



# ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΚΑΙ ΑΕΡΟΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

## ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΟ ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΟ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΑΝΑΤΟΜΙΩΝ ΜΕΤΑΜΟΡΦΙΚΟΥ ΒΡΑΧΙΟΝΑ ΜΕ ΝΕΥΡΩΝΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ

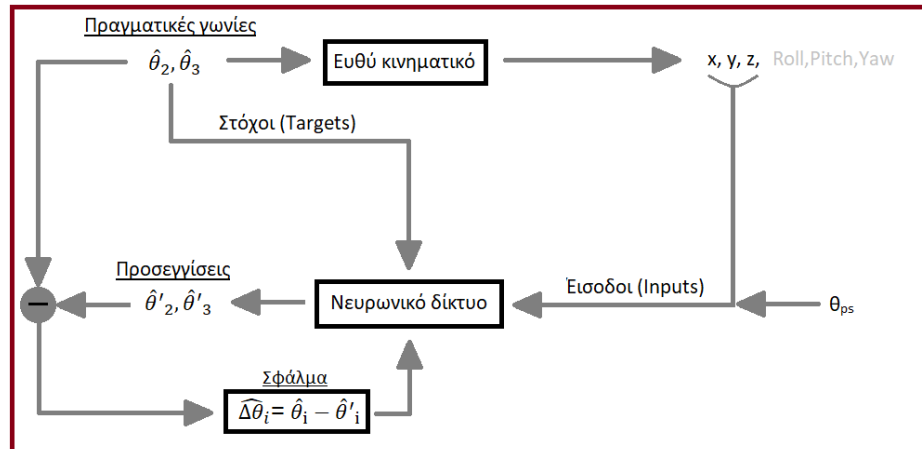


Τζιβαρίδης Μάρκος AM 246651  
Διπλωματική εργασία

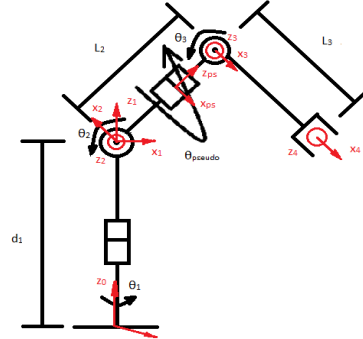
**Σκοπός:** Η εν λόγω διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια εύρεσης μιας γενικευμένης μεθοδολογίας για την ακριβή προσέγγιση του αντιστρόφου κινηματικού προβλήματος μεταμορφικού ρομποτικού βραχίονα. Πιο συγκεκριμένα, η εργασία επικεντρώνεται στην προσέγγιση των λύσεων που παράγει το αντίστροφο κινηματικό πρόβλημα για ένα ρομποτικό βραχίονα τριών βαθμών ελευθερίας, με τη χρήση νευρωνικών δικτύων διαφόρων αρχιτεκτονικών. Στο παρελθόν, έχουν γίνει αρκετές αντίστοιχες προσπάθειες. Η εργασία διαφοροποιείται διότι επικεντρώνεται στην εύρεση των λύσεων του αντίστροφου κινηματικού, για περισσότερες της μίας διαμορφώσεις του μεταμορφικού ρομποτικού βραχίονα, με μία εκπαίδευση του νευρωνικού δικτύου. Παράλληλα, γίνεται σύγκριση τύπων αρχιτεκτονικής νευρωνικών, ώστε να επιτευχθεί όσο το δυνατό καλύτερη ακρίβεια προσέγγισης

**Περίληψη εργασίας:** Αρχικά, γίνεται μια γενική περιγραφή των ρομποτικών βραχιόνων και της χρησιμότητάς τους σε διάφορων τύπων εφαρμογές. Το δεύτερο μέρος αφορά την κινηματική των ρομποτικών βραχιόνων, όπου γίνεται εκτεταμένη επεξήγηση της αναλυτικής μεθόδου επίλυσης των κινηματικών ενός βραχίονα, πολλά εργαλεία της οποίας χρησιμοποιήθηκαν κατά την εκπόνηση των πειραμάτων, αλλά και άλλων μεθόδων επίλυσης. Εν συνεχεία, ορίζονται οι παράμετροι και η μέθοδος ομαδοποίησης των δεδομένων εκπαίδευσης των νευρωνικών και ακολουθώς γίνεται αναφορά στα είδη των νευρωνικών δικτύων και στους λόγους επιλογής της τελικής αρχιτεκτονικής. Το κύριο μέρος αποτελεί η εφαρμογή της συνολικής μεθόδου για τις διάφορες γεωμετρίες του μεταμορφικού βραχίονα και η διεξαγωγή των αντίστοιχων πειραμάτων. Παρουσιάζονται τα δεδομένα εκπαίδευσης για το κάθε πείραμα, τα αποτελέσματα της κάθε ομάδας πειραμάτων και γίνεται η αξιολόγηση και η εκτίμηση της μεθόδου. Τέλος, εξάγονται τα συμπεράσματα για τη κάθε ομάδα πειραμάτων, γίνεται σύγκριση της μεθόδου με αντίστοιχες δημοσιεύσεις στο ίδιο ερευνητικό πεδίο και γίνονται προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

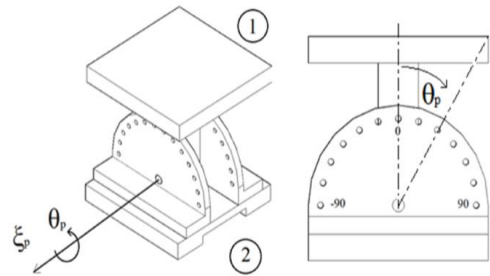
### Διάγραμμα μεθοδολογίας



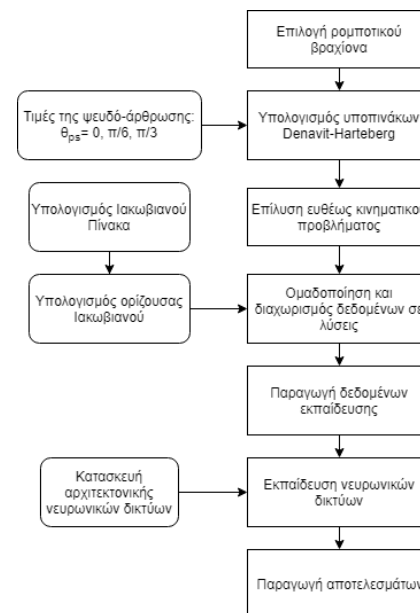
### Ο υπό μελέτη ρομποτικός βραχίονας



### Η υπό μελέτη ψευδο-άρθρωση



### Διάγραμμα ροής διαδικασιών



Επιβλέπων Καθηγητής: Ασπράγκαθος Νικόλαος  
Επιβλέπων Ερευνητής: Μουλιανίτης Βασίλειος

### Αποτελέσματα εκπαίδευσης νευρωνικών δικτύων

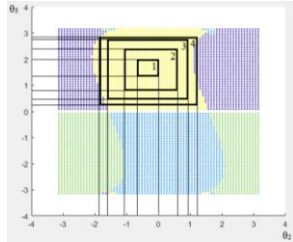
**1ο Σετ Πειραμάτων:** Εκπαίδευση σε 3 τυχαίες περιοχές του χώρου διαμόρφωσης των αρθρώσεων

**2ο Σετ Πειραμάτων:** Παράλληλη εκπαίδευση 2 ανατομιών και αύξηση του εύρους των  $\theta_2, \theta_3$

#### Αποτελέσματα 2ου Σετ Πειραμάτων

| Περιοχή | Σημεία   | Ακρίβεια             | Χρόνος εκπαίδευσης | Εποχές |
|---------|----------|----------------------|--------------------|--------|
| Size 1  | 14175    | $1.05 \cdot 10^{-6}$ | 0:00:36            | 1000   |
| Size 2  | 72765    | 0.000116             | 0:03:08            | 1000   |
| Size 3  | 141372   | 0.00045              | 0:09:10            | 1000   |
| Size 4  | 210357   | 0.00216              | 0:07:06            | 369    |
| Size 1  | 14175*2  | $1.86 \cdot 10^{-6}$ | 0:01:19            | 1000   |
| Size 2  | 72765*2  | 0.00015              | 0:06:35            | 1000   |
| Size 3  | 141372*2 | 0.0096               | 0:12:41            | 1000   |
| Size 4  | 210357*2 | 0.00354              | 0:18:32            | 1000   |

#### Περιοχές Πειραμάτων



**3ο Σετ Πειραμάτων:** Εύρεση βέλτιστης αρχιτεκτονικής

#### Αποτελέσματα 3ου Σετ Πειραμάτων

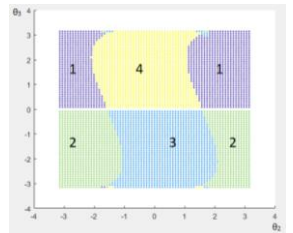
| Περιοχές | Νευρωνικά   | Σημεία  | Ακρίβεια             | Χρόνος εκπαίδευσης | Εποχές |
|----------|-------------|---------|----------------------|--------------------|--------|
| Size 1   | 100         | 14175*2 | $1.07 \cdot 10^{-6}$ | 0:13:34            | 1000   |
| Size 2   | 100         | 72765*2 | $2.31 \cdot 10^{-6}$ | 1:07:23            | 1000   |
| Size 1   | 30x20       | 14175*2 | $6.87 \cdot 10^{-6}$ | 0:18:22            | 1000   |
| Size 2   | 30x20       | 72765*2 | $5.41 \cdot 10^{-6}$ | 1:29:32            | 1000   |
| Size 1   | 15x15x15    | 14175*2 | $8.3 \cdot 10^{-10}$ | 0:10:20            | 1000   |
| Size 2   | 15x15x15    | 72765*2 | $4.70 \cdot 10^{-6}$ | 0:48:27            | 1000   |
| Size 1   | 10x10x10x10 | 14175*2 | $4.13 \cdot 10^{-6}$ | 0:05:26            | 1000   |
| Size 2   | 10x10x10x10 | 72765*2 | $7.78 \cdot 10^{-7}$ | 0:27:15            | 1000   |
| Size 1   | 8x8x8x8x8   | 14175*2 | $2.46 \cdot 10^{-6}$ | 0:04:02            | 1000   |
| Size 2   | 8x8x8x8x8   | 72765*2 | $2.46 \cdot 10^{-6}$ | 0:19:58            | 1000   |

**4ο Σετ Πειραμάτων:** Εκπαίδευση ανά ομάδα λύσεων

#### Αποτελέσματα 4ου Σετ Πειραμάτων

| Ομάδα λύσεων | Νευρωνικά | Σημεία  | Ακρίβεια             | Χρόνος εκπαίδευσης | Εποχές |
|--------------|-----------|---------|----------------------|--------------------|--------|
| 1            | 8x8x8x8x8 | 48951*3 | $8.34 \cdot 10^{-5}$ | 0:33:45            | 2000   |
| 4            | 8x8x8x8x8 | 47989*3 | $5.51 \cdot 10^{-5}$ | 0:30:22            | 2000   |

#### Περιοχές Πειραμάτων



### Συμπεράσματα

- Η παράλληλη εκπαίδευση των ανατομιών έγινε επιτυχώς χωρίς μεγάλη αύξηση σφάλματος.
- Με την αύξηση των κρυφών στρωμάτων των νευρωνικών δικτύων μειώθηκε αισθητά ο χρόνος εκπαίδευσης.
- Οι ενικότερες πρέπει να αποφεύγονται γιατί επιδρούν αρνητικά στη εκπαίδευση.
- Με αύξηση του εύρους των γωνιών  $\theta_2, \theta_3$  μειώνεται αναλογικά η ακρίβεια.
- Όσο αυξάνονται τα δεδομένα αυξάνεται και ο χρόνος εκπαίδευσης που απαιτείται.