**PROCESSI DI OTTIMIZZAZIONE**

**(**lezione 25/5/2015**)**

* **Cosa significa ottimizzare?**

**Il processo di ottimizzazione consiste nel modificare (migliorare) una funzione obiettivo agendo su alcune variabili di progetto.**

**Si impone inizialmente un obiettivo (ad esempio la riduzione della massa di un telaio) e dei vincoli da rispettare durante l’esecuzione del progetto, successivamente, tramite alcuni algoritmi (generatori di casistiche), si modificano le variabili in gioco fino ad ottenere il risultato sperato.**

**Ovviamente bisogna avere un riscontro immediato sull’esito delle modifiche effettuate, ciò lo si può ottenere tramite esperimenti o simulazioni.**

* **Cos’è l’ottimizzazione topologica?**

**La disciplina numerica dell’ottimizzazione topologica permette di individuare in modo totalmente o parzialmente automatico, a partire da un determinato volume di progetto (design space) e da condizioni al contorno date (carichi, vincoli), la soluzione progettuale che fornisce le migliori prestazioni, in relazione ad un determinato obiettivo da raggiungere e a vincoli di progettazione assegnati.**

**L’algoritmo di ottimizzazione è in grado di determinare, o almeno “indicare” qual è la conformazione ottimale di un componente per raggiungere l’obiettivo nel rispetto dei vincoli.**

**Questa tecnica è ampiamente utilizzata dall’industria automotive nel progettare nuovi telai partendo dai vecchi, si effettuano delle mesh e si dimensiona il nuovo concept sulla base degli esiti dei processi di ottimizzazione ottenuti col calcolatore.**

* **Tecniche di ottimizzazione**

**DOE (design of experiment) + RSM (response of space modelling):**

**Si considerano un numero n di fattori (con diversi metodi di campionamento: full factorial, latin hypercube o sobol) e per ogni fattore viene individuato il valore più alto e il valore più basso che esso può assumere. Si effettuano poi tante prove quante sono le combinazioni possibili tra i fattori, ovvero 2^n prove. Occorre infine confrontare tra loro gli effetti dei singoli fattori per individuare in che misura ognuno influisce sul processo.**

**E' interessante anche valutare la relazione tra l'effetto di un fattore e l'effetto degli altri presi in esame per individuare quello che incide maggiormente sulla risposta da ottimizzare.**

**La parte di RSM permette quest’ultima fase dell’analisi dal momento che prende in esame i risultati ottenuti con la tecnica DOE e li interpola con una funzione.**

**Esistono vari metodi di interpolazione: il metodo dei minimi quadrati è il più semplice ma ha un grande limite: la funzione interpolante (lineare, quadratica…) non passa per i punti campionati; per questo si preferisce usare dei metodi caratterizzati da pesi (maggiori al diminuire della distanza del punto considerato dalla soluzione) nei quali la funzione interpolante passa effettivamente per i punti campionati.**

* **Tipologie di ottimizzazione**

1. **OTTIMIZZAZIONE DETERMINISTICA: si avvale di algoritmi matematici (ad esempio il metodo di Newton e simili) per calcolare i punti stazionari di una funzione.**

**Nel campo dell’ottimizzazione questi metodi servono per calcolare il punto di ottimo del problema in esame.**

**Sono molto veloci a convergere ma hanno un grande limite: sono dei metodi di ottimizzazione locale e non globale, infatti il punto stazionario trovato da tali algoritmi dipende strettamente dal punto di partenza, ciò perché il metodo non “vede” la funzione nella sua globalità.**

**Altri difetti che hanno questi metodi, che li rendono meno utili di quelli stocastici, sono: la singola obiettività, possono minimizzare solo una funzione alla volta; l’instabilità, soprattutto se il punto di partenza è scelto in prossimità di un flesso (problema risolto con metodi quasi-newtoniani) e il fatto che possano non convergere a soluzione se il punto da raggiungere è fuori o sul bordo del dominio considerato.**

**b) OTTIMIZZAZIONE STOCASTICA: in queste tecniche si raccolgono tutti i metodi non matematicamente rigorosi.**

**Lo scopo dell'introduzione di elementi stocastici è quella di superare il limite degli altri algoritmi che consiste nel non essere in grado di individuare minimi globali; questi algoritmi nascono in ambiente ingegneristico.**

**In generale, l'algoritmo tende a individuare la soluzione in precisi intorni, l'elemento random è in grado di “spostare” il campione nel design space: in questo modo l'algoritmo è più robusto, potenzialmente è in grado di investigare l'intero dominio; per questo motivo sono anche più lenti a convergere rispetto agli algoritmi precedentemente considerati.**

**Il modi di operare di queste tecniche sono abbastanza diversificati e spesso si ispirano a comportamenti presenti in natura (es. algoritmi genetici).**

**Un altro vantaggio degli algoritmi stocastici è che permettono l'ottimizzazione multi-obiettivo: per esempio, oltre alla massa, si può puntare anche all'ottimizzazione della σ; lo scopo diventerà individuare un punto (o più correttamente un insieme di punti) che ottimizza entrambi gli aspetti.   
Tutto ciò non è però immediato, l'algoritmo infatti deve inizialmente fare distinzioni dei campioni escludendo i punti che sicuramente non rappresentano punti di ottimo (detti anche punti “dominati”) e raccogliere i punti candidati a rappresentare l'ottimo, senza poter distinguere a priori il migliore.**

**Questi ultimi andranno a formare un set di punti non dominati, andando a creare una linea detta fronte di Pareto.  
Nell'evoluzione dell'ottimizzazione il fronte di Pareto si sposterà fino a una zona di ottimo, il risultato non è più un singolo punto bensì tutti i punti sulla linea di Pareto “stabile”.**

**Una parte importante dell'ottimizzazione è la valutazione della robustezza della soluzione, cioè quanto cambia la performance al variare dell'intorno della configurazione scelta.**

**Gli algoritmi visti non si applicano a situazione specifiche, molto spesso per la soluzione di un problema si adottano più tecniche a seconda del caso.**

* **Applicazioni in campo strutturale**

**Il primo passo da compiere è scegliere le variabili che andranno a descrivere il modello.  
Nell'ottimizzazione topologica si sceglie una variabile per ciascuno degli elementi della mesh; per limitare il numero di iterazioni che dovrà compiere l'algoritmo, dato l'alto numero di variabili, si impiegano algoritmi deterministici e si evita di calcolare numericamente i gradienti, valutandoli direttamente nei vari punti.  
Una scelta comune, ma non l'unica, è scegliere come variabile la densità: trovato un modo di individuare i gradienti, il calcolatore dirà se in un punto è necessario del materiale (densità=1) oppure no (densità=0).  
Per evitare il calcolo dei gradienti, un metodo impiegato è associare alla densità una ipotetica funzione che ne descrive il suo andamento in tutti i punti; in questo modo non dobbiamo più calcolare il gradiente alle differenze finite e si può procedere con un'ottimizzazione deterministica.   
Un'altra ipotesi che bisogna accettare riguarda la possibilità che la densità assuma una valore intermedio tra 0 e 1; questo aspetto è necessario poiché vogliamo lavorare in un dominio continuo.  
Gli elementi a cui è associata una densità intermedia sono in generale da evitare (non trovano riscontro nel mondo fisico), si forza il calcolatore a considerarli svantaggiosi.  
Si occupano di questi aspetti i parametri di controllo (es. parametro P). Un parametro di controllo spesso impiegato è la funzione di sensitività che serve a forzare l'algoritmo a creare soluzioni idonee alla realizzazione pratica, come per esempio armonizzare la distribuzione delle celle a densità 1.**

**L'ottimizzazione topologica tratta solo problemi di natura lineare ed è in grado di funzionare solo su certe caratteristiche della struttura (massa, rigidezza, risposta modale.. ma non le tensioni).  
L'ottimizzatore è in grado di calcolare in questo modo le linee di forze principali, che fungeranno da base per l'ingegnerizzazione vera e propria del pezzo ottimizzato.**