatività nel processo innovativo e la ricerca di strumenti teorici in grado di aiutare il progettista nella fase critica di ideazione. Tra i molti disponibili in letteratura, appare molto interessante perché applicabile in generale (e quindi non solo al processo progettuale ma anche organizzativo) la metodologia TRIZ.

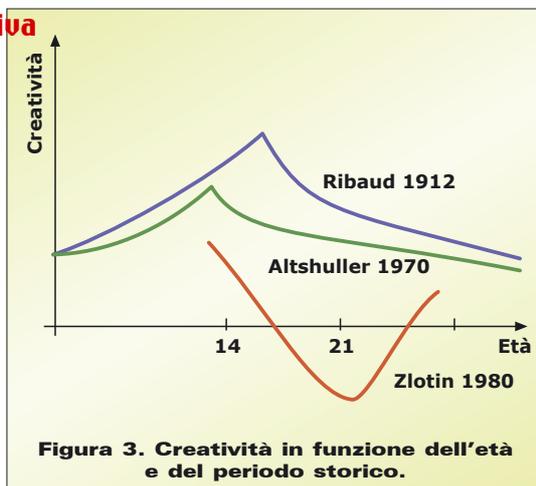
### La teoria TRIZ

Nel 1946 G. Altshuller, un giovane ingegnere dell'ex unione sovietica, comincia una analisi statistica di un vasto numero di brevetti; da qui si accorge che qualsiasi problema tecnico specifico può essere ricondotto, mediante un processo di astrazione, ad un modello generale, e che i processi logici di risoluzione possono essere raggruppati in un numero finito di «principi risolutivi».

Secondo Altshuller i sistemi tecnici evolvono secondo leggi oggettive e tendono a massimizzare il loro grado di idealità, espressa come rapporto tra le funzioni utili fornite dal sistema e le funzioni dannose insite nel sistema.

Partendo da tali principi giunse a perfezionare un algoritmo per la risoluzione inventiva dei problemi che sta alla base della più generale «teoria di risoluzione inventiva dei problemi» (TRIZ ne è l'acronimo russo).

L'umanità cerca di descrivere ogni campo della realtà con modelli per rappresentare e prevedere i suoi comportamenti. Per esempio, prendendo in considerazione la chimica, la rappresen-



**Figura 3. Creatività in funzione dell'età e del periodo storico.**

tazione di un fenomeno è l'interazione tra 2 modelli, i reagenti ed i prodotti delle reazioni; le reazioni rappresentano gli strumenti con i quali regolare lo schema del fenomeno.

Secondo la teoria TRIZ, una analogia simile può essere definita per i problemi inventivi: un modello di problema è interfacciato con un modello delle sue soluzioni da un set di strumenti; in **Figura 4** è mostrata una rappresentazione schematica di questo concetto. Perciò il TRIZ cerca di dare un approccio sistematico per il trasferimento delle soluzioni concettuali da un campo tecnico ad un altro, questa è una nuova strada per l'interdisciplinarietà.

È interessante mostrare un confronto tra il modo di pensare di un bambino e quello di un adulto: quest'ultimo teme le contraddizioni e cerca di scansarle superandole con soluzioni di compromesso. I bambini invece non temono contraddizioni ma le sperimentano per aumentare la loro curiosità; TRIZ ama le contraddizioni e le esagera, poiché la individuazione e la formulazione di una ov-

via contraddizione è un passo verso la sua soluzione. Inoltre, l'adulto segue un approccio di tipo metafisico, considerando oggetti, processi e fenomeni separatamente piuttosto che sistematicamente. Il bambino desidera trovare legami tra tutte le cose di cui viene a conoscenza.

TRIZ cerca un approccio sistematico e ricerca le connessioni tra oggetti remoti, processi e fenomeni che spesso sembrano assolutamente non connessi.

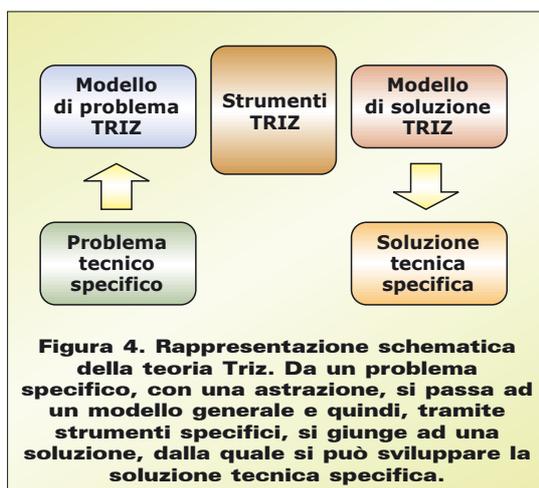
Gli adulti usano una combinazione disorganizzata di vari tipi di deduzione, spesso applicata erroneamente. I bambini usano una «traduzione», un tipo di deduzione, sbagliata secondo il punto di vista classico, dove le deduzioni sono prodotte a partire da un fatto specifico ad un altro fatto specifico.

TRIZ usa deduzioni tramite l'analogia, mostra transizioni di idee deduttive e soluzioni tra sistemi ad un livello astratto.

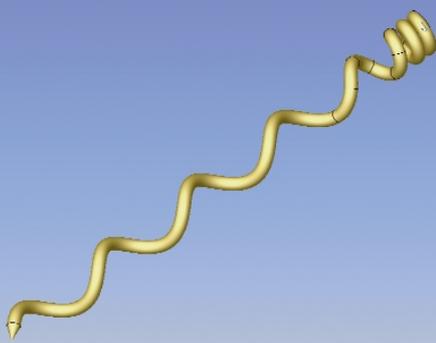
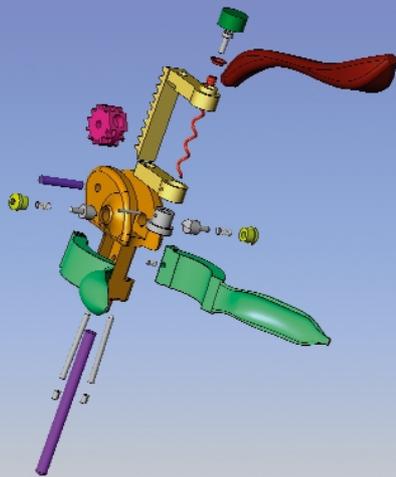
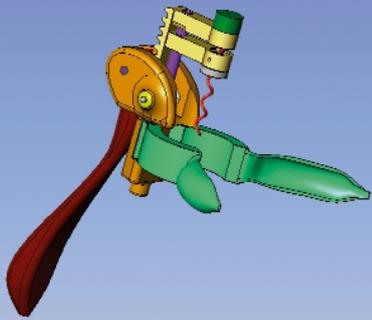
Il processo di elaborazione di una idea è fortemente influenzato dalla inerzia psicologica cioè la tendenza a riprodurre schemi, metodi e percorsi logici comuni al tipo di apprendimento acquisito. Tale inerzia spinge a ricercare le soluzioni sempre nella medesima direzione ovvero quella che nel passato ha dato buoni risultati.

Il metodo di insegnamento scolastico e universitario in generale è basato sul fornire all'ingegnere un insieme di metodologie collaudate. Il sapere è suddiviso in settori disciplinari tenuti ben separati gli uni dagli altri ad ognuno dei quali vengono associati gli strumenti più adatti per risolvere i problemi fin nel dettaglio. Questo tipo di approccio metodologico è paradossalmente la causa prima del diffondersi di tale inerzia nella logica dell'ideazione e rappresenta pertanto un grosso condizionamento alla creatività personale dell'inventore.

Basti pensare ad un semplice esempio. Il team di studiosi ►



**Figura 4. Rappresentazione schematica della teoria Triz. Da un problema specifico, con una astrazione, si passa ad un modello generale e quindi, tramite strumenti specifici, si giunge ad una soluzione, dalla quale si può sviluppare la soluzione tecnica specifica.**



**Il cavatappi**  
(Alessio Lippi, Michela Papini)

Il funzionamento del cavatappi può essere schematizzato in due fasi distinte: la prima in cui viene forato il tappo e la seconda in cui il tappo viene tolto. Durante la prima fase, ruotando la leva si spinge la dentatura e quindi l'elica trasla verso il basso e fora il tappo. La seconda fase è più complessa: il pezzo di ferro diventa solidale non più al carter ma alla dentatura; in questo modo quando muovendo la leva si sposta la dentatura verso l'alto, sale anche il pezzo di ferro quindi l'elica non si svita ma tira via il tappo.

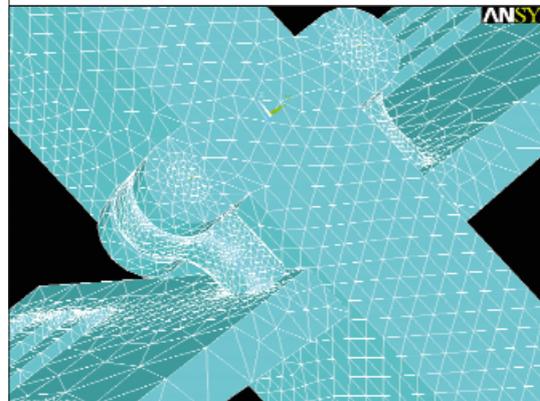
lo spazio, il vetro era totalmente inutile.

Dal canto loro gli americani della Nasa hanno investito centinaia di milioni nella ricerca di una penna a inchiostro liquido che potesse lavorare anche in assenza di vuoto, quando i sovietici usavano banalmente dei lapis!

La metodologia TRIZ ha come primo obiettivo quello di eliminare ogni tipo di vincolo psicologico, obbligando a pensare a 360 gradi, ribaltando in continuazione il punto di vista al problema; per generare una soluzione il primo step è quello di pensare alla soluzione ideale (zero costi, zero consumi, massimo di funzionalità, utilizzo di tutte le risorse esterne a disposizione, trasformazione dei fattori dannosi in risorse utili, ecc.). Il metodo TRIZ inoltre si preoccupa di svincolare il processo creativo dal *know how* personale dell'ingegnere. Per fare questo TRIZ utilizza strumenti capaci di astrarsi dal problema specifico per creare un modello astratto; quindi, grazie all'analisi statistica di milioni di brevetti provenienti da tutte le aree scientifico-disciplinari, vengono suggerite le direzioni sulle quali spingere la propria ricerca. Utilizzando la metodologia TRIZ, l'ingegnere viene accompagnato lungo il suo percorso creativo ed è in grado di superare i propri limiti progettuali sfruttando conoscenze che vanno oltre il proprio bagaglio culturale.

**Qualche esempio**

Da alcuni anni gli autori si occupano, sia sotto l'aspetto tecnico-scientifico che didattico delle tecniche di in-



**Scaleo leggero self standing in plastica**  
(Cambi, Rotini 2001)

Scaleo di minimo ingombro. Chiuso, aperto, e dettaglio dell'articolazione dei gradini per la verifica strutturale.



**Il passeggino maneggevole**  
(Marco Chemeri, Francesco Malossi, Francesco Schiavone, 2002)

La maneggevolezza emerge dalla scelta della ruota anteriore girevole, a scapito della semplicità di progetto. Questa idea è inoltre innovativa, non esistendo in commercio soluzioni analoghe su passeggini a 3 ruote, oltretutto con forcella monobraccio.

novazione nella progettazione. Per quanto riguarda la didattica, sono tenuti corsi in cui gli allievi sono invitati ad impiegare queste tecniche – insieme agli strumenti più tradizionali rappresentati da modellatori solidi e software agli elementi finiti – per lo svolgimento dei progetti che costituiscono la prova d'esame. Le figure mostrano alcuni esempi.

**Gaetano Cascini, Paolo Rissone, Davide Russo**