



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών
Τομέας Ρευστών
Εργαστήριο Θερμικών Στροβιλομηχανών

Διδακτορική Διατριβή

ΙΕΡΑΡΧΙΚΟΙ, ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΟΙ ΕΞΕΛΙΚΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ
ΕΥΦΥΪΑ ΣΤΗ ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΒΕΛΤΙΣΤΩΝ ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΩΝ ΜΟΡΦΩΝ, ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ
ΠΟΛΥΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

Μάριος Κ. Καρακάσης

Αθήνα 2006

Επιβλέπων : **Κυριάκος Χ. Γιαννάκογλου**, Αναπλ. Καθηγητής ΕΜΠ

Περίληψη

Η παρούσα διατριβή προτείνει, υλοποιεί και αξιολογεί μεθόδους αύξησης της απόδοσης και αποτελεσματικότητας των Εξελικτικών Αλγορίθμων (EA) σε προβλήματα αεροδυναμικής σχεδίασης-βελτιστοποίησης, με απώτερη επιδίωξη να καταστούν εφαρμόσιμοι στη βιομηχανική πράξη. Προς την κατεύθυνση αυτή, τον κύριο ρόλο αναλαμβάνουν προσεγγιστικά μοντέλα αξιολόγησης, τα οποία υποκαθιστούν, στον μέγιστο δυνατό βαθμό, την ακριβή και χρονοβόρα αντικειμενική συνάρτηση. Με τα προσεγγιστικά μοντέλα προαξιολογούνται τα μέλη κάθε γενεάς και βάσει των αποτελεσμάτων αυτών επιλέγονται τα καταλληλότερα, ώστε να επαναξιολογηθούν με το ακριβές και χρονοβόρο υπολογιστικό μοντέλο, π.χ. έναν αριθμητικό επιλύτη των εξισώσεων Navier-Stokes.

Ως προσεγγιστικά μοντέλα χρησιμοποιούνται τεχνητά νευρωνικά δίκτυα ακτινικών συναρτήσεων βάσης με τεχνικές αυτο-οργανωμένης τοποθέτησεως των κέντρων τους, τα οποία εκπαιδεύονται επί τούτω για κάθε νεοεμφανιζόμενο άτομο, τοπικά γύρω από αυτό.

Η προσεγγιστική προαξιολόγηση επεκτείνεται στους κατανεμημένους EA σύμφωνα με το μοντέλο των νήσων, με σκοπό αφενός μεν την αποτελεσματικότερη εξερεύνηση του χώρου σχεδίασης, αφετέρου δε την αποδοτικότερη αξιοποίηση συστημάτων παράλληλης επεξεργασίας. Η διαθεσιμότητα περισσότερων του ενός μοντέλων ανάλυσης της ροής –π.χ. μιας ολοκληρωτικής μεθόδου υπολογισμού του οριακού στρώματος και ενός επιλύτη των εξισώσεων Navier-Stokes– οδηγεί στους ιεραρχικούς κατανεμημένους EA. Στη συνήθη χρήση δύο επιπέδων, οι νήσοι του κατώτερου, που χρησιμοποιούν το χαμηλού κόστους φυσικό μοντέλο, αναλαμβάνουν την επίπονη εξερεύνηση του χώρου σχεδίασης και διοχετεύουν τις υποσχόμενες λύσεις στις νήσους του ανωτέρου επιπέδου, που χρησιμοποιούν το υψηλού κόστους φυσικό μοντέλο, προς αξιοποίηση και περαιτέρω εξέλιξη.

Στη βελτιστοποίηση πολλών στόχων διερευνώνται τα αίτια της μειωμένης απόδοσης της προσεγγιστικής προαξιολόγησης σε σχέση με την αντίστοιχη ενός στόχου και προτείνονται τρόποι αντιμετώπισής τους. Η χρήση προσεγγιστικών μοντέλων με υψηλή ικανότητα γενίκευσης, η προσεκτική επιλογή των προτύπων εκπαίδευσης και η ανίχνευση τυχόν

απομακρυσμένων ατόμων, για τα οποία οποιαδήποτε πρόβλεψη θα ήταν επισφαλής, αυξάνει το όφελος από τη χρήση της προσεγγιστικής προαξιολόγησης στο επίπεδο της βελτιστοποίησης ενός στόχου.

Οι παραπάνω μέθοδοι εφαρμόζονται σε τυπικής δυσκολίας για καθολική βελτιστοποίηση μαθηματικές συναρτήσεις και κυρίως σε προβλήματα εσωτερικής –ελαχιστοποίηση απωλειών πτερυγώσεων συμπίεστων– και εξωτερικής αεροδυναμικής –ελαχιστοποίηση αντίστασης σε συνθήκες διηχητικής ροής. Ειδικότερα στο πεδίο των στροβιλομηχανών, ο ιεραρχικός κατανεμημένος ΕΑ εφαρμόζεται στη σχεδίαση σταθερής πτερύγωσης συμπίεστή υψηλής φόρτισης, στην οποία επιτυγχάνεται στροφή της ροής κατά 45° με ιδιαίτερως χαμηλές απώλειες σε συνθήκες διηχητικής ροής. Οι παραπάνω δοκιμές πραγματοποιήθηκαν στο παράλληλο υπολογιστικό σύστημα του Εργαστηρίου Θερμικών Στροβιλομηχανών του ΕΜΠ. Οι προταθείσες μέθοδοι επιφέρουν μείωση του υπολογιστικού κόστους κατά περίπου μία τάξη μεγέθους σε σχέση με τους κλασικούς ΕΑ, χωρίς να θυσιάζεται η αποτελεσματικότητα της αναζήτησης. Η επέκταση της εφαρμογής των προτεινομένων αλγορίθμων σε άλλα προβλήματα με υπολογιστικά ακριβούς επιλύτες, πέραν της αεροδυναμικής βελτιστοποίησης, είναι άμεση.

Λέξεις κλειδιά: Βελτιστοποίηση Ενός και Πολλών Στόχων, Αεροδυναμική, Στροβιλομηχανές, Εξελικτικοί Αλγόριθμοι, Κατανεμημένοι Εξελικτικοί Αλγόριθμοι, Ιεραρχικοί Εξελικτικοί Αλγόριθμοι, Προσεγγιστική Προαξιολόγηση, Δίκτυα Ακτινικών Συναρτήσεων Βάσης, Αυτό-Οργανούμενες Απεικονίσεις.