



NAVIGARE CON LA MATEMATICA

DI DANIELE PERI

Lo studio di una funzione è stato uno dei primi esercizi di Analisi I su cui mi sono cimentato durante il primo anno di Ingegneria. Trovare minimi e massimi di una funzione analitica mi sembrava un'operazione banale e soprattutto di scarsa utilità, dal momento che una qualsiasi calcolatrice grafica mi avrebbe consentito di vederli sullo schermo senza alcuna fatica.

Solo dopo diversi anni ho potuto constatare come la ricerca del minimo di una funzione sia alla base di uno dei problemi più appassionanti su cui mi sia capitato di lavorare, ossia lo sviluppo di algoritmi di ottimizzazione: è un tema decisamente avvincente, soprattutto quando l'obiettivo è quello di contribuire a far vincere la Coppa America a Luna Rossa. La Coppa America è uno dei più antichi e prestigiosi trofei sportivi al mondo, Luna Rossa è un consorzio italiano che ha partecipato diverse volte alla competizione. Non ha mai vinto, ma dare la colpa di tutto questo alla Matematica sarebbe quanto meno impietoso, soprattutto perché nel 2007 ci andò davvero vicino.

Questo risultato è stato possibile grazie all'integrazione, all'interno delle attività di progettazione, di due diversi aspetti della matematica applicata: la fisica matematica e la ricerca operativa.

La fisica matematica si occupa della traduzione di un fenomeno fisico in un insieme di equazioni, più o meno complesse, in grado di rappresentare in forma numerica le modalità con cui il fenomeno si svolge (modello matematico). Una volta determinate, le equazioni vengono risolte utilizzando specifiche tecniche di approssimazione numerica. Per quanto concerne il moto di un fluido intorno ad un corpo in movimento, ad esempio, sono stati formulati diversi modelli matematici, più o meno complessi a seconda del tipo di fluido, della velocità dell'oggetto o di altri parametri: la scelta del grado di complessità del modello matematico dipende dal tipo di fenomeno che ci interessa studiare.

L'insieme del modello matematico e del suo metodo di soluzione genera un codice di calcolo, ossia uno strumento in grado di fornire, nel nostro caso, un gran numero di indicazioni quantitative sul comportamento di un'imbarcazione prima ancora di averla costruita. La formazione ondosa generata ed il valore della pressione che agisce localmente sullo scafo sono alcuni dei risultati forniti dal codice di calcolo, rappresentati nelle figure 1 e 2. Utilizzando strumenti di questo tipo diventa possibile

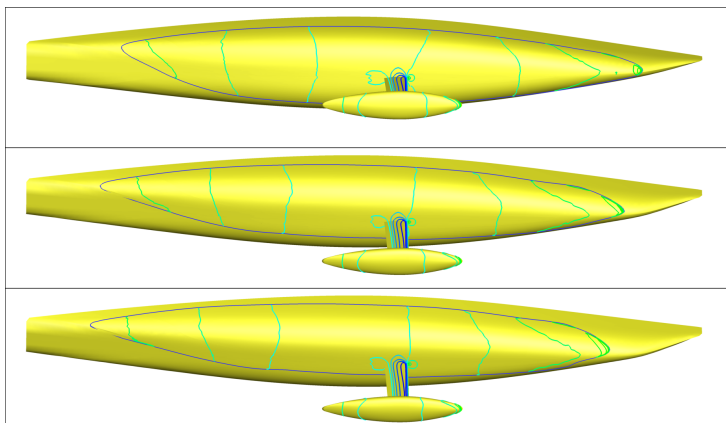


Figura 1: Vista dello scafo e delle appendici di una barca a vela da regata in tre diverse condizioni. La linea blu indica il contorno della parte effettivamente bagnata dello scafo. Le linee colorate sono le linee di iso-livello della pressione che agisce sull'imbarcazione (epurata della componente idrostatica).

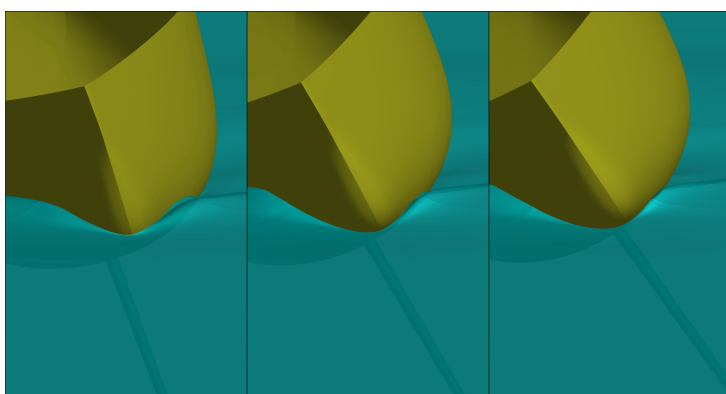


Figura 2: Vista dello scafo e della superficie dell'acqua nella zona di prua dell'imbarcazione. Sono riportate tre diverse condizioni di assetto dell'imbarcazione, corrispondenti a tre diversi angoli di sbandamento laterale.

associare ad una forma dello scafo il valore della sua resistenza all'avanzamento senza costruire l'imbarcazione.

La ricerca operativa, o più comunemente l'ottimizzazione, si occupa invece dello sviluppo di algoritmi matematici dedicati all'identificazione della soluzione ottima di un problema, per esempio la forma dello scafo che offra la minor resistenza all'avanzamento. L'algoritmo deve esplorare lo spazio progettuale in modo esaustivo ed efficiente, confrontando diverse configurazioni fino a trovare quella più conveniente, basandosi sulle informazioni fornite da un codice di calcolo. Anche in questo caso, esistono diversi tipi di algoritmi di ricerca, ed il loro utilizzo è condizionato dal tipo di problema che si intende risolvere. Nel caso in esame, è stato utilizzato un algoritmo di tipo evolutivo, ispirato dalle interazioni che si instaurano all'interno di uno sciame di api alla ricerca di cibo. L'osservazione di fenomeni naturali, infatti, suggerisce spesso tecniche di ricerca efficienti: questo perché l'evoluzione delle specie ha portato anche ad una selezione delle tecniche di ricerca, necessarie alla sopravvivenza.

Il problema formulato dal *design team* di Luna Rossa ha richiesto la soluzione del problema del calcolo della resistenza all'avanzamento dell'imbarcazione in tre diverse condizioni, tipiche durante lo svolgimento di una regata. La valutazione di una singola forma dello scafo richiedeva così circa 3 giorni di calcolo. Utilizzando un calcolatore parallelo dotato di 12 processori *single core*, è stato possibile valutare simultaneamente 12 diversi scafi candidati, consentendo di ridurre i tempi di calcolo complessivi da 3 anni a 3 mesi. Questi tempi oggi potrebbero essere ulteriormente ridotti, grazie al drastico incremento del numero di processori disponibili sui

moderni calcolatori paralleli.

L'imbarcazione ottima dimostrava un vantaggio in termini di distanza percorsa, rispetto alla configurazione di partenza, variabile da 0.7 a 2.1 metri al minuto, a seconda di alcune ulteriori scelte progettuali. Per comprendere l'entità del risultato, ricordiamo come le regate si svolgessero su un percorso *a bastone*, delimitato da due boe da raggiungere alternativamente. Arrivare per primi alla boa determina una posizione di vantaggio rispetto all'avversario, ed è quindi un elemento importante per la vittoria. Poiché un lato del percorso di regata durava dai 15 ai 20 minuti, il miglioramento ottenuto consentiva di recuperare complessivamente dai 10 ai 42 metri sull'avversario. Dal momento che la lunghezza dell'imbarcazione era pari a circa 24 metri, il miglioramento ottenuto consente alla barca ottima di virare per prima alla boa successiva in caso di partenza appaiata.

Grazie anche a questi risultati, le tecniche numeriche sono sempre più utilizzate sia nello sviluppo di imbarcazioni da competizione, sia nella progettazione di navi commerciali e da diporto. Resta tuttavia fondamentale l'apporto del progettista, capace di mantenere una visione complessiva del progetto e di utilizzare al meglio gli strumenti numerici.

Si ringrazia il Dott. Andrea Celli per l'aiuto nella semplificazione ed ottimizzazione del testo.

PER APPROFONDIRE:

D. Peri.

Conformal free form deformation for the optimisation of complex geometries.
Ship technology research, 59 (2012), 36–41.

E. F. Campana, D. Peri, Y. Tahara, M. Kandasamy, F. Stern.

Numerical optimization methods for ship hydrodynamic design.
SNAME Annual Meeting, Providence (RI), USA, 2009.

D. Peri, E. F. Campana.

High-fidelity models in global optimization.

Lecture Notes in Computer Science, 3478, 112–126, Springer, 2005.

[leggi articolo](#)

SULL'AUTORE:

Daniele Peri è Tecnologo presso l'IAC-CNR dal 2013. A partire dal 1997 ha ricoperto il medesimo ruolo presso l'INSEAN-CNR. I suoi interessi di ricerca riguardano i temi della ricerca operativa, in particolare lo sviluppo di algoritmi per la soluzione di problemi di ottimizzazione non lineare in ambito deterministico e stocastico.

E-mail: d.peri@iac.cnr.it