

Principi e Metodologie della Progettazione Meccanica

Corso del II anno della laurea specialistica
di ingegneria meccanica

ing. F. Campana

Dal dimensionamento all'ottimizzazione

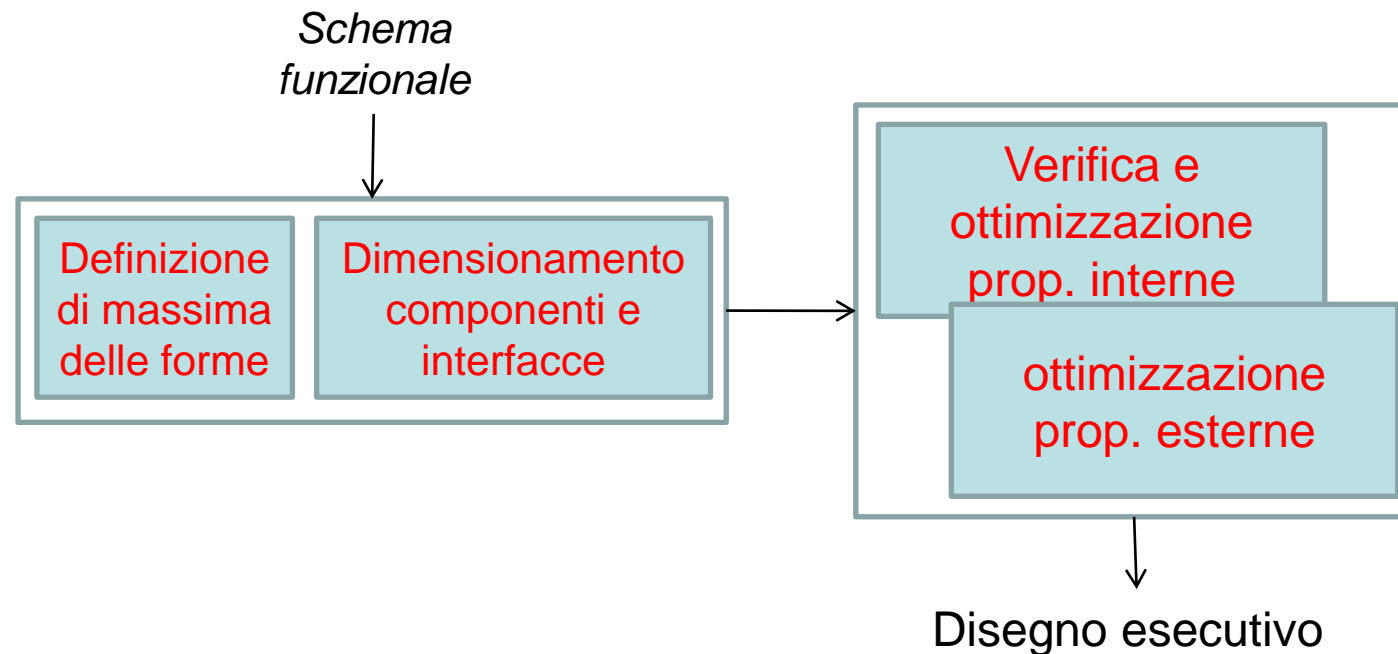
Concetti introduttivi



La Sapienza

Università degli Studi di Roma

- Il dimensionamento consente di dettagliare meglio le forme e le modalità di interfaccia ma anche in virtù delle incertezze di progetto non esaurisce l'ottimizzazione dei requisiti di progetto, se intesi come proprietà esterne o proprietà interne da garantire in modo stabile rispetto alle casualità di produzione ed esercizio (robust design).
- Il progetto esecutivo, ovvero la fase successiva al dimensionamento di massima del sistema, diventa quindi un lavoro di ottimizzazione delle forme/dettagli di insieme volto a massimizzare le proprietà rilevanti del sistema.
- Un loop generico rappresentativo del progetto di massima + quello esecutivo diventa quindi:



Schema funzionale

Prog. di massima

Definizione di massima delle forme

Dimensionamento componenti e interfacce

Prog. esecutivo

Verifica e ottimizzazione prop. interne

ottimizzazione prop. esterne

Disegno esecutivo

TOOLS

Competenza ingegneristica

CAD di componenti e assiemi

Simulazione cinematica / dinamica

Competenza ingegneristica

Simulazione strutturale, dinamica, aerodinamica,

Simulazione multifisica

Tecniche di ottimizzazione

DOMAINS

Prop. Interne

Approccio deterministico

Prop. Interne

Prop. Esterne

Approccio deterministico oppure probabilistico

L'insieme delle tecniche di simulazione è il CAE = Computer Aided Engineering
Il loro scopo è fare PROTOTIPAZIONE VIRTUALE / DIGITAL MOCK-UP (DMU)

Il CAE permette calcoli di verifica e di ottimizzazione.

Per l'ottimizzazione deve interfacciarsi con le tecniche di ottimizzazione.

Per la verifica delle prop. interne in genere la funzione obiettivo F è direttamente correlabile ad una grandezza fisica del progetto, nel caso di ottimizzazioni di prop. esterne va ricondotta ad una funzione di qualità (ovvero ad una grandezza rappresentativa della proprietà in esame)

Un esempio fatto a lezione riguarda la scelta delle accelerazioni di un manichino durante crashtest come indicatore della sicurezza di un abitacolo.

Impostare dei calcoli di ottimizzazione richiede quindi la scelta di:

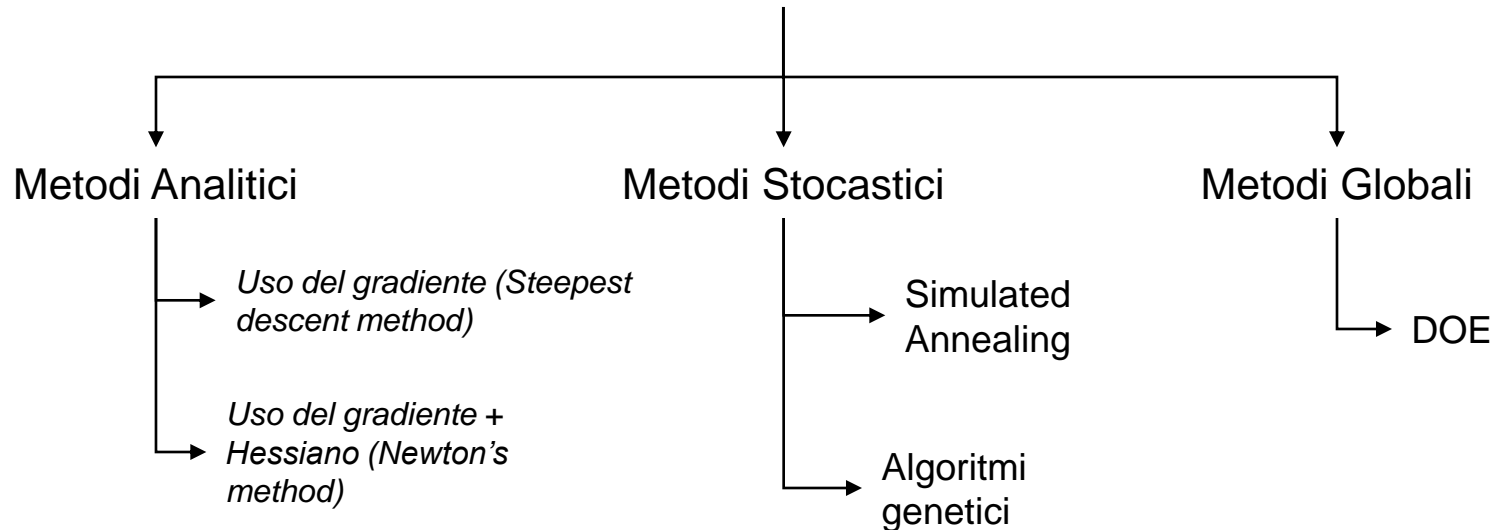
1. Una funzione obiettivo rappresentativa del problema,
2. Le variabili del problema, \underline{X} , e il loro campo di definizione,
3. Un metodo di valutazione della funzione obiettivo al variare di \underline{X} (sperimentazione su prototipo fisico, simulazione, formula analitica),
4. Un metodo di ricerca dell'ottimo della funzione.

- Durante la progettazione si ricorre molto spesso a principi e procedure di ottimizzazione.
- La formulazione classica di un problema di ottimizzazione consiste nella ricerca di un vettore $\underline{X}^*=(X^*_1, X^*_2, \dots, X^*_n)$ tale che $F(\underline{X}^*) = \min F(\underline{X})$, rispettando i vincoli:
 - $X_i \in [X_{i_lower} \ X_{i_upper}]$
 - $g_i(\underline{X}) \geq 0 \quad i=1, \dots, m$

Per variabili di controllo, \underline{X} , continue nell'intervallo sono disponibili diversi algoritmi di ricerca del minimo sia vincolato che libero ($m=0$).

- Nell'ambito dell'ottimizzazione strutturale i problemi riconducibili a questo tipo sono quelli di ricerca della dimensione ottimale al fine di aumentare la resistenza o la rigidità oppure ridurre il peso, la freccia massima, ...

Metodi di ricerca del minimo per funzioni a più variabili



Nei metodi analitici generalmente la funzione obiettivo viene stimata dal calcolo FEM attraverso tecnica perturbativa: la $F(\underline{X})$ viene valutata per perturbazioni Δx_i di ciascuna variabile x_i al fine di calcolarne il gradiente.

La funzione obiettivo può essere una grandezza nodale oppure una combinazione di più grandezze nodali opportunamente calcolata/estratta dall'output della simulazione

Le variabili di controllo se grandezze geometriche sono parametri variabili del file di input da cui si genera la mesh

I vincoli possono essere funzione sia dei parametri geometrici che delle grandezze nodali/di elemento

Iter di impostazione di problema di ottimizzazione tramite FEM

- Per realizzare un'ottimizzazione strutturale è necessario:
 - un algoritmo di ricerca del minimo
 - un programma di creazione automatica del file di input della mesh al variare della geometria
 - un programma di estrazione automatica dal file di output della soluzione FEM del valore corrente della funzione obiettivo

