

# ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΤΩΝ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΣΤΗ ΝΑΥΠΗΓΙΚΗ

ΤΑ ΒΑΣΙΚΑ ΒΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΤΩΝ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Α. Θεοδουλίδης

# Είδη φορτίσεων

- Σημειακά φορτία
  - Φορτία κατά μήκος μιας γραμμής
  - Φορτία κατανεμημένα σε επιφάνεια
  - Φορτία που ασκούνται στον όγκο του σώματος.
- 
- Στη μέθοδο των ΠΣ όλα τα φορτία ασκούνται, με κατάλληλες τεχνικές, στους κόμβους.

# Είδη στηρίξεων

- Τα είδη των στηρίξεων λαμβάνονται υπ' όψη στη συγκρότηση του Μητρώου Ακαμψίας και είναι:
  - Περιορισμός μετατόπισης σε συγκεκριμένες κατευθύνσεις
  - Περιορισμός περιστροφών σε συγκεκριμένες κατευθύνσεις
- Οι στηρίξεις μπορούν να ασκηθούν:
  - Σημειακά (Point support)
  - Κατά μήκος μιας γραμμής (Line support)
  - Επι δεδομένης επιφάνειας (Area support)
  - Επι δεδομένου όγκου (Volume support)
- *Στη μέθοδο των ΠΣ όλες οι στηρίξεις υλοποιούνται στους κόμβους.*

# Είδη Ανάλυσης

- Η ανάλυση μπορεί να είναι γραμμική ή μη γραμμική
  - Γεωμετρικές μη-γραμμικότητες
  - Μη-γραμμικότητες υλικού
- Το είδος της ανάλυσης εξαρτάται από:
  - Το είδος των φορτίων
  - Το είδος της κατασκευής (υλικό, γεωμετρία)
  - Το είδος της απόκρισης
- Με τη μέθοδο των ΠΣ αντιμετωπίζονται υλικά:
  - Ισοτροπικά
  - Ορθοτροπικά
  - Με γενική ανισοτροπία
- Τα προβλήματα μπορεί να είναι:
  - στατικά (ανεξάρτητα του χρόνου)
  - Δυναμικά (επίλυση στο πεδίο του χρόνου)

# Είδη Ανάλυσης

<b>Excitation</b>	<b>Structure</b>	<b>Response</b>	<b>Basic analysis type</b>
Static	Elastic	Linear	Linear-Elastic-Static Analysis
Static	Elastic	Nonlinear	Nonlinear-Elastic-Static Analysis
Static	Inelastic	Linear	Linear-Inelastic-Static Analysis
Static	Inelastic	Nonlinear	Nonlinear-Inelastic-Static Analysis
Dynamic	Elastic	Linear	Linear-Elastic-Dynamic Analysis
Dynamic	Elastic	Nonlinear	Nonlinear-Elastic-Dynamic Analysis
Dynamic	Inelastic	Linear	Linear-Inelastic-Dynamic Analysis
Dynamic	Inelastic	Nonlinear	Nonlinear-Inelastic-Dynamic Analysis

# Εξισώσεις Ισορροπίας- Γενική μορφή

- Γραμμική –Στατική Ανάλυση:
- Γραμμική –Δυναμική Ανάλυση:
- Μη-Γραμμική –Στατική Ανάλυση:
- Μη-Γραμμική –Δυναμική Ανάλυση:

$$Ku = F$$

$$M\ddot{u}(t) + C\dot{u}(t) + Ku(t) = F(t)$$

$$Ku + F_{NL} = F$$

$$M\ddot{u}(t) + C\dot{u}(t) + Ku(t) + F(t)_{NL} = F(t)$$

M = Μητρώο μαζών

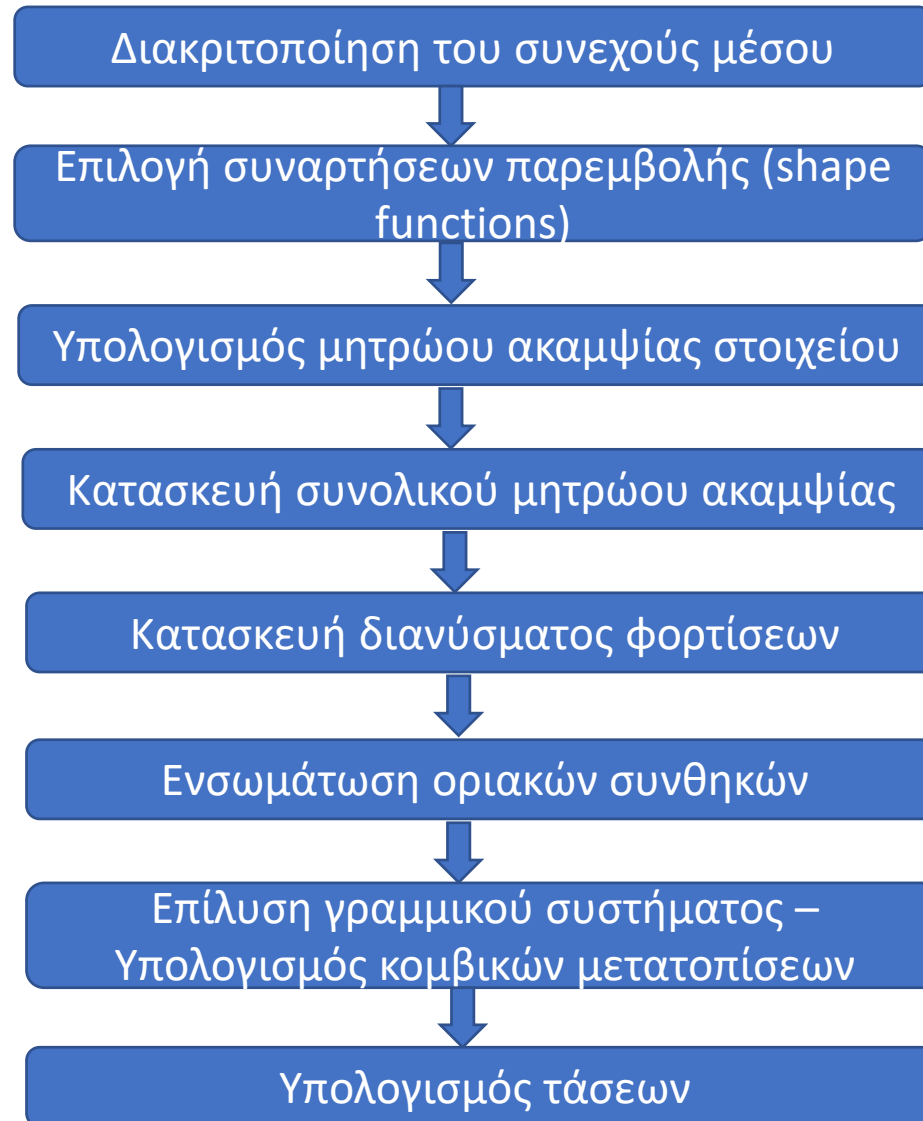
C = Μητρώο αποσβέσεων

K = Μητρώο ακαμψίας

F = Διάνυσμα φορτίσεων

U = Διάνυσμα μετατοπίσεων

# Βασικά Βήματα της Μεθόδου



# Βασικά βήματα της μεθόδου

1. Διακριτοποίηση του συνεχούς μέσου
  - Το συνεχές μέσο υποδιαιρείται με νοητές γραμμές ή επιφάνειες σε πεπερασμένο αριθμό στοιχείων, τα οποία συνδέονται μεταξύ τους μέσω των κόμβων. Τα στοιχεία μπορεί να είναι άνισα ή και διαφορετικού σχήματος.
2. Επιλογή συναρτήσεων παρεμβολής (shape functions)
  - Ορίζονται κατάλληλες συναρτήσεις μέσω των οποίων εκφράζεται η μετατόπιση οποιουδήποτε εσωτερικού σημείου του στοιχείου, συναρτήσει των κομβικών του μετατοπίσεων. Οι συναρτήσεις αυτές μπορεί να είναι γραμμικές ή ανώτερης τάξης (συννήθως πολυωνυμικές). Η γεωμετρία του στοιχείου μπορεί επίσης να εκφρασθεί συναρτήσει των ίδιων συναρτήσεων σχήματος (ισοπαραμετρικά στοιχεία)
3. Κατασκευή μητρώου ακαμψίας στοιχείου
  - Με χρήση ενεργειακών θεωρημάτων (συννήθως της Αρχής των Δυνατών έργων) κατασκευάζεται το μητρώο ακαμψίας του κάθε στοιχείου). Για την κατασκευή των μητρών ακαμψίας των στοιχείων συχνά χρησιμοποιείται ένα τοπικό σύστημα συντεταγμένων.
4. Κατασκευή του συνολικού μητρώου ακαμψίας
  - Μετά τον υπολογισμό των επιμέρους μητρών ακαμψίας, κατάσκευάζεται το συνολικό μητρώο ακαμψίας με συνάθροιση ανά κόμβο των επιμέρους μητρών. Στη φάση αυτή χρησιμοποιείται το γενικό σύστημα συντεταγμένων. Το συνολικό μητρώο ακαμψίας είναι συμμετρικό και με ενισχυμένη διαγώνιο.

# Βασικά βήματα της μεθόδου

## 5. Κατασκευή διανύσματος φορτίσεων

- Τα ασκούμενα φορτία σε κάθε στοιχείο ανάγονται σε κομβικές φορτίσεις και τοποθετούνται με κατάλληλη σειρά στο διάνυσμα των φορτίσεων.

## 6. Υλοποίηση οριακών συνθηκών

- Οι οριακές συνθήκες ικανοποιούνται μέσω της κατασκευής του συνολικού μητρώου ακαμψίας. Υπάρχουν διάφορες τεχνικές για να υλοποιηθεί η ενσωμάτωση των οριακών συνθηκών στο συνολικό μητρώο ακαμψίας (π.χ. Ελάττωση των διαστάσεων του πίνακα). Χωρίς τη χρήση των οριακών συνθηκών το μητρώο είναι ιδιόμορφο (singular) και δεν μπορεί να αντιστραφεί.

## 7. Επίλυση του γραμμικού συστήματος των εξισώσεων.

- Από την επίλυση του γραμμικού συστήματος (με αντιστροφή του μητρώου ακαμψίας) προσδιορίζονται οι άγνωστες μετατοπίσεις των κόμβων

## 8. Υπολογισμός των τάσεων – παραμορφώσεων

- Μετά τον υπολογισμό των κομβικών μετατοπίσεων υπολογίζονται οι συνιστώσες των τάσεων και των παραμορφώσεων σε διάφορες κατευθύνσεις.