

IL PROBLEMA DELLE SCELTE NELLA PROGETTAZIONE INDUSTRIALE

La necessità di scelta si verifica frequentemente nel processo progettuale industriale, da condurre con modalità le più svariate, dall'istinto al catalogo informatico.

Un sistema esperto può rappresentare un interessante contributo alla progettazione meccanica e, in particolare, all'e-design

La scelta può essere definita come il confronto fra le esigenze richieste dal progetto e le prestazioni fornite da una soluzione, in relazione alla successiva decisione.

La necessità di scelta si verifica frequentemente nel processo progettuale industriale.

Data, ad esempio, una funzione, può essere necessario scegliere, in relazione alle esigenze che la accompagnano, il principio fisico del prodotto che la svolge, oppure la soluzione costruttiva che concretizza tale principio, oppure il materiale con cui realizzare i vari pezzi che compongono la soluzione costruttiva stessa.

MODALITÀ DI SCELTA

Le modalità di scelta possono essere svariate, da quelle meno ingegneristiche, a quelle più sofisticate.

Tra le prime, sono ancora purtroppo in uso la "ripetitività" ("abbiamo sempre fatto così") e il "plagio" ("fanno tutti così").

A un livello ancora poco ingegneristico, ma decisamente più valido, c'è l'esperienza non formalizzata che, da una sintesi critica di osservazioni, porta a risolvere i problemi in modo "istintivo", spesso con una certa efficacia, anche se in modo non formalizzato e inespresso.

Un passo avanti notevole verso la razionalizzazione delle scelte è costituito dalle matrici, cioè da tabelle a dop-

pia entrata che formalizzano l'incontro fra le esigenze del progettista e il comportamento delle soluzioni.

Tale incontro può essere espresso in modo qualitativo (SI/NO, oppure un attributo o un pittogramma) o, meglio, quantitativo, attraverso un numero in una scala convenzionale.

In questo caso, la tabella è esprimibile come

$$V_{ik}$$

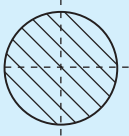
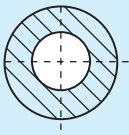
e corrisponde alla valutazione del comportamento del principio (o soluzione costruttiva) i -esima, nei confronti dell'aspetto k -esimo.

Le figure 1 e 2 mostrano due esempi di matrici di questo genere, a complessità molto diversa.

La figura 1 si riferisce alla scelta del tipo di sezione di un albero, mentre la figura 2 è relativa alla scelta del tipo di soluzione costruttiva di centraggio fra due pezzi meccanici.

Il diverso interesse del progettista per i vari aspetti di comportamento nello specifico progetto, è esprimibile mediante un insieme di pesi p_k assegnato a ciascun aspetto A_k . La i -esima soluzione costruttiva avrà, nello specifico progetto, valutazione

$$V_i = \sum V_{ik} p_k \quad (1)$$

Soluzioni costruttive	Leggerezza (a pari ingombro esterno)	Resistenza (a pari ingombro esterno)	Ingombro esterno (a pari leggerezza)	Ingombro esterno (a pari resistenza)	Disponibilità di spazio all'interno
	0	1	1	1	0
	1	0	0	0	1

I. Scelta del tipo di sezione di un albero.

IL CATALOGO INFORMATICO

Un passo avanti rispetto alle matrici esemplificate nelle figure 1 e 2 è costituito dall'applicazione di sistemi esperti. Sono note diverse applicazioni, caratterizzate dalla individuazione degli aspetti caratterizzanti la scelta e dal loro raggruppamento in categorie, per arrivare a una struttura decisionale ad albero. Sono stati applicati dati emersi dall'esame della letteratura a sistemi esperti specificamente sviluppati, per indirizzare il progettista nella scelta. Inizialmente si è deciso di avvalersi di un sistema esperto tradizionale e ci si è orientati all'AHP (Analytical Hierarchy Process) [Badiru 1991, Schiederjans 1991, Vargas 1990].

Tuttavia, è sembrato che un'ampia applicazione della metodologia AHP presentasse difficoltà per il progettista medio. La metodologia AHP è stata semplificata per mezzo dello stesso approccio ad albero, ma utilizzando un metodo a punteggio.

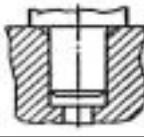

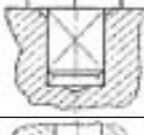
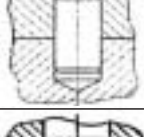

La figura 3 mostra un esempio di albero delle decisioni relativo alla scelta del materiale.

Un ulteriore progresso è costituito dal catalogo informatico di componenti meccanici. Esso è stato sviluppato partendo da una iniziale applicazione come tesi di laurea consi-

stente nella realizzazione di un catalogo di valvole in collaborazione con l'azienda produttrice delle stesse.

Il catalogo informatico qui descritto può essere utilizzato in tre modi diversi:

- a) scelta tradizionale,
- b) scelta mediante i parametri di utilizzo,
- c) scelta mediante gli aspetti di comportamento.

Soluzione costruttiva	Semplicità	Con senso di rotazioni relative	Simmetria radiale	Possibilità di forzamento	Adattabilità a grandi dimensioni
	Buona	SÌ	SÌ	Buona	Mediocre
	Discreta	SÌ	SÌ	Discreta	Mediocre
	Discreta	NO	NO	Discreta	Mediocre
	Mediocre	NO	NO	Mediocre	Buona
	Mediocre	NO	NO	Mediocre	Buona

2. Scelta del tipo di centraggio.

a) Scelta tradizionale

Il progettista consulta il catalogo informatico e individua la valvola "migliore", sfogliandolo informati-

camente, effettuando la scelta sulla base della propria esperienza personale.

b) Scelta mediante i parametri di utilizzo

Lo schema logico è mostrato in figura 4. Se P1, P2,...Pi,...Pn sono i parametri significativi per la scelta del componente, è necessario determinare, per ciascuno di essi, i valori massimi e minimi:

$$V_{imin}, V_{imax} \quad i = 1,2,...n \quad (2)$$

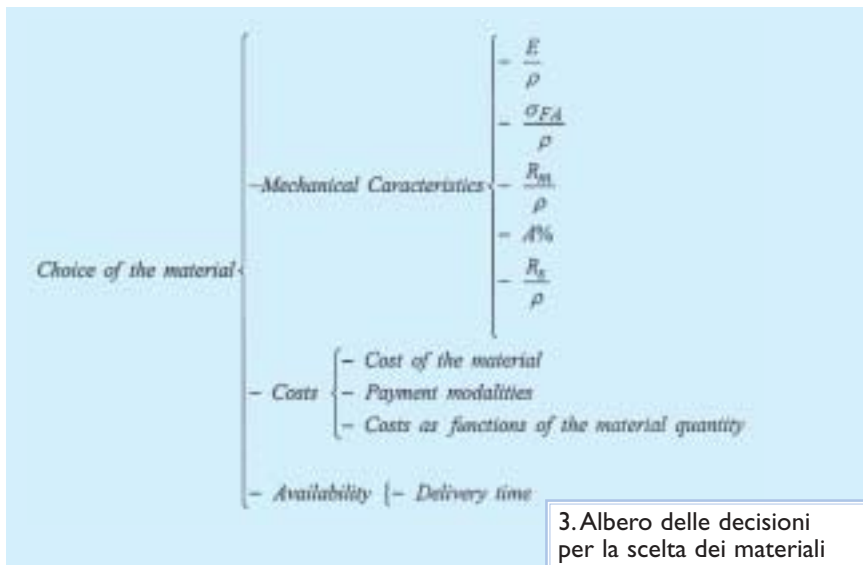
Successivamente viene individuato l'insieme dei componenti che soddisfano all'insieme dei limiti imposti: se il numero dei componenti è nullo, la scelta, con il catalogo dato, è impossibile. Negli altri casi, la scelta definitiva fra i componenti dell'insieme avviene per effetto dell'esperienza personale del progettista. La figura 5, 6 e 7 mostrano alcune videate relative a pressione di esercizio, diametro nominale e fluido di lavoro.

c) Utilizzo del catalogo mediante gli aspetti di comportamento

Partendo dalla considerazione che il prodotto deve avere buon comportamento in tutte le fasi del suo ciclo di vita, possono essere fatti scaturire alcuni aspetti di comportamento, quali, ad esempio, resistenza a fatica, ingombro, leggerezza, adattabilità alla manutenzione.

Se A1, A2,...Ak,...An sono gli aspetti descrittivi del comportamento e C1, C2,..Ci,..Cn sono i componenti che svolgono la funzione data, il legame fra Ak e Ci è esprimibile mediante la matrice Vik che contiene le valutazioni del comportamento di Ci in relazione ad Ak. La matrice corrisponde al data

base generale per il progettista. L'interesse in uno specifico progetto, per Ak è esprimibile mediante il sistema di pesi p1, p2,...pk,...pn, do-



3. Albero delle decisioni per la scelta dei materiali secondo la metodologia AHP.

ve $p_k = 0$ se A_k non ha interesse, $p_k = 1$ se A_k ha interesse e massimo, o $<p_k > 1$ se A_k ha interesse intermedio, $p_k = -1$ se A_k deve essere assolutamente non presente, $p_k = 2$ A_k se deve essere assolutamente presente.

Lo schema logico corrispondente è rappresentato in figura 8. Nell'applicazione qui menzionata il progettista deve assegnare una valutazione a ciascun aspetto del primo livello (cioè prestazioni, manutenzione, economicità) secondo i seguenti valori:

- 0 nessun interesse;
- 2 interesse moderato;
- 4 interesse di media entità;
- 6 interesse notevole;
- 8 grande interesse;
- 9 grandissimo interesse.

Tali valori esprimono il diverso interesse che le date caratteristiche hanno, nel caso specifico, per il progettista. Se: L_1 è il numero della caratteristica al livello 1 (= 3); L_{2P} è il numero delle caratteristiche al livello 2 (prestazioni) (= 4); L_{2M} è il numero delle caratteristiche al livello 2 (manutenzione) (= 2); L_{2E} è il numero delle caratteristiche al livello 2 (economicità) (= 2); AP, AM, AE sono, rispettivamente, la valutazione del progettista al primo livello (presta-

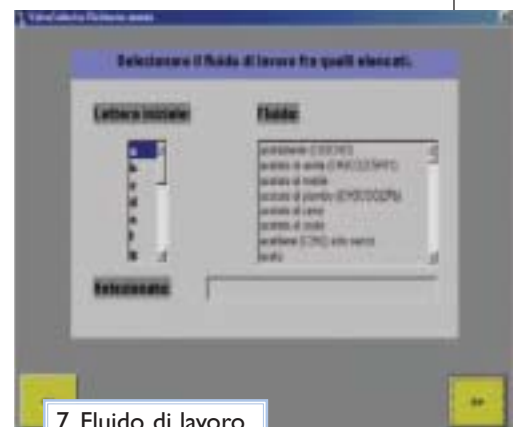
zioni, manutenzione, economicità); A_{2j} sono le valutazioni del progettista, al secondo livello, per la caratteristica j -esima ($j=1+4$ per le prestazioni, $j=5,6$ per la manutenzione, $j=7,8$ per l'economicità);



5. Pressione di esercizio.



6. Diametro nominale.

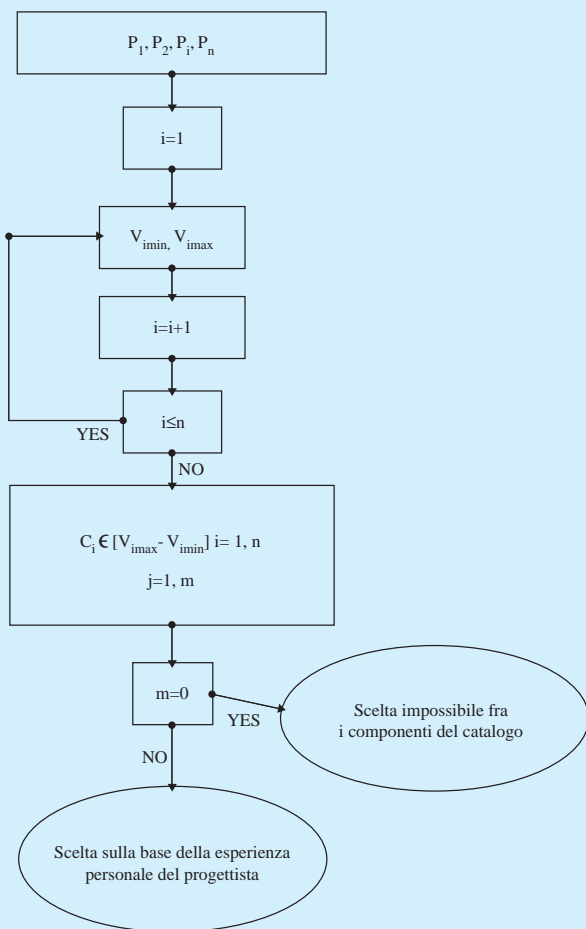


7. Fluido di lavoro.

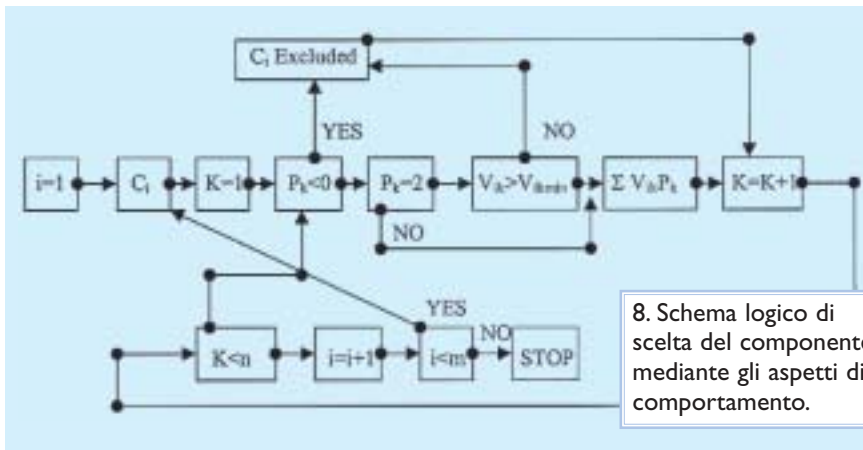
i pesi, rispettivamente, valgono:

Per $j = 1,2,3,4$:

$$P_j = \frac{AP}{AP + AM + AE} \cdot \frac{A_{2j}}{\sum_{j=1}^4 A_{2j}} \quad (3)$$



4. Schema logico di scelta del componente mediante i parametri di utilizzo.



8. Schema logico di scelta del componente mediante gli aspetti di comportamento.

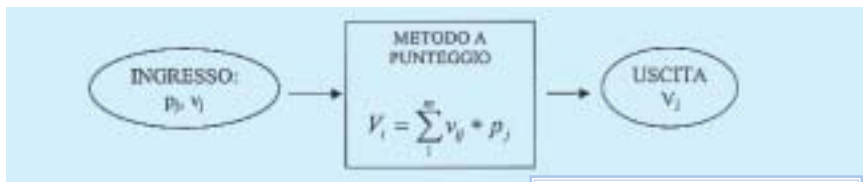
Per $j = 5,6$:

$$p_j = \frac{AM}{AP + AM + AE} \cdot \frac{A2_j}{\sum_{j=5}^6 A2_j} \quad (4)$$

Per $j = 7,8$

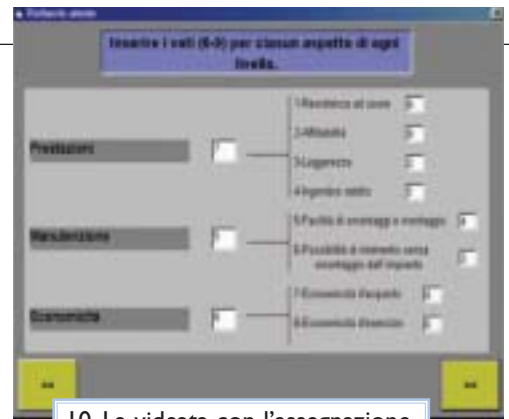
$$p_j = \frac{AE}{AP + AM + AE} \cdot \frac{A2_j}{\sum_{j=7}^8 A2_j} \quad (5)$$

parte del progettista. La figura 11a mostra le dodici valvole prima considerate e le relative valutazioni. Dopo la scelta definitiva, il passo successivo è la compilazione del buono d'ordine (figura 11b) che conclude la fase di progettazione.



9. Schema di determinazione delle valutazioni generali.

Le valutazioni generali sono determinate con lo schema di figura 9. La figura 10 mostra la videata con l'assegnazione delle valutazioni da



10. La videata con l'assegnazione delle valutazioni.

Numero	Punteggio	
265	6,50	Nuove richieste
210	6,33	
294	6,33	Rivedi richieste
277	6,33	
372	6,17	Salva richieste
309	6,17	
208	6,17	
230	6,17	
276	6,17	Modulo Richiesta offerta
352	6,00	

11. a) Le prime dodici valvole considerate; b) la compilazione del buono d'ordine.



BIBLIOGRAFIA

1. Atti Convegno AIPI "Progettazione finalizzata alla qualità dei prodotti industriali", Proceedings, Dipartimento di Meccanica, Politecnico di Milano, 11 giugno 1999.
2. Badiru, Adedeji B., Foote, Bob L., Chetupuzha, J., *A Multiattribute Spreadsheet Model for Manufacturing Technology Justification*, Computers & Industrial Engineering, Vol. 21, 1991, pp. 29-33.
3. Baragetti, S., Rovida, E., *Applicazione del Concetto di DFX alle Guide Lineari*, Trasmissioni Meccaniche, n. 232, marzo 2000.
4. Baragetti, S., Rovida, E. *La rappresentazione schematica nella progettazione meccanica*, Progettare, Ed. Gruppo Editoriale Jackson, settembre 2000.
5. Domenighini M., Pradel, G., *Studio di informatizzazione di cataloghi di componenti meccanici*, Tesina di laurea, Politecnico di Milano, 2000.
6. Expert Choice, Inc., *Expert Choice: Walk-Through*, Pittsburgh, Pennsylvania, 1990.
7. Rovida E., Baragetti, S., *Use of Dfx concept in methodic design*, 6th International Design Conference: Design 2000, May 23-26, 2000, Dubrovnik-Croatia.
8. Schniederjans, Marc J., Wilson, Rick L., *Using the Analytic Hierarchy Process and Goal Programming for Information System Project Selection*, Information & Management, Vol. 20, 1991, pp. 333-342.
9. Vargas Luis G., *An Overview of the Analytic Hierarchy Process and Its Applications*, European Journal of Operational Research, Vol. 48, 1990, pp. 2-8.

CONCLUSIONI

Il sistema esperto illustrato sembra essere un interessante contributo alla progettazione meccanica e, in particolare, all' e-design. L'azienda produttrice di valvole sta utilizzando con soddisfazione il catalogo automatico. Gli autori stanno continuando l'esperienza descritta, con lo scopo di realizzare un catalogo completo con le più importanti funzioni meccaniche e con la possibilità di scelta automatica.

S. Baragetti, Università degli Studi di Bergamo,
E. Rovida, Politecnico di Milano.