



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΚΟΣΜΗΤΟΡΑΣ

Ηρώων Πολυτεχνείου 9, 157 80 Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου • ΤΗΛ.: 7723572, FAX: 7723571

Αρ.Πρωτ.: 9678

Αθήνα, 9/12/14

Προς τα Μέλη ΔΕΠ της
Σχολής Μηχ/γων
Μηχ/κών

ΠΡΟΣΚΛΗΣΗ

Σας προσκαλούμε στην παρουσίαση της Διδακτορικής Διατριβής του κ. Γ. Παπαδάκη, Διπλωματούχου Μηχανολόγου Μηχανικού ΕΜΠ, που θα πραγματοποιηθεί την Πέμπτη 18 Δεκεμβρίου 2014, ώρα 13.00 -15.00, στο Εργαστήριο Αεροδυναμικής, κτίριο ANYM της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου. Το Θέμα της Διδακτορικής Διατριβής είναι:

«Ανάπτυξη υβριδικής μεθόδου στοιχείων στροβιλότητας και εφαρμογή σε εξωτερικές ροές συμπεριλαμβανομένης αυτής γύρω από δρομέα ελικοπτερου»

Ο αγγλικός τίτλος έχει ως εξής :

Development of a Hybrid compressible vortex particle method and application to external problems including helicopter flows.

Επισυνάπτεται περίληψη της παραπάνω Διδακτορικής Διατριβής

Ο ΚΟΣΜΗΤΟΡΑΣ ΤΗΣ ΣΧΟΛΗΣ

Η. ΤΑΤΣΙΟΠΟΥΛΟΣ
Καθηγητής Ε.Μ.Π

Ανάπτυξη υβριδικής μεθόδου στοιχείων στροβιλότητας και εφαρμογή σε εξωτερικές ροές συμπεριλαμβανομένης αυτής γύρω από ελικόπτερο

Διδακτορική Διατριβή
Γιώργος Παπαδόκης

Εξεταστική Επιτροπή

1. Γ. Μπεργελές *, Καθηγητής ΕΜΠ, Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών
2. Α. Μπουντουβής, Καθηγητής ΕΜΠ, Σχολής Χημικών Μηχανικών
3. Δ. Μπούρης, Επ. Καθηγητής ΕΜΠ, Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών
4. Κ. Γιαννάκογλου *, Καθηγητής ΕΜΠ, Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών
5. Γ.Τζαμπίρας, Καθηγητής ΕΜΠ, Σχολής Ναυπηγών Μηχανικών
6. Σ.Τσαγγάρης, Καθηγητής ΕΜΠ, Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών
7. Σ. Βουτσινάς, (Επιβλέπων) *, Αν. Καθηγητής ΕΜΠ, Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών

* Μέλος της Συμβουλευτικής (Τριμελούς) Επιτροπής.

Περίληψη

Σκοπός της διδακτορικής διατριβής ήταν η ανάπτυξη μιας νέας υβριδικής μεθοδολογίας CFD για την επίλυση εξωτερικών αεροδυναμικών ροών. Η ιδέα πίσω από την εργασία ήταν η ανάγκη για προσομοιώσεις σύνθετων προβλημάτων στα οποία κυριαρχούν ισχυρές δομές στροβιλότητας και που υπάρχουν σώματα τα οποία κινούνται ανεξάρτητα μεταξύ τους. Για το λόγο αυτό αναπτύχθηκαν δύο υπολογιστικά εργαλεία τα οποία συνενώθηκαν σε ένα υβριδικό επιλυτή. Πιο συγκεκριμένα:

Ο Eulerian CFD επιλυτής (MaPFlow): Αναπτύχθηκε ένας συμπίεστος URANS επιλυτής που λύνει πάνω σε μή δομημένα πλέγματα. Ο συγκεκριμένος επιλυτής είναι εφοδιασμένος με προσταθεροποιητή για χαμηλούς αριθμούς Mach για την προσομοίωση ασυμπίεστων ροών. Η μοντελοποίηση της τύρβης γίνεται είτε με το μοντέλο μίας εξίσωσης του Spalart-Almaras είτε με το μοντέλο δύο εξισώσεων $k-\omega$ SST του Menter. Ακόμη, ο επιλυτής μπορεί να χειριστεί κινούμενα η παραμορφώσιμα πλέγματα ενώ έχει παραλληλοποιηθεί με τη χρήση του πρωτοκόλλου MPI.

Ο Lagrangian επιλυτής: Διατυπώθηκε και αναπτύχθηκε ένας συμπίεστος Lagrangian επιλυτής που χρησιμοποιεί στοιχειά στροβιλότητας. Η συγκεκριμένη διατύπωση χρησιμοποιεί στοιχεία ρευστού που μεταφέρουν μάζα, μεταβολή του όγκου, στροβιλότητα, ενέργεια και όγκο για να μπορεί να διαχειριστεί συμπίεστες ροές. Για να μειωθεί το υπολογιστικό κόστος του επιλυτή χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος Particle Mesh (PM) η οποία παραλληλοποιήθηκε χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο του James-Lackner.

Σύζευξη των δύο επιλυτών σε ένα υπολογιστικό εργαλείο (HoPFlow): Υλοποιήθηκε ισχυρή σύζευξη των Eulerian και Lagrangian επιλυτών σε μία υβριδική μεθοδολογία. Η σύζευξη έγινε με τέτοιο τρόπο ώστε να διασφαλίζει συνέχεια και συνέπεια της λύσης ανάμεσα στους δύο επιλυτές.

Τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στην παρούσα εργασία έχουν σκοπό την πιστοποίηση των εργαλείων που υλοποιήθηκαν. Αρχικά, παρουσιάζονται αποτελέσματα που αφορούν την πιστοποίηση του Eulerian URANS επιλυτή. Η πιστοποίηση περιλαμβάνει συγκρίσεις με πειραματικά αλλά και υπολογιστικά δεδομένα σε διάφορες διδιάστατες και τριδιάστατες ροές. Στη συνέχεια, ακολουθεί η πιστοποίηση του υβριδικού επιλυτή όπου γίνεται σύγκριση με τα αντίστοιχα Eulerian αποτελέσματα αλλά και με πειραματικά δεδομένα.

Οι περιπτώσεις πιστοποίησης που εξετάστηκαν περιλαμβάνουν διδιάστατες ροές γύρω από σταθερές και κινούμενες αεροτομές σε πληθώρα αριθμών Reynolds και Mach. Οι τριδιάστατες περιπτώσεις που παρουσιάζονται αφορούν ροές γύρω από σταθερά και περιστρεφόμενα πτερύγια (Δρομείς Ανεμογεννητριών και Ελικοπτέρου).

Η χρήση των υπολογιστών εργαλείων σε πληθώρα περιπτώσεων έδειξαν ότι και ο Eulerian CFD επιλυτής (MaPFlow) όπως και ο υβριδικός επιλυτής (HoPFlow) παράγουν ικανοποιητικά αποτελέσματα. Συγκεκριμένα, ο υβριδικός επιλυτής έχει λιγότερη διάχυση από τον

Eulerian και για αυτό στις περιπτώσεις όπου κυριαρχούν ισχυροί στρόβιλοι (όπως ο δρομέας ελικοπτέρου σε αιώρηση) τα αποτελέσματα που παράγονται είναι καλύτερα. Θα πρέπει να τονιστεί ότι οι περισσότερες περιπτώσεις που εξετάστηκαν, είναι απλούστερες από αυτές για τις οποίες αναπτύχθηκε η υβριδική μέθοδος. Παρόλα αυτά, η επιλογή τους έγινε με σκοπό την πιστοποίηση της καινούργια μεθόδου που προηγείται της χρήσης της σε πιο σύνθετες ροές.