

RICERCA MORFOLOGICA DI BUCKLING OTTIMIZZATO PER STRUTTURE DI TIPO GRID SHELL

RELATORI: Prof. Ing. Maurizio FROLI, Prof. Ing. Mauro SASSU, Arch. Ing. Niccolò Baldassini (RFR Ingénieurs),
 Dr. Giovanni GOMEZ ESTRADA (Helmholtz Zentrum München)

TESISTA: Matteo DINI

SOMMARIO

Le *grid shells* sono strutture leggere ed eleganti utilizzate, normalmente, per coperture di grande luce. Il processo progettuale inizia con la ricerca della geometria ottimale che permetta a queste strutture di resistere per forma ai carichi statici esterni. Storicamente le tecniche di *form-finding* riflettono le caratteristiche del materiale utilizzato come, ad esempio, il calcestruzzo o il tessuto. Anche il *form-finding* di *grid shells* segue questa via ma la “griglia” che le compone, non può più essere considerata una mera discretizzazione di una superficie isotropica [1]. Un tale approccio strutturale, diverso da quelli fino ad ora conosciuti, richiede nuovi metodi di ricerca morfologica che siano in grado di considerarne la complessità topologica.

Il metodo di *form-finding* utilizzato in questa ricerca si basa sul metodo del rilassamento dinamico (*dynamic relaxation method*) [2]. Il principale problema di questa procedura riguarda l'inizializzazione della pretesione “virtuale” che genera la configurazione di equilibrio della *grid shell*, che a sua volta diventa la base per i calcoli strutturali, sia statici, sia riguardanti l'instabilità. Quest'ultimo aspetto è il vero fulcro del lavoro di progettazione per i gusci a graticcio che, per loro natura, sono estremamente sensibili ai problemi di instabilità, sia locali che globali [3].

Partendo da queste considerazioni generali, l'obiettivo di questa ricerca è stato quello di sviluppare un algoritmo genetico che, tramite un processo di *form-finding*, riesca a trovare una *grid shell* ottimizzata nei confronti dell'instabilità globale. La scelta è ricaduta su questo strumento matematico in quanto è ben nota la sua versatilità e la sua capacità di trattare problemi non lineari.

L'algoritmo genetico presentato ottimizza il prestress iniziale, assegnato per agli elementi che compongono la maglia strutturale nel processo di *form-finding*, in modo che il moltiplicatore dei carichi per il collasso della struttura dovuto all'instabilità elastica globale, sia massimizzato. Se si indica con $\mathbf{p} = (p_1, p_2, \dots, p_n)$ il vettore del prestress virtuale per n elementi strutturali, il problema può essere scritto come:

$$\max b(\mathbf{p}) \text{ con } \mathbf{p} = (p_1, p_2, \dots, p_n)$$

$$\text{con: } p_i^{\min} < p_i < p_i^{\max}$$

dove $b(\mathbf{p})$ è il moltiplicatore di carico più basso calcolato attraverso un'analisi di buckling lineare della struttura precedentemente trovata attraverso un *form-finding* con un'inizializzazione del prestress pari a \mathbf{p} . La topologia, l'altezza massima della struttura e le condizioni al contorno (vincoli interni ed esterni, sezioni degli elementi) sono mantenute costanti durante l'ottimizzazione. Il progetto è stato sviluppato in Python™ attraverso la libreria PyEvolve mentre le analisi strutturali e di *form-finding* sono state effettuate con il software Oasys GSA 8.5.

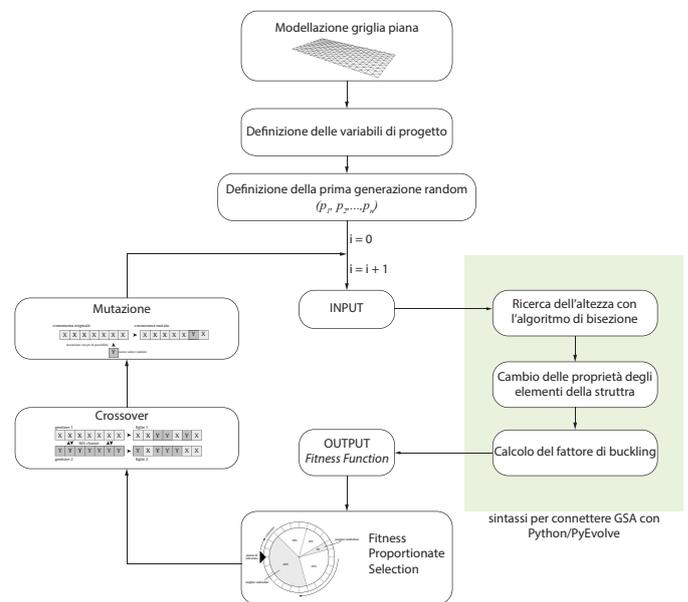


Figura 1: Flow Chart della procedura di ottimizzazione.

L'algoritmo genetico è stato prima testato attraverso un semplice problema geometrico (la ricerca di paraboloide iperbolico) per accertarne la robustezza e la convergenza, quindi è stato applicato al caso studio presentato di una maglia strutturale triangolare. Per questa geometria sono state effettuate diverse analisi cambiando alcuni parametri come la distribuzione del prestress “virtuale” per quanto riguarda il *form-finding*, le

condizioni di vincolo esterno, interno e le sezioni degli elementi, per quanto riguarda l'analisi di *buckling*. I risultati, sia in termini di moltiplicatore di *buckling* sia in termini geometrici, sono stati confrontati con la soluzione banale di inizializzazione uniforme del prestress.

della curvatura degli archi in angolo, dovuta all'anisotropia geometrica della maglia strutturale.

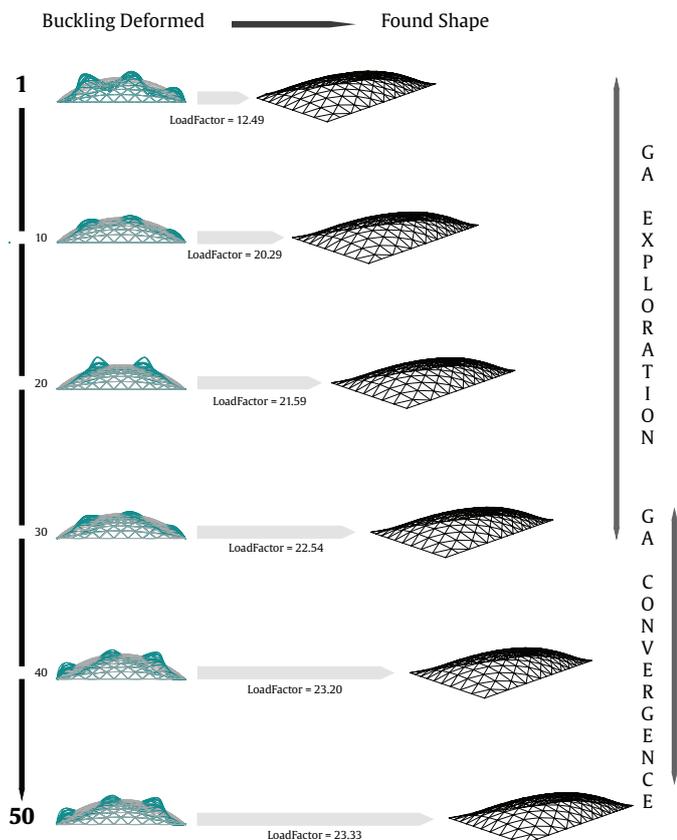


Figura 2: Esempio di evoluzione dell'algorithmo genetico.

Questo confronto ha permesso di affermare, che le geometrie che scaturiscono da un *form-finding* con pretesione uniforme non possono essere considerate come strutture ottimali nei confronti dell'instabilità globale. Infatti, a seconda dei parametri strutturali scelti, si ha, in ogni caso, un miglioramento notevole del moltiplicatore dei carichi. È doveroso precisare che le geometrie trovate non migliorano il problema, presente anche nelle strutture trovate con prestress uniforme, dell'inversione

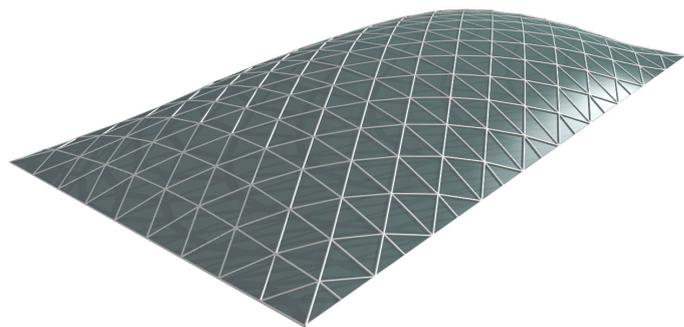


Figura 3: Esempio di *grid shell* ottimizzata.

Il principale contributo di questa tesi è stato lo sviluppo di uno strumento computazionale di supporto alla progettazione strutturale di *grid shell*, flessibile e affidabile che può indagare problematiche fra loro differenti. I risultati ottenuti, benché necessitino di approfondimenti futuri, sono molto incoraggianti e pongono solide basi per lo sviluppo di uno strumento che possa essere applicato con successo alla progettazione di *grid shells* o di strutture simili.

[1] BALDASSINI N., RAYNAUD J., *Structural behavior vs. skin geometry in grid shell design*, Proc. of the IASS Symposium 2004: Shell and Spatial Structures, Montpellier, France.

[2] BARNES M. R., *Form-finding and analysis of tension structures by dynamic relaxation*, IJSS (1999), 14(2), pp. 89-104.

[3] BULENDA TH., KNIPPERS J., *Stability of grid shells*, *Computer and Structures*, Vol. 79, No. 12, Amsterdam: Elsevier, 2001, pp. 11161-1174.

