



Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας
Πολυτεχνική Σχολή
πρώην Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών και Βιομηχανικού
Σχεδιασμού
(Εισαγωγική Κατεύθυνση Βιομηχανικού Σχεδιασμού)

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΙΤΛΟΣ: Μελέτη κατασκευής ρομποτικού βραχίονα

Όνοματεπώνυμο φοιτητή: Πανταζής Σπυρίδων

Αριθμός μητρώου: BS04563

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Όροβας Χρήστος

Κοζάνη 2022

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Για τη διεκπεραίωση της παρούσας Πτυχιακής Εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα, Δρ. Όροβα Χρήστο, μέλος ΕΔΙΠ, για τη συνεργασία και την πολύτιμη συμβολή του στην ολοκλήρωση της.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο άνθρωπος χρησιμοποιεί τις αισθήσεις του για να αντιληφθεί το περιβάλλον γύρω του. Ομοίως και το ρομπότ θα πρέπει να έχει την ικανότητα να αντιλαμβάνεται τον κόσμο γύρω του ώστε να εκτελέσει την εργασία που θέλουμε. Οι αισθητήρες είναι αυτοί που προσδίδουν αυτή την ικανότητα στο ρομπότ.

Στην παρούσα πτυχιακή παρουσιάζεται ο σχεδιασμός και η υλοποίηση ενός ρομποτικού βραχίονα με χειροκίνητη ή αυτόματη λειτουργία. Πιο συγκεκριμένα αρχικά θα αναφερθούμε στην ιστορική ανάδρομη των ρομπότ και τις εφαρμογές τους σε διάφορους τομείς όπως επίσης και στα δομικά χαρακτηριστικά που συνθέτουν τον ρομποτικό βραχίονα. Ο συγκεκριμένος βραχίονας είναι σχεδιασμένος και προγραμματισμένος να μεταφέρει ένα αντικείμενο μεταξύ δύο σημείων με αυτοματοποιημένη κίνηση σημείου προς σημείο (point to point).

Ο λόγος επιλογής αυτής της εργασίας είναι η ταχύτατη εξέλιξη των ρομποτικών συστημάτων και το μεγάλο περιθώριο έρευνας σε σχέση με την ρομποτική όραση.

Περιεχόμενα

Περίληψη	3
Περιεχόμενα.....	4
Κεφάλαιο 1 ^ο : Εισαγωγή	
1.1 Γενικά	6
1.2 Η δομή της Πτυχιακής.....	6
Κεφάλαιο 2 ^ο : Ρομποτική	
2.1 Τι είναι η ρομποτική – Ορισμός.....	7
2.2 Ιστορική Αναδρομή	8
2.3 Σύγχρονες Εφαρμογές.....	10
2.4 Είδη και κατηγορίες ρομπότ	11
Κεφάλαιο 3 ^ο :Ρομποτικοί Βραχίονες	
3.1 Δομικά χαρακτηριστικά.....	12
3.2 Είδη Αρθρώσεων.....	13
3.3 Βαθμοί ελευθερίας και κινητικότητας.....	15
3.4 Ενεργοποιητές-Κινητήρες	16
3.5 Χώρος εργασίας	16
3.6 Ελεγκτής	16
3.7 Είδη ρομποτικού βραχίονα	17
3.8 Καρτεσιανοί ρομποτικοί βραχίονες	18
3.9 Κυλινδρικοί ρομποτικοί βραχίονες	18
3.10 Σφαιρικοί ρομποτικοί βραχίονες.....	19
3.11 Ρομποτικοί βραχίονες SCARA	19
3.12 Αρθρωτοί ρομποτικοί βραχίονες	19
Κεφάλαιο 4 ^ο : Κινηματική Θεωρία	
4.1 Εισαγωγή στην κινηματική.....	20
4.2 Κινηματική αλυσίδα.....	20
4.3 Ευθύ κινηματικό πρόβλημα.....	22
4.4 Μέθοδος Denavit – Hartenberg	22
4.5 Αντίστροφο κινηματικό πρόβλημα	24
Κεφάλαιο 5 ^ο : 3dprinter	
5.1 Εκτυπωτής	26
5.2 Μέρη εκτυπωτή	27
5.3 Χρησιμότητα 3D εκτυπωτή	28

5.4	Υλικά	31
-----	-------------	----

Κεφάλαιο 6^ο : Σχεδιασμός και υλοποίηση ρομποτικού βραχίονα

6.1	Εισαγωγή	35
6.2	Περιγραφή και λειτουργίες ρομποτικού βραχίονα	35
6.3	Εξαρτήματα.....	37
6.4	Σχεδιασμός.....	37
6.5	Κινητήρες.....	48

Κεφάλαιο 7^ο: Επίλογος

7.1	Ανακεφαλαίωση.....	49
	Συμεράσματα	50
	Βιβλιογραφία	51

Κεφ.1: Εισαγωγή

1.1 Γενικά

Στην παρούσα πτυχιακή παρουσιάζεται ο σχεδιασμός και η υλοποίηση ενός ρομποτικού βραχίονα με χειροκίνητη ή αυτόματη λειτουργία. Η τρέχουσα αλλά και η μελλοντική χρήση τους στην παραγωγή, η ευκολία, η ευχρηστία και η ποικιλία των εφαρμογών τους ήταν από τα βασικά κίνητρα για την επιλογή του θέματος.

Γενικότερα, ρομποτικοί βραχίονες βιομηχανικής χρήσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν στον πρωτογενή τομέα (ορυχεία, γεωργία, παράγωγη πρώτων υλών) παράγωγης και στον δευτερογενή (κατασκευαστική βιομηχανία, μεταποίηση) όσο και στον τομέα της υγείας για χειρουργικούς λόγους, λόγω της μεγάλης ταχύτητας και ακρίβειας τους.

1.3 Η δομή της πτυχιακής

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η παρουσίαση της δομής και της λειτουργίας καθώς και η σχεδίαση προς 3Dεκτύπωση ενός ρομποτικού βραχίονα με δυνατότητα μελλοντικής προσθήκης αυτόματης ή απομακρυσμένης λειτουργίας. Για τον λόγο αυτό, στο επόμενο κεφάλαιο γίνεται μια γενική αναφορά στην έννοια της ρομποτικής. Προβάλλονται ιστορικά στοιχεία και οι βασικές ιδέες και αρχές. Στο τρίτο κεφάλαιο αναλύουμε τα χαρακτηριστικά του ρομποτικού βραχίονα ως προς την δομή και την λειτουργία του και δίνεται έμφαση στα είδη του ρομποτικού βραχίονα. Στο τέταρτο κεφάλαιο της εργασίας παρουσιάζεται πολύ συνοπτικά η κινηματική θεωρία ώστε να προσδιοριστεί το εργαλείο τελικής δράσης ως προς τον χώρο εργασίας του. Το πέμπτο κεφάλαιο αναφέρεται στις δυνατότητες του 3D εκτυπωτή. Ο λόγος είναι ότι ο βραχίονας θα μπορεί να εκτυπωθεί μέσω αυτού. Εμβαθύνουμε στο πως πρέπει να είναι ένας εκτυπωτής και τα υλικά που μπορεί να χρησιμοποιήσει για την δημιουργία ενός αντικειμένου. Στο τέλος του πέμπτου κεφαλαίου βλέπουμε την χρησιμότητα που έχει ο εκτυπωτής για προσωπική χρήση αλλά και σε μια βιομηχανία. Στο έκτο κεφάλαιο παρουσιάζεται ο σχεδιασμός και υλοποίηση του ρομποτικού με βάση στοιχεία από τα προηγούμενα κεφάλαια και αναφερόμαστε στις λειτουργίες που μπορεί να εκτελέσει ο ρομποτικός βραχίονας που δημιουργήσαμε. Στο έβδομο κεφάλαιο υπάρχει μια ανακεφαλαίωση όσων παρουσιάστηκαν στην εργασία.

Κεφ. 2: Εισαγωγή στη Ρομποτική

2.1 Τι είναι η ρομποτική – Ορισμός

Ρομποτική είναι ο σύγχρονος επιστημονικός κλάδος ο οποίος ασχολείται με τη σύλληψη, τη σχεδίαση, την κατασκευή, τη θεωρία και τις εφαρμογές των ρομπότ [1]. Σύμφωνα με το Robot Institute της Αμερικής τα ρομπότ είναι προγραμματιζόμενοι και πολυλειτουργικοί χωρικοί μηχανισμοί, σχεδιασμένοι να μετακινούν υλικά, αντικείμενα, τεμάχια, εργαλεία ή εξειδικευμένες συσκευές, με κατάλληλες προγραμματισμένες κινήσεις που στοχεύουν στη βελτίωση της απόδοσης μιας σειράς εργασιών[1]. Η χρήση τους αποσκοπεί στην αντικατάσταση του ανθρώπου στην εκτέλεση εργασιών που αφορά τόσο το φυσικό επίπεδο, όσο και το επίπεδο λήψης απόφασης.

Το κύριο πλεονέκτημα των ρομπότ είναι η ευελιξία τους. Μπορούν να προσαρμοστούν σε διάφορα προϊόντα στην ίδια γραμμή παραγωγής, όπως απαιτούν οι αλλαγές αγοράς, αλλά και να επαναπρογραμματιστούν, έτσι ώστε να είναι κατάλληλα για μικρές ή μεγάλες μεταβολές στη γραμμή παραγωγής.

Η εξέλιξη των ρομπότ έχει περάσει από πολλά στάδια. Τα ρομπότ της πρώτης γενιάς (1946 - 1970) δεν είχαν την ικανότητα υπολογισμού και αίσθησης, σε αντίθεση με τα ρομπότ της δεύτερης γενιάς (1970 - σήμερα, τα οποία διαθέτουν περιορισμένη υπολογιστική ισχύ, γλώσσες προγραμματισμού υψηλού επιπέδου και αισθητήρες ανατροφοδότησης. Τα ρομπότ της τρίτης γενιάς διαθέτουν νοημοσύνη δηλαδή είναι ικανά να παίρνουν αποφάσεις κατά τη διάρκεια εκτέλεσης της εργασίας τους. Τις ικανότητες αυτές τις αποκτούν μέσω τεχνικών της τεχνητής νοημοσύνης σε συνδυασμό με εξελιγμένες μορφές αισθητήρων αφής, δύναμης, απόστασης, όρασης κ.α. Τα βιομηχανικά ρομπότ είναι εξελιγμένα συστήματα αυτοματισμού, που χρησιμοποιούν ηλεκτρονικό υπολογιστή προκειμένου να επιτευχθεί ο έλεγχός τους. Σήμερα οι υπολογιστές αποτελούν ένα αναπόσπαστο τμήμα του βιομηχανικού αυτοματισμού. Κατευθύνουν γραμμές παραγωγής και ελέγχουν συστήματα κατασκευής (όπως εργαλειομηχανές, συγκολλητές, κοπτικές διατάξεις LASER κ.α.) Τα νέα ρομπότ εκτελούν πληθώρα εργασιών στα βιομηχανικά συστήματα και γενικά συμμετέχουν στον πλήρη αυτοματισμό των εργοστασίων.

Η έρευνα στην περιοχή της ρομποτικής εκτείνεται σε τρεις κυρίως κατευθύνσεις. Η πρώτη αφορά την εφαρμογή ή την ανάπτυξη τεχνικών ελέγχου για τη βελτίωση της απόδοσης των ρομπότ. Η δεύτερη αφορά την εφαρμογή και την ανάπτυξη λογισμικού για τη διαχείριση των εργασιών των ρομπότ. Και η τρίτη σχετίζεται με τη σχεδίαση υλικού υπολογιστών για την εκτέλεση του λογισμικού και την καλύτερη επικοινωνία με τους αισθητήρες (sensors) και τους ενεργοποιητές (actuators) των ρομπότ. Είναι γεγονός ότι η ρομποτική ωφελείται από τις εξελίξεις σε αρκετούς κλάδους, όπως είναι η ηλεκτρολογία, η μηχανολογία, τα μαθηματικά κ.α.

Τα ρομπότ αποτελούνται από δύο υποσυστήματα προκειμένου να εκτελέσουν την εργασία τους. Αυτά είναι το μηχανολογικό και της αίσθησης. Το μηχανολογικό υποσύστημα που αποτελείται από τη βάση του ρομπότ, τις αρθρώσεις, τους συνδέσμους κ.α. επιτρέπει στο ρομπότ να εκτελέσει τη λειτουργία του, σε συνδυασμό με το υποσύστημα της αίσθησης. Το υποσύστημα της αίσθησης συλλέγει πληροφορίες από τους αισθητήρες ή άλλα όργανα μέτρησης, ελέγχει την κατάσταση του ρομπότ, δέχεται και επεξεργάζεται τις εντολές που θα του δώσει ο χρήστης ή οι αισθητήρες και τα όργανα μέτρησης, τις επεξεργάζεται και τις μετατρέπει σε ισχύ για τους κινητήρες, οι οποίοι θα εκτελέσουν στο τέλος την εντολή.

2.2 Ιστορική Αναδρομή

Τα βιομηχανικά ρομπότ αναπτύχθηκαν ταυτόχρονα με τον υπολογιστικό αριθμητικό έλεγχο CNC (computer numerical control). Βεβαίως, το πρώτο ρομπότ κατασκευάστηκε το 1961, αλλά τα ρομπότ άρχισαν να παίζουν πρωτεύοντα ρόλο στη βιομηχανική παραγωγή μόνον κατά τα τέλη της δεκαετίας του 1970 [4]. Η λέξη «ρομπότ» πρωτοεμφανίστηκε πριν από έναν αιώνα. Ο Τσέχος δραματογράφος Karel Capek, χρησιμοποίησε για πρώτη φορά το 1921 αυτόν τον όρο στο έργο του R.U.R. ("Rossum's Universal Robots") [4].

Αυτός ο όρος επινοήθηκε από την τσέχικη λέξη «robot», η οποία έχει τη σημασία της καταναγκαστικής εργασίας. Στο έργο του περιγράφεται η κατασκευή έξυπνων συσκευών, οι οποίες χρησιμοποιούνται ως υπηρέτες του ανθρώπινου δημιουργού τους.

Κατά τη δεκαετία του 1940, ο Ρώσος συγγραφέας επιστημονικής φαντασίας, Isaac Asimov, περιέγραψε το ρομπότ ως μια μηχανή με εμφάνιση ανθρώπου απαλλαγμένο, όμως από συναισθήματα. Η συμπεριφορά του υπαγορευόταν από έναν εγκέφαλο προγραμματισμένο από ανθρώπους με ιδιαίτερο τρόπο, ώστε να ακολουθεί βασικές ηθικές αρχές. Για πρώτη φορά, επίσης, χρησιμοποιήθηκε από τον Asimov ο όρος «ρομποτική» για να περιγράψει τον τομέα της επιστήμης, που ασχολείται με τα ρομπότ.

Ο όρος βιομηχανικό ρομπότ (industrial robot) καθιερώθηκε το 1954 από τον G.C. Devol (ΗΠΑ). Ο Devol περιέγραψε πώς μπορεί να κατασκευαστεί ένα ελεγχόμενο μηχανικό χέρι, το οποίο μπορεί να εκτελεί διάφορες εργασίες στη βιομηχανία. Το πρώτο βιομηχανικό ρομπότ κατασκευάστηκε και τέθηκε σε λειτουργία το 1961 από την εταιρία Unimation. Έκτοτε, τέθηκαν σε λειτουργία χιλιάδες ρομπότ στην Αμερική, στην Ιαπωνία και στην Ευρώπη.

Η πρώτη γενιά των σύγχρονων ρομπότ απείχε κατά πολύ από τα ανθρωπόμορφα μηχανήματα, καθώς οι περισσότεροι κατασκευαστές δεν είχαν σκοπό να μιμηθούν το ανθρώπινο γένος. Το δημοφιλές ρομπότ Unimate της 17 δεκαετίας του 1960 ήταν ικανό να κινήσει μονάχα το ένα του χέρι προς διάφορες κατευθύνσεις και να ανοιγοκλείνει την παλάμη του. Σήμερα, υπάρχουν πάνω από δύο εκατομμύρια ρομπότ Roomba, τα οποία κινούνται και εκτελούν εργασίες, που άλλοτε εκτελούνταν από τους ανθρώπους, αλλά μοιάζουν περισσότερο με γρήγορες χελώνες παρά με υπηρέτες.

2.3 Σύγχρονες εφαρμογές

Στη σύγχρονη εποχή οι ανάγκες σε ποικίλες εφαρμογές για ακρίβεια, ασφάλεια, δύναμη, ευελιξία μεταξύ των εφαρμογών και η ταχύτερη λειτουργία είναι απαραίτητες και στις περισσότερες περιπτώσεις η ικανότητα του ανθρώπου δεν επαρκεί. Για τον λόγο αυτό η ρομποτική όχι μόνο αναδύεται αλλά και κυριαρχεί. Έτσι, τα ρομπότ αντικαθιστούν σε αρκετές εφαρμογές τον άνθρωπο καθώς έχουν την δυνατότητα, εκτός από τα παραπάνω, να αυξήσουν μια γραμμή παραγωγής, να βελτιώσουν την ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων, να μειώσουν το κόστος αλλά και να τον αντικαταστήσουν σε αρκετές εφαρμογές που υπάρχει αυξημένος κίνδυνος

τραυματισμού του. Για αυτό και χρησιμοποιούνται σε μεγάλο βαθμό έχοντας συνεχή ανάπτυξη και έρευνα.

Κύριοι τομείς στους οποίους χρησιμοποιούνται τα ρομπότ είναι η βιομηχανία, ο στρατός και τα τελευταία χρόνια υπάρχει μια ραγδαία ανάπτυξη των ρομπότ στην ιατρική. Στη βιομηχανία χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές όπως η μεταφορά υλικών, η ταξινόμηση αποθηκών, η συναρμολόγηση συσκευών και μηχανισμών, η συγκόλληση μεταλλικών κατασκευών και ηλεκτρικών στοιχείων, οι εργασίες σε επικίνδυνους και ανθυγιεινούς χώρους κ.α.

Σε στρατιωτικές εφαρμογές χρησιμοποιούνται στην απόπλιση εκρηκτικών μηχανισμών, στην πλοήγηση, στη μεταφορά αγαθών, στα οπλικά συστήματα κ.α. Τις τελευταίες δεκαετίες η ρομποτική αναπτύσσεται στην ιατρική σε χειρουργικές επεμβάσεις ή σε προσομοίωση αυτών, σε διαγνώσεις ασθενειών αλλά και σε μηχανήματα αποκατάστασης ανθρώπινων μελών. Τα μηχανήματα αποκατάστασης όπως οι ρομποτικοί βραχίονες κ.α. μπορούν να χρησιμοποιηθούν πλέον από ανθρώπους μιας και οι κινήσεις γίνονται ολοένα πιο ρεαλιστικές και ανθρώπινες.

2.4 Είδη και κατηγορίες ρομπότ

Στη σημερινή εποχή τα ρομπότ καταλαμβάνουν ένα μεγάλο εύρος σε εφαρμογές και τομείς ανάπτυξης με αποτέλεσμα να υπάρχουν διάφορα είδη ρομπότ τα οποία προσαρμόζονται ανάλογα με τις απαιτήσεις της εκάστοτε εφαρμογής. Τα κυριότερα είδη ρομπότ είναι τα εξής:

Ρομπότ σταθερής βάσης: Το είδος των ρομπότ αυτών αποτελείται από μια βάση η οποία είναι σταθερή στο χώρο εργασίας των ρομπότ και πάνω σε αυτή είναι τοποθετημένοι σύνδεσμοι, αρθρώσεις και το εργαλείο τελικής δράσης.



Εικόνα 2.4.1 Ρομπότ με σταθερή βάση

Κινούμενα ρομπότ: Την κατηγορία αυτή αποτελούν ρομπότ τα οποία μπορούν να μετακινηθούν στο χώρο είτε με τροχούς, είτε με έλικες, είτε με προπέλες, είτε με μηχανικά πόδια κ.α. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να υπάρχουν υποκατηγορίες κινούμενων ρομπότ ανάλογα με τον τρόπο κίνησής τους:



Εικόνα 2.4.2. Κινούμενο ρομπότ με τροχούς

- *Έντροχα ρομπότ:* Η κίνησή τους γίνεται με την χρήση τροχών.
- *Βαδίζοντα ρομπότ:* Για την κίνησή τους χρησιμοποιούνται μηχανικά πόδια διαφόρων τύπων.



Εικόνα 2.4.3. Ρομπότ με μηχανικά πόδια

- *Εναέρια ρομπότ:* Σε αυτήν την κατηγορία συναντάμε μη επανδρωμένα αεροπλάνα ή άλλα ιπτάμενα ρομπότ όπως drone.



Εικόνα 2.4.4. Εναέριο τηλεκατευθυνόμενο ρομπότ

- *Υποβρύχια ρομπότ:* Τα ρομπότ αυτά είναι κατάλληλα για υποθαλάσσιες λειτουργίες και κινούνται με τη χρήση προπέλας.



Εικόνα 2.4.5. Υποβρύχιο Ρομπότ

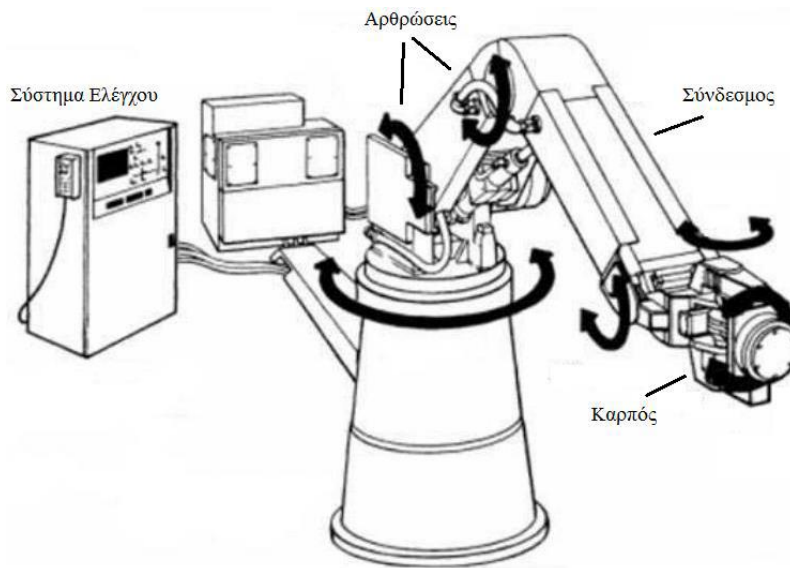
Κεφ.3 Ρομποτικοί Βραχίονες

3.1 Δομικά χαρακτηριστικά

Οι ρομποτικοί βραχίονες αποτελούνται από τη βάση, τις αρθρώσεις, τους συνδέσμους και το τελικό εργαλείο δράσης. Η βάση είναι στερεωμένη στον χώρο εργασίας του ρομποτικού βραχίονα και πάνω σε αυτή συνδέονται διαδοχικά οι αρθρώσεις, οι σύνδεσμοι με κατάληξη το τελικό εργαλείο δράσης. Οι σύνδεσμοι είναι ο «σκελετός» των ρομπότ και είναι στερεά σώματα. Οι αρθρώσεις είναι οι μηχανισμοί κίνησης μεταξύ των συνδέσμων. Τέλος, το εργαλείο τελικής δράσης είναι το εργαλείο με το οποίο το ρομπότ εκτελεί τη δοσμένη εργασία. Ανάλογα με την εργασία που εκτελεί ένας ρομποτικός βραχίονας, το εργαλείο τελικής δράσης μπορεί να προσαρμοστεί σε αυτή (π.χ. μπορεί να είναι εργαλείο ηλεκτροσυγκόλλησης, κατσαβίδι ή το συνηθέστερο να είναι μια αρπάγη). Η αρπάγη μπορεί και αυτή με τη σειρά της να έχει διάφορες μορφές όπως για παράδειγμα βεντούζα ή δαγκάνα κ.ά. Η αρίθμηση των αρθρώσεων και των συνδέσμων γίνεται από τη βάση του βραχίονα προς το εργαλείο τελικής δράσης.

Ο κάθε βραχίονας αποτελείται από τρία μέρη: α) τη βάση, β) τον κορμό και γ) τον καρπό του. Όπως προαναφέρθηκε η βάση είναι το στήριγμα του βραχίονα όπου πάνω σε αυτή βρίσκεται ο κορμός του ο οποίος αποτελείται από διαδοχικούς συνδέσμους και αρθρώσεις. Το εργαλείο τελικής δράσης κινείται με μια ομάδα αρθρώσεων που ονομάζεται «καρπός». Η κάθε άρθρωση αντιστοιχεί σε έναν βαθμό ελευθερίας, οπότε ένας βραχίονας ο οποίος έχει n αριθμό αρθρώσεων θα έχει και n βαθμούς ελευθερίας.

Ένας ρομποτικός βραχίονας αποτελείται ακόμα από ενεργοποιητές «κινητήρες», αισθητήρες, σύστημα επικοινωνίας «εγκέφαλο», που συνήθως είναι ηλεκτρονικός υπολογιστής, και σύστημα αυτόματου ελέγχου (Σ.Α.Ε.). Με την χρήση των παραπάνω ο χρήστης μπορεί να προγραμματίσει το ρομπότ ώστε αυτό να εκτελέσει μια σειρά κινήσεων.



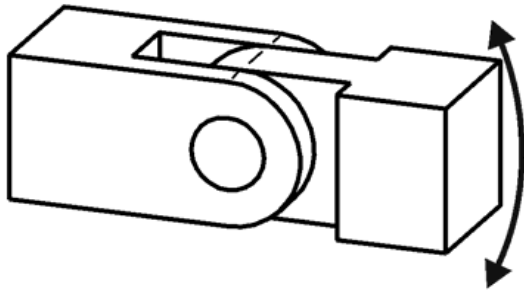
Εικόνα 3.1 Ανάπτυξη ρομποτικού βραχίονα

3.2 Είδη Αρθρώσεων

Αρθρώσεις είναι οι διατάξεις οι οποίες συνδέουν δύο συνδέσμους μεταξύ τους. Με τη βοήθεια των ενεργοποιητών κινούν τους συνδέσμους και κατά συνέπεια τον βραχίονα. Στον χώρο των τριών διαστάσεων (μήκος, πλάτος και ύψος) οι κινήσεις που μπορούν να πραγματοποιηθούν μεταξύ δύο στερεών σωμάτων εκ των οποίων το ένα θεωρείται ακίνητο, είναι τρεις μεταφορικές κινήσεις στις διευθύνσεις των αξόνων του καρτεσιανού συστήματος και τρεις περιστροφικές κινήσεις.

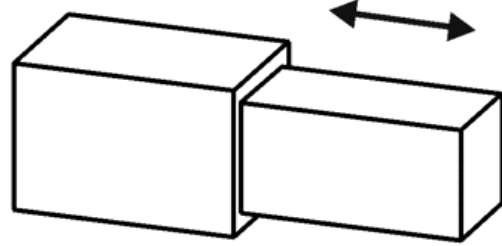
Ένας βραχίονας με τη χρήση δύο αρθρώσεων μπορεί να κινηθεί μεταξύ δύο αξόνων X,Y (μήκος και πλάτος). Με τρεις αρθρώσεις μπορεί να κινηθεί στο χώρο μεταξύ τριών αξόνων X,Y,Z (μήκος, πλάτος και ύψος).

Οι αρθρώσεις ενός βραχίονα χωρίζονται σε δύο κατηγορίες; τις στροφικές και τις πρισματικές (τηλεσκοπικές). Υπάρχουν και άλλα είδη αρθρώσεων όπως είναι οι κυλινδρικές, οι ελεύθερες, οι σφαιρικές και οι αρθρώσεις κύλισης οι οποίες προκύπτουν από τη σύνδεση των δύο βασικών αρθρώσεων. Τα σχήματα στην εικόνα 3.2.1-3.2.6 αναπαριστούν τα είδη αρθρώσεων.



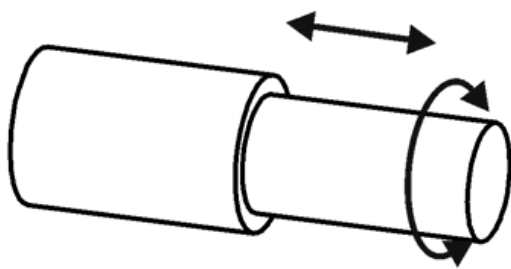
Στροφική

Εικόνα 3.2.1



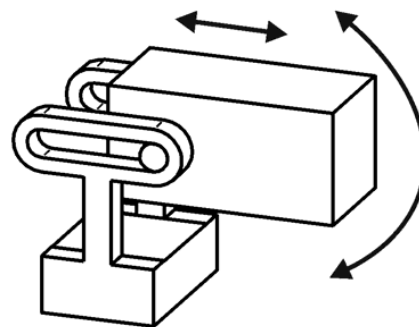
Πρισματική

Εικόνα 3.2.2



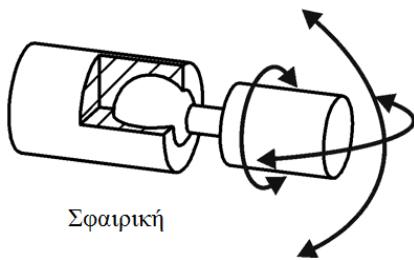
Κυλινδρική

Εικόνα 3.2.3



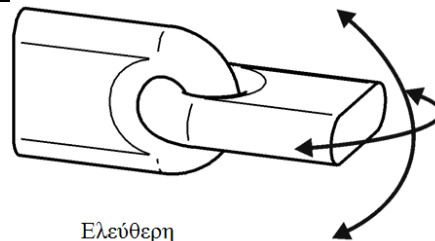
Κόληση

Εικόνα 3.2.4



Σφαιρική

Εικόνα 3.2.5

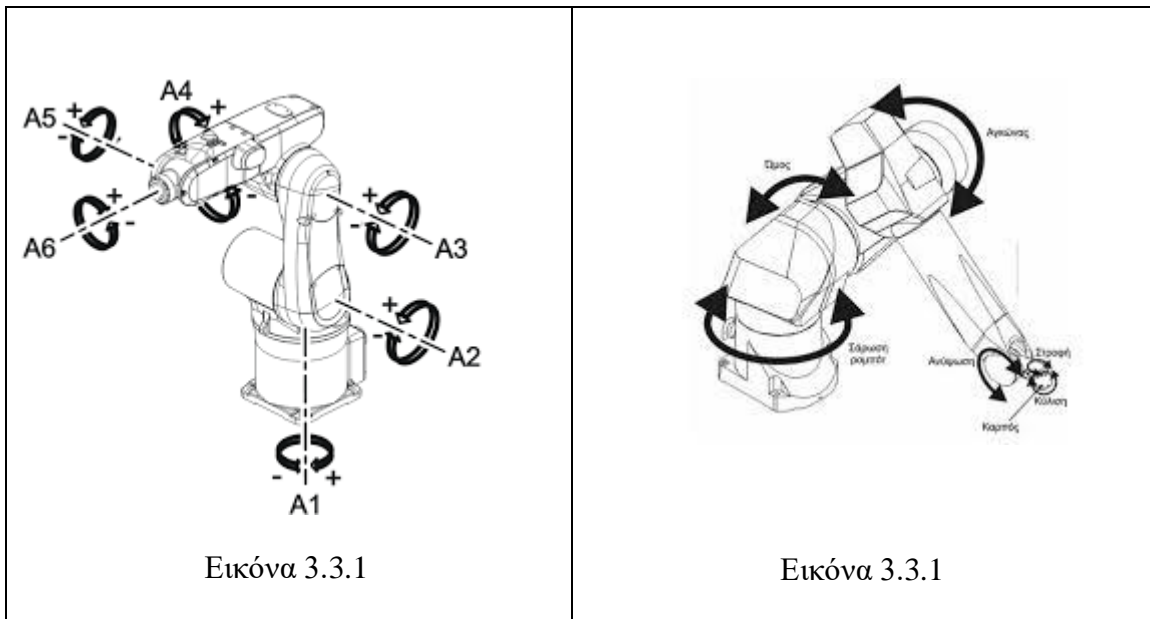


Ελεύθερη

Εικόνα 3.2.6

3.3 Βαθμοί ελευθερίας και κινητικότητα

Ως βαθμός ελευθερίας ορίζεται ο αριθμός των ανεξάρτητων μεταβλητών θέσεων ενός ρομποτικού βραχίονα. Σε κάθε διάταξη ο αριθμός αυτός πρέπει να είναι γνωστός και ορισμένος προκειμένου να γίνεται εφικτός ο προσδιορισμός των θέσεων των τμημάτων που την αποτελούν.



Σε ένα ρομπότ εκτός από τους βαθμούς ελευθερίας υπάρχουν και οι βαθμοί κινητικότητας. Το πλήθος των βαθμών κινητικότητας είναι ίσο με το πλήθος των αρθρώσεων του ρομπότ, ενώ οι βαθμοί ελευθερίας προκύπτουν από την εκάστοτε εργασία την οποία εκτελεί το ρομπότ. Οπότε, σε μερικές διεργασίες το πλήθος των βαθμών ελευθερίας μπορεί να είναι διαφορετικό από το πλήθος των βαθμών κινητικότητας. Υπάρχουν ωστόσο και διεργασίες όπου το πλήθος των βαθμών είναι ίσο μεταξύ τους, για παράδειγμα στην απλή περίπτωση που θέλουμε να μετακινήσουμε και να τοποθετήσουμε ένα αντικείμενο στο χώρο χρειαζόμαστε έξι βαθμούς ελευθερίας. Από αυτούς οι τρεις χρειάζονται για την μετακίνηση του αντικειμένου και οι άλλοι τρεις για τον προσανατολισμό του. Σε αυτή την περίπτωση ένας βραχίονας ο οποίος αποτελείται από έξι αρθρώσεις και κατά συνέπεια ίσους βαθμούς κινητικότητας, μπορεί να πραγματοποιήσει αυτή τη λειτουργία.

3.4 Ενεργοποιητές - Κινητήρες

Οι ενεργοποιητές είναι συσκευές που ενεργοποιούν την κίνηση των τμημάτων του βραχίονα. Δέχονται σαν είσοδο ένα ηλεκτρικό σήμα από έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή προκειμένου να ξεκινήσει η λειτουργία τους. Τέτοιες συσκευές είναι τα υδραυλικά συστήματα και οι κινητήρες συνεχούς ρεύματος (βηματικοί κινητήρες και οι σερβοκινητήρες) ή εναλλασσόμενου ρεύματος. Η κάθε κατηγορία των κινητήρων έχει τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, για αυτό σε κάθε διεργασία χρησιμοποιείται ο κατάλληλος κινητήρας.

Οι κινητήρες συνεχούς ή εναλλασσόμενου ρεύματος με γωνία στρέψης τις 360ο, έχουν μεγάλη ροπή. Ένα μεγάλο μειονέκτημα είναι ότι δεν υπάρχει έλεγχος της θέσης του άξονά τους και για αυτό χρειάζονται εξωτερικό κύκλωμα οδήγησης,. Οι βηματικοί κινητήρες έχουν και αυτοί γωνία στρέψης τις 360ο, οπότε έχουν μικρή ροπή. Όπως και στη προηγούμενη κατηγορία κινητήρων έτσι και οι βηματικοί δεν έχουν κάποιο κύκλωμα προκειμένου να ελεγχτεί η θέση τους, έτσι χρειάζονται και αυτοί εξωτερικό κύκλωμα οδήγησης. Οι κινητήρες servo έχουν γωνία περιστροφής τις 180ο, έχουν μεγάλη ροπή και διαθέτουν ενσωματωμένο κύκλωμα οδήγησης ώστε να μπορούμε να ελέγξουμε την θέση τους. Αυτό γίνεται με τη χρήση ενός ποτενσιόμετρου το οποίο μαζί με το κύκλωμα είναι ενσωματωμένα στον σερβοκινητήρα.

Τέλος, τα υδραυλικά συστήματα είναι έμβολα που με τη χρήση υγρού, κυρίως λάδι, κινούν την άρθρωση κατάλληλα. Λόγω της υδραυλικής πίεσης η ροπή τους είναι μεγαλύτερη από αυτή των προηγούμενων ενεργοποιητών-κινητήρων

3.5 Χώρος εργασίας

Ως χώρος εργασίας ορίζεται ο γεωμετρικός τόπος των σημείων του χώρου τα οποία μπορεί να τα προσεγγίσει το εργαλείο τελικής δράσης του ρομποτικού βραχίονα. Ανάλογα με το είδος του ρομποτικού βραχίονα, ο χώρος μπορεί να είναι ακίνητος ως προς αυτόν ή όχι. Για θέματα ασφάλειας κατά την παράγωγή δεν επιτρέπεται η είσοδος στον χώρο εργασίας που έχουν για την αποφυγή κάποιου ατυχήματος.



Εικόνα 3.5

3.6 Ελεγκτής

Σε κάθε βραχίονα υπάρχει μια μονάδα ελεγκτή η οποία λαμβάνει δεδομένα του ρομποτικού βραχίονα μέσω του ηλεκτρονικού υπολογιστή. Τα δεδομένα ή μεταβλητές του ρομποτικού βραχίονα είναι η θέση, η ταχύτητα και η γωνία μετατόπισης των αρθρώσεων αλλά και του εργαλείου τελικής δράσης. Ο ελεγκτής επεξεργάζεται αυτές τις μεταβλητές προκειμένου η λειτουργία και οι κινήσεις του βραχίονα να είναι ιδανικές για την λειτουργία του.

3.7 Είδη ρομποτικού βραχίονα

Η ταξινόμηση του είδους ενός βραχίονα εξαρτάται από το είδος των αρθρώσεών του. Έτσι, οι βραχίονες χωρίζονται σε πέντε κατηγορίες:

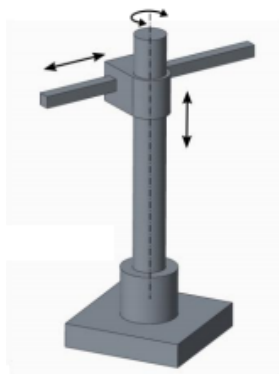
- *Καρτεσιανοί*
- *Σφαιρικοί*
- *Κυλινδρικοί*
- *SCARA*
- *Αρθρωτοί*



Αρθρωτοί



Καρτεσιανό



Κυλινδρικοί



Σφαιρικοί



SCARA

Εικόνα 3.7

3.8 Καρτεσιανοί ρομποτικοί βραχίονες

Όπως φαίνεται στο σχήμα 3.7 οι βραχίονες των καρτεσιανών συντεταγμένων αποτελούνται από τρεις πρισματικές (γραμμικές) αρθρώσεις. Τα ρομπότ αυτού του είδους είναι δύσκαμπτα αλλά με μεγάλη ακρίβεια σε όλο το χώρο εργασίας. Αυτά τα χαρακτηριστικά τα καθιστούν ικανά για διεργασίες που απαιτείται αριθμητικός έλεγχος (CNC).

Οι βραχίονες Gantry αποτελούν μια κατηγορία καρτεσιανών καθώς αποτελούνται και αυτοί από πρισματικούς συνδέσμους. Διαφέρουν όμως στο τρόπο προσέγγισης του αντικείμενου. Οι βραχίονες Gantry προσεγγίζουν το αντικείμενο από πάνω, σε αντίθεση με τον καρτεσιανό βραχίονα που το προσεγγίζει από το πλάι. Συνεπώς οι βραχίονες Gantry έχουν μεγαλύτερο χώρο εργασίας και μπορούν να μεταφέρουν μεγαλύτερα και πιο βαριά αντικείμενα.

3.9 Κυλινδρικοί ρομποτικοί βραχίονες

Σε αντίθεση με την πρισματική άρθρωση που συναντήσαμε στους καρτεσιανούς ρομποτικούς βραχίονες, στην περίπτωση των κυλινδρικών ρομποτικών βραχιόνων η άρθρωση είναι στρωφική. Αυτό σημαίνει πως ο βραχίονας κινείται περιστροφικά γύρω από τον άξονά του και για αυτό οι κινήσεις του είναι περιορισμένες.

3.10 Σφαιρικοί ρομποτικοί βραχίονες

Σε αυτήν την κατηγορία οι αρθρώσεις πλέον είναι περιστροφικές με αποτέλεσμα να αυξάνεται η μηχανολογική ευελιξία των ρομπότ, ενώ παράλληλα μειώνεται η δυσκαμψία που συναντάμε στους καρτεσιανούς και κυλινδρικούς βραχίονες. Εκτός από την αυξημένη ευελιξία έχουν και άλλο ένα πλεονέκτημα: την ταχύτητα κίνησης των αξόνων τους.

3.11 Ρομποτικοί βραχίονες SCARA

Οι βραχίονες SCARA (Selective Copliant Articulated Robot for Assembly) αποτελούνται από τουλάχιστον δύο περιστροφικές αρθρώσεις και μια πρισματική με τέτοιο τρόπο ώστε οι άξονες κίνησης να είναι παράλληλοι μεταξύ τους. Το όνομά τους προέρχεται από τα αρχικά των λέξεων Selective Compliance Assembly Robot Arm (SCARA). Το συγκεκριμένο είδος είναι δύσκαμτο στο κατακόρυφο επίπεδο ενώ στο οριζόντιο παρέχει μια ελαστικότητα.

3.12 Αρθρωτοί ρομποτικοί βραχίονες

Οι αρθρωτοί βραχίονες αποτελούνται από στροφικές αρθρώσεις οι οποίες μαζί με τους συνδέσμους, είναι τοποθετημένοι στη βάση η οποία περιστρέφεται. Η διάταξή τους μοιάζει με αυτή του ανθρώπινου χεριού. Η βάση του βραχίονα είναι ανάλογη με τον ώμο, η αρπάγη με την παλάμη και το ενδιάμεσο σημείο ο αγκώνας.

Κεφ.4 Κινηματική Θεωρία

4.1 Εισαγωγή στην κινηματική

Κινηματική είναι η επιστήμη που μελετά την κίνηση χωρίς να λαμβάνει υπόψιν τις δυνάμεις που τις προκαλούν [9]. Στην κινηματική εστιάζουμε στη θέση, την ταχύτητα, την επιτάχυνση και όλες τις μεταβλητές που περιγράφουν τη θέση του ρομποτικού βραχίονα.

Ο επιστημονικός αυτός κλάδος, επικεντρώνεται στην επίλυση δύο προβλημάτων στην κινηματική ανάλυση ενός βραχίονα. Αυτά είναι το ευθύ και το αντίστροφο κινηματικό πρόβλημα. Στο ευθύ κινηματικό πρόβλημα συνιστάται η εύρεση της θέσης και ο προσανατολισμός του εργαλείου τελικής δράσης, ως προς το σύστημα συντεταγμένων του χώρου εργασίας, γνωρίζοντας τη θέση κάθε άρθρωσης. Στο αντίστροφο κινηματικό πρόβλημα προσδιορίζονται οι θέσεις των αρθρώσεων ως προς το σύστημα συντεταγμένων του χώρου εργασίας, γνωρίζοντας σε αυτή την περίπτωση τη θέση και τον προσανατολισμό του εργαλείου τελικής δράσης ή ενδιάμεσων σημείων.

4.2 Κινηματική αλυσίδα

Για να μελετήσουμε την κινηματική του εκάστοτε ρομπότ, πρέπει πρώτα να αναλύσουμε τα επιμέρους κινηματικά προβλήματα των συνδέσμων και των αρθρώσεων του ρομπότ. Κινηματική αλυσίδα ονομάζουμε τους διαδοχικούς συνδέσμους και τις αρθρώσεις του ρομπότ που αντιστοιχούν σε μια αλληλουχία κινηματικών προβλημάτων. Η μελέτη αυτή στηρίζεται στην εξής παραδοχή: Κάθε άρθρωση έχει ένα μόνο βαθμό ελευθερίας που συμβολίζεται με τη μεταβλητή q_n . Όπου n είναι το σύνολο των αρθρώσεων ενός ρομπότ. Αν και οι σφαιρικές αρθρώσεις αποτελούνται από δύο στροφικές, δε θα μετρήσουμε δύο αλλά ένα βαθμό ελευθερίας ακολουθώντας την παραπάνω παραδοχή.

Για να μελετήσουμε σωστά την κινηματική ενός ρομποτικού βραχίονα μελετάμε ξεχωριστά τη διάταξη μεταξύ των αρθρώσεων και συνδέσμων καθώς και το σύστημα συντεταγμένων του. Η μελέτη αυτή γίνεται εκτελώντας τα εξής βήματα:

- Η βάση του βραχίονα είναι ο σύνδεσμος 0
- Ο σύνδεσμος μεταξύ της βάσης και της πρώτης άρθρωσης είναι ο σύνδεσμος 1
- Η άρθρωση μεταξύ των 0 και 1 συνδέσμων καλείται άρθρωση 0.
- Γενικότερα η άρθρωση μεταξύ του συνδέσμου $n-1$ και n είναι η άρθρωση i (όπου $i=1,2,3,\dots,n-1$).
- Τελευταίο σύνδεσμο θεωρούμε το εργαλείο τελικής δράσης σαν σύνδεσμο υπ' αριθμόν n .

Για την επιλογή του συστήματος συντεταγμένων ακολουθούμε την εξής λογική: Ο κάθε σύνδεσμος αντιστοιχίζεται σε ένα σύστημα συντεταγμένων $\{0_i, x_i, y_i, z_i\}$. Οι γενικευμένες συντεταγμένες ενός τυχαίου σημείου A σε χώρο με σημεία a_i και a_{i-1} ως προς τα συστήματα συντεταγμένων $\{0_i, x_i, y_i, z_i\}$ και $\{0_{i-1}, x_{i-1}, y_{i-1}, z_{i-1}\}$ συνδέονται με την ακόλουθη σχέση $a_{i-1} = H_{i-1(qi)}^i a_i$ όπου $H_{i-1(qi)}^i$ είναι ο ομογενής μετασχηματισμός που συνδέει τα δύο αυτά συστήματα και q_i η γωνία μετατόπισης της i άρθρωσης. Η γωνία μετατόπισης επηρεάζει τον παραπάνω μετασχηματισμό με τελική μορφή την παρακάτω.

$$H_{i-1(qi)}^i \begin{bmatrix} R_{i-1(qi)}^i & d_{i-1(qi)}^i \\ 0_{1 \times 3} & 1 \end{bmatrix}$$

Όπου $d_{i-1(qi)}^i$ πίνακας μετατόπισης ο οποίος περιλαμβάνει τις συντεταγμένες με αρχή το σημείο 0_i και τελικό σημείο το 0_{i-1} του συστήματος $i-1$. Και ο $R_{i-1(qi)}^i$ είναι πίνακας στροφής του συστήματος i ως προς το $i-1$ σύστημα.

Για την σύνδεση δύο συστημάτων συντεταγμένων i και j του σημείου A από το σύστημα i ως προς το σύστημα j γίνεται με τον μετασχηματισμό H_j^i και δίνεται από τις σχέσεις:

$$\text{Για } i < j \quad H_j^i = H^{i+1}_i H^{i+2}_{i+1} \dots H^{j-1}_{j-1}$$

$$\text{Για } i > j \quad H_j^i = (H^j_i)^{-1}$$

Για $i = j$ $H^j_i = I_4$ όπου I_4 μοναδιαίος πίνακας 4×4

Στην περίπτωση που ισχύει η συνθήκη $i < j$ έχουμε:

$$H^j_i = \begin{bmatrix} R^j_i & d^j_i \\ \mathbf{0}_{1 \times 3} & 1 \end{bmatrix}$$

4.3 Ευθύ κινηματικό πρόβλημα

Όπως προαναφέρθηκε, ένας βραχίονας αποτελείται από συνδέσμους και αρθρώσεις οι οποίοι είναι τοποθετημένοι από τη βάση του μέχρι το εργαλείο τελικής δράσης. Προκειμένου να εφαρμοστεί το ευθύ κινηματικό πρόβλημα, πρέπει να γνωρίζουμε το κατάλληλο κινηματικό μοντέλο του βραχίονα. Για την επίλυση του προβλήματος αυτού, εκτελούμε τη μέθοδο Denavit – Hartenberg [10] χρησιμοποιώντας τέσσερις παραμέτρους. Αυτές είναι: το μήκος, η στρέψη, το περιθώριο και η γωνία μεταξύ των αξόνων. Με τη μέθοδο Denavit – Hartenberg επισυνάπτουμε σε κάθε άρθρωση και σε κάθε σύνδεσμο το σύστημα συντεταγμένων που τα αποτελούν καταφέροντας έτσι να προσδιορίσουμε την θέση και τον προσανατολισμό του εργαλείου τελικής δράσης

4.4 Μέθοδος Denavit – Hartenberg

Στη μέθοδο Denavit – Hartenberg μελετάμε το ευθύ κινηματικό πρόβλημα ενός ρομποτικού βραχίονα ώστε να προσδιορίσουμε το εργαλείο τελικής δράσης ως προς το χώρο εργασίας του, γνωρίζοντας τις μεταβλητές των αρθρώσεων του βραχίονα. Για την επίλυση του προβλήματος με τη χρήση αυτής της μεθόδου, τοποθετούνται δεξιόστροφα ορθοκανονικά συστήματα συντεταγμένων μεταξύ των συνδέσμων του βραχίονα, θεωρώντας το χώρο εργασίας σταθερό και αμετάβλητο.

Αρχικά καθορίζουμε τα συστήματα συντεταγμένων $\{0_n, x_n, y_n, z_n\}$ ξεκινώντας από τη βάση του βραχίονα, ορίζοντάς το ως σημείο 0 και καταλήγοντας στο εργαλείο τελικής δράσης το οποίο είναι το n σημείο του βραχίονα. Για να συνεχίσουμε πρέπει να

ορίσουμε κατάλληλα την κάθε άρθρωση. Για να επιτευχθεί αυτό ακολουθούμε την παρακάτω διαδικασία.

- Επιλέγουμε τους κατάλληλους άξονες κατά μήκος των αρθρώσεων είτε αυτές είναι στροφικές είτε πρισματικές.
- Τοποθετούμε τα κέντρα O_i σε κάθε τομή των αξόνων.
- Επιλέγουμε τους άξονες στους οποίους θα κινηθεί ο βραχίονας κατά μήκος της κοινής καθέτους των.
- Ορίζουμε τον σωστό άξονα προκειμένου να έχουμε σύστημα συντεταγμένων με δεξιόστροφη φορά.
- Έχοντας εκτελέσει την παραπάνω διαδικασία για κάθε άρθρωση, προσδιορίζουμε τις παραμέτρους της μεθόδου D-H οι οποίες είναι:
 - Το μήκος a_n μεταξύ των αξόνων.
 - Η γωνία στρέψης b_n .
 - Το περιθώριο d_n .
 - Και η γωνία μετατόπισης θ_i μεταξύ των σημείων n και $n+1$.

Πλέον, μπορούν να υπολογιστούν οι πίνακες R_{0n} ομογενούς μετασχηματισμού από το αρχικό σύστημα συντεταγμένων $\{O_0, x_0, y_0, z_0\}$ μέχρι το $\{O_n, x_n, y_n, z_n\}$

Επίσης υπολογίζουμε τον πίνακα d_{n0} για κάθε σύστημα συντεταγμένων μεταξύ των σημείων 0 και n. Έτσι μπορεί να υπολογιστεί ο μετασχηματισμός του συστήματος συντεταγμένων που ορίζεται με τον πίνακα H^n_0 όπως αυτός έχει αναλυθεί στην υποενότητα. Για να συνδυάσουμε τους μετασχηματισμούς από το σημείο 0 μέχρι το n, αξιοποιούμε την σχέση $H^n_0 = H^1_0 \cdot H^2_0 \dots H^{n-1}_{n-2} H^n_{n-1}$.

Ορίζουμε άλλον ένα πίνακα S_A ο οποίος περιέχει τις γενικευμένες συντεταγμένες του σημείου A ως προς το σύστημα $\{O_n, x_n, y_n, z_n\}$.

Τέλος, οι συντεταγμένες του σημείου A προκύπτουν από τη σχέση:

$$P^A_0 = H^n_0 * S_A$$

Με τη χρήση του παραπάνω τύπου μπορούμε να βρούμε και τις συντεταγμένες των ενδιάμεσων σημείων μεταξύ του σημείου 0 και A.

4.5 Αντίστροφο κινηματικό πρόβλημα

Σε αυτήν την περίπτωση, γνωρίζοντας τη θέση και τον προσανατολισμό του εργαλείου τελικής δράσης, προσδιορίζουμε τις μεταβλητές των αρθρώσεων του βραχίονα. Οι εξισώσεις που χρησιμοποιούνται είναι μη γραμμικές και οι μορφές τους είναι πολυωνυμικές και τριγωνομετρικές. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μην είναι εφικτή η αναλυτική επίλυση του προβλήματος.

Αρχικά, βρίσκουμε τους πίνακες H_{n0} συντεταγμένων του συστήματος όπως έγινε και κατά την μέθοδο Denavit-Hartenberg. Μιας και δεν γνωρίζουμε τα μήκη των συνδέσμων αλλά ούτε και τις γωνίες στρέψης των κινητήρων, θα τα αντικαταστήσουμε με τις μεταβλητές X, Y, Z και ϕ .

Όπου X, Y, Z τα μήκη των συνδέσμων ως προς τον κάθε άξονα και ϕ η γωνία μετατόπισης των αρθρώσεων.

Από τον πίνακα H_0^n υπολογίζουμε τις μη γραμμικές εξισώσεις με σκοπό την εύρεση της θέσης της n άρθρωσης η οποία είναι μεταξύ του εργαλείου τελικής δράσης και του τελευταίου συνδέσμου της διάταξης του βραχίονα.

Για να βρεθεί η κίνηση μια άρθρωσης θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε συνάρτηση δύο ορισμάτων του τόξου εφαπτομένης της.

$$\theta_n = A * \tan^{-1} * 2 * (\sin(n), \cos n)$$

Το πρόσημο του ημιτόνου καθορίζει την διεύθυνση που θα έχει ο βραχίονας. Έτσι μπορούμε να επιλέξουμε τη λύση προκειμένου ο βραχίονας να κινηθεί κατάλληλα προς το επιθυμητό σημείο. Προκειμένου να υπολογιστεί η γωνία, θα υπολογιστεί το ημιτόνιο και το συνημίτονο για να εκχωρηθούν ως ορίσματα στην συνάρτηση του τόξου εφαπτομένης. Έτσι εξασφαλίζουμε όλες τις πιθανές λύσεις.

Γνωρίζοντας την n γωνία, είναι εφικτό να υπολογιστεί η $n-1$ με την χρήση των ίδιων μη γραμμικών εξισώσεων.

Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται έως ότου μείνει να προσδιοριστεί η τελευταία άρθρωση. Ο υπολογισμός της θα γίνει με το άθροισμα των γωνιών και των ορισμάτων του τόξου εφαπτομένης της γωνίας ϕ που ορίσαμε στην αρχή.

$$(\theta_0 + \theta_1 \dots + \theta_{n-1} + \theta_n) = A * \tan^2(\sin \varphi, \cos \varphi)$$

Αν από τις γραμμικές εξισώσεις οι μεταβλητές X, Y, Z είναι 0 τότε οι γωνίες μπορεί να έχουν την οποιαδήποτε τιμή και να είναι αόριστες. Τέλος οι τιμές που θα δοθούν στις γωνίες είναι υποθετικές προκειμένου να βρεθούν οι πιθανές πορείες όλων των αρθρώσεων.

Κεφ.5: 3D Εκτυπωτής

5.1 Εκτυπωτής

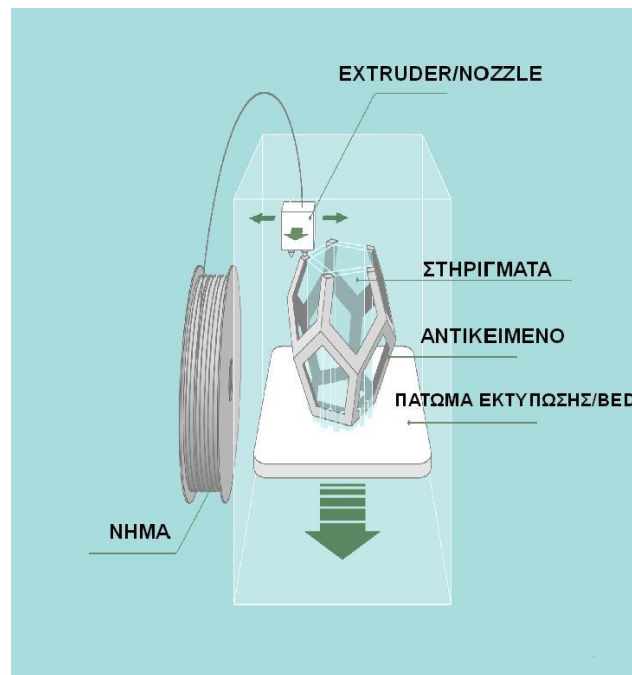
Οι 3D εκτυπωτές - 3D printing χρησιμοποιούνται για την τρισδιάστατη εκτύπωση (3D printing) και την κατασκευή τριών διαστάσεων στερεών αντικειμένων, που θα προέλθουν από ένα ψηφιακό αρχείο. Στον κλάδο του 3D printing υπάρχουν διάφοροι μέθοδοι κατασκευής, με την πιο διαδεδομένη στην κατηγορία των οικιακών εκτυπωτών την μέθοδο της κατασκευής λιωμένου νήματος ή αλλιώς εναπόθεσης υλικού σε διαδοχικές στρώσεις (Fused Filament Fabrication) [11]. Σύμφωνα με αυτή την μέθοδο ο 3D εκτυπωτής ελεγχόμενος από έναν υπολογιστή εκτελεί μια σειρά κινήσεων οι οποίες βασίζονται στο τρισδιάστατο σχέδιο του χρήστη. Το σχέδιο αυτό γίνεται σε προγράμματα σχεδίασης τρισδιάστατων αντικειμένων. Έτσι το υλικό που έχουμε τοποθετήσει (πλαστικό, νάilon κ.α) θερμαίνεται μέχρι να λιώσει και ο εκτυπωτής να μπορέσει να εναποθέσει μια λεπτή στρώση υλικού και να κατασκευάσει το αντικείμενο. Η κάθε στρώση που τοποθετείται, στερεοποιείται άμεσα. Η διαδικασία συνεχίζεται από το κάτω μέρος του αντικειμένου μέχρι και την κορυφή και στο τέλος έχουμε ένα ανθεκτικό αντικείμενο το οποίο είναι η ακριβής εκτέλεση του τρισδιάστατου σχεδίου μας.



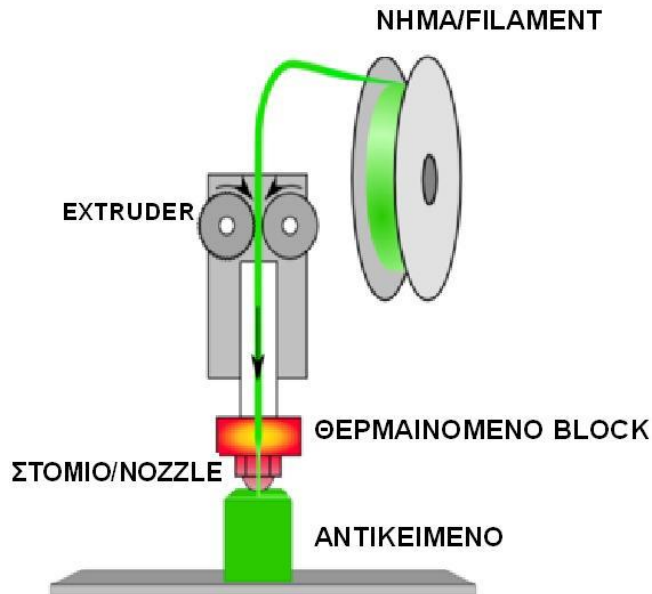
Εικόνα 5.1 3D Εκτυπωτής

5.2 Μέρη εκτυπωτή

Για να κατανοήσουμε τα μέρη ενός 3d εκτυπωτή θα πρέπει να σκεφτούμε τους τρεις άξονες που εκτυπώνει. Οι x και y άξονες είναι η κίνηση στο πάτωμα εκτύπωσης και ο z άξονας είναι η κίνηση στον κατακόρυφο άξονα. Κάθε άξονας ελέγχεται από ένα μοτέρ. Ένα μοτέρ επίσης έχει και ο extruder. Ο extruder είναι το εξάρτημα που τραβάει ή σπρώχνει το νήμα ανάλογα με τις ανάγκες της εκτύπωσης, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχέδιο. Το νήμα προωθείται προς το hotend, το ζεστό μέρος, όπου θερμαίνεται από το θερμαινόμενο block σε κατάλληλες θερμοκρασίες (170-240c) μέχρι να λιώσει. Το λιωμένο νήμα βγαίνει από το στόμιο σε μικρότερη διάμετρο 0,3-0,6χιλιοστά και τοποθετείται πάνω στο πάτωμα της εκτύπωσης. Ο έλεγχος της διαδικασίας εκτύπωσης γίνεται από τον υπολογιστή και η σύνδεση του μηχανήματος και του υπολογιστή γίνεται μέσα από την κεντρική πλακέτα του εκτυπωτή.



Εικόνα 5.2.1 Πρότυπο εκτυπωτή



Εικόνα 5.2.2 Μέρη εκτυπωτή

5.3 Χρησιμότητα 3D εκτυπωτή

Ο 3D εκτυπωτής είναι χρήσιμος σε οικιακούς χρήστες και σε επαγγελματίες. Η συνεχόμενη αύξηση των μοντέλων που κυκλοφορούν και η ταυτόχρονη πτώση της τιμής τους κάνει την αγορά του εκτυπωτή πιο προσιτή. Ο οικιακός χρήστης θα μπορεί να δημιουργήσει αντικείμενα που του αρέσουν για το σπίτι το γραφείο, για δώρο και σταδιακά ο εκτυπωτής από ένα hobby θα εξελιχθεί σε δημιουργία λύσεων για καθημερινές ανάγκες. Για παράδειγμα σκεφτείτε πόσα πλαστικά μέρη υπάρχουν στο σπίτι σας τα οποία με σχεδίαση μπορείτε να τα τυπώσετε και να τα χρησιμοποιήσετε σε περίπτωση που φθαρούν. Ο οικιακός χρήστης δεν χρειάζεται να έχει ιδιαίτερες γνώσεις μηχανολογίας ή Η/Υ, αλλά θα πρέπει να είναι έχει μία επαφή με τον χώρο. Να μπορεί να χειριστεί ένα πρόγραμμα σχεδίασης σε περιβάλλον πχ windows και να μπορεί να ελέγξει αν μια βίδα είναι καλά βιδωμένη στο μηχανήμα. Αυτές οι

στοιχειώδεις γνώσεις κάνουν τον 3D εκτυπωτή προσιτό σε όλους. Τα προγράμματα που κυκλοφορούν θα διευκολύνουν πολύ το έργο του και η αναζήτηση στο διαδίκτυο θα τον βοηθήσουν για να αντιμετωπίσει τα θέματα που ίσως προκύψουν. Εκτός από οικιακούς χρήστες οι 3D εκτυπωτές απευθύνονται και σε επαγγελματίες. Οι κλάδοι που μπορεί να φανεί χρήσιμος είναι πολλοί και συνεχώς αυξάνονται. Οι τεχνολογία των 3D εκτυπωτών δείχνει από τώρα ότι έχει απεριόριστες εφαρμογές και αποτελεί το μέλλον για πολλούς κλάδους. Παραδείγματα εφαρμογών είναι:

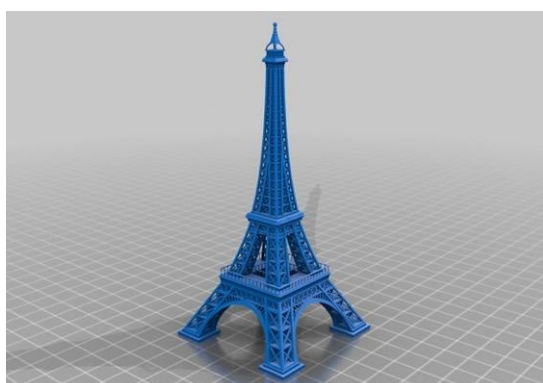
- **Κοσμήματα**



Η δημιουργία κοσμημάτων αναβαθμίζεται καθώς μπορούμε να πετύχουμε μεγάλη λεπτομέρεια και να δημιουργήσουμε σχέδια περίτεχνα. Οι εκτυπωτές χαμηλού κόστους μπορούν να τυπώσουν μόνο πλαστικό αλλά αν κάποιος θέλει να επενδύσει σε αυτόν τον

τομέα υπάρχουν λύσεις που εκτυπώνουν και μέταλλο. Παρόλο αυτά εκτυπωτές με καλή ανάλυση μπορούν να δημιουργήσουν πλαστικά κοσμήματα με λεπτομέρεια και ποιότητα. Η αγορά τέτοιων κοσμημάτων αναπτύσσεται συνεχώς και οι τιμές τους στο διαδίκτυο ανταμείβουν τον χρόνο σχεδίασης τους. Ακόμη τα πλαστικά αυτά δημιουργήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πρωτότυπο για το πραγματικό κόσμημα που θα είναι από μέταλλο.

- **Μοντελισμός**



Λάτρεις του μοντελισμού θα βρουν τον 3D εκτυπωτή ως ένα χρήσιμο εργαλείο. Εκτυπώνοντας ακριβώς αυτό που έχουν σχεδιάσει είτε είναι κτίριο, αυτοκίνητο, φιγούρα και αυτά διαλέγοντας να τα τυπώσουν ολόκληρα ή σε κομμάτια με σκοπό να τα συναρμολογήσουν. Θα

μπορούν ακόμη να επισκευάσουν κάποιο μοντέλο τους, εκτυπώνοντας το σπασμένο κομμάτι.

- **Αρχιτέκτονες**



Η δημιουργία μακετών δεν ήταν ευκολότερη. Με τους 3D εκτυπωτές οι αρχιτέκτονες μπορούν να δώσουν μια τρισδιάστατη απεικόνιση του χώρου που σχεδιάζουν στον εκτυπωτή και να το τυπώσουν με σκοπό να το δείξουν στον πελάτη τους για να κατανοήσει καλύτερα λεπτομέρειες του

χώρου. Δεν απαιτείται νέο σχέδιο μιας και τα αρχιτεκτονικά σχέδια μπορούν να μετατραπούν σε σχέδια έτοιμα προς εκτύπωση.

- **Σχεδιαστές Αντικειμένων**



Η δημιουργία πρωτοτύπου είναι ακριβώς ο ρόλος που σχεδιάστηκαν οι 3D εκτυπωτές. Ο σχεδιαστής μπορεί να δοκιμάσει την ιδέα του, βλέποντας την σε μικρή κλίμακα και ελέγχοντας την λειτουργικότητα της. Η σχεδίαση πρωτοτύπου τώρα πια δεν αποτελεί μια δαπανηρή διαδικασία, μη προσβάσιμη σε

πολλούς σχεδιαστές. Με τους 3D εκτυπωτές μπορούμε εύκολα να δημιουργήσουμε αντικείμενα, έτσι ώστε η παρουσία του να βοηθήσει στην προώθηση της ιδέας.

Η χρήση των 3D εκτυπωτών εκτείνεται και σε άλλους κλάδους, μέχρι και την ζαχαροπλαστική. Εκτυπωτές μπορούν να δεχθούν ζάχαρη ή σοκολάτα ως υλικό και να εκτελέσουν περίτεχνα σχέδια τα οποία.. τρώγονται! Η εμφάνιση των 3D εκτυπωτών μας οδηγεί στην σταδιακή αλλαγή του μοντέλου της μαζικής παραγωγής στην μαζική εξειδίκευση. Τώρα πια δεν χρειάζεται να κατασκευαστούν χιλιάδες βίδες για να χρησιμοποιήσουμε μια. Δεν είναι απαραίτητη η αποθήκευση και η μεταφορά αντικειμένων που δεν ξέρουμε πότε και αν θα χρησιμοποιηθούν. Γι αυτό τον λόγο οι 3D εκτυπωτές αφορούν τον κάθε άνθρωπο, λύνοντας του πραγματικά προβλήματα. Οι προβλέψεις δείχνουν ότι σε λίγα χρόνια ένας εκτυπωτής θα υπάρχει σε κάθε σπίτι.

5.4 Υλικά

➤ **PLA**

Το PLA (PolylacticAcid) είναι ένα δημοφιλές γενικής χρήσης νήμα 3D εκτύπωσης. Παράγεται από ανανεώσιμες πηγές όπως ζαχαρότευτλα, σόγια κλπ και είναι οικολογικό και ασφαλές. Χρησιμοποιείται σε κάθε είδους μοντέλα και λόγω πολύ μικρού συντελεστή συρρίκνωσης εμφανίζει μηδαμινή στρέβλωση ακόμα και σε μεγάλα αντικείμενα. Λόγω χαμηλής θερμοκρασίας εκτύπωσης και εύκολης ψύξης, έχει πλεονέκτημα σε μοντέλα με μικρολεπτομέρειες και αιχμηρές άκρες. Η επιφάνειά του είναι σχετικά γυαλιστερή και μπορεί να δεχτεί κανονικά εξωτερική επεξεργασία. Είναι πιο σκληρό από το ABS αλλά πιο ψαθυρό. Δεν ενδείκνυται για μοντέλα που θα εκτεθούν σε εξωτερικές συνθήκες και ζέστη.

➤ **ABS**

Το ABS (AcrylonitrileButadieneStyrene) αποτελεί ένα από τα πιο δημοφιλή υλικά 3D εκτύπωσης μαζί με το PLA. Το ABS είναι πιο εύκαμπτο και ανθεκτικό σε κρούση, διαθέτει επίσης υψηλότερο σημείο τήξης και μεγαλύτερη διάρκεια ζωής. Η υφή του είναι πιο ματ από του PLA και μπορεί να υποστεί επεξεργασία, τρίψιμο και βάψιμο. Επίσης είναι διαλυτό σε ακετόνη, κάτι που μας βοηθάει για συγκόλληση εκτυπώσεων μεταξύ τους ή για την εξομάλυνσή τους. Είναι κατάλληλο για κάθε είδους μοντέλα με μόνο περιορισμό τα πολύ μεγάλα αντικείμενα που λόγω συρρίκνωσης ενδέχεται να εμφανίσουν στρέβλωση.

➤ **Full Color Sandstone**

Εκτύπωση σε πούδρα με βάση τον γύψο, με δυνατότητα πλήρης χρωματικής γκάμας. Αποτελεί τη μοναδική τεχνολογία με τόσο καλό φινίρισμα και χρωματική απόδοση. Η μοναδική επιλογή για φωτορεαλιστική εκτύπωση, ιδανική για πρωτότυπα, αρχιτεκτονικά μοντέλα αλλά και έγχρωμη απόδοση σαρώσεων ή και ανθρώπινες φιγούρες.

➤ **Nylon Powder SLS**

Η εκτύπωση με πούδρα Nylon έχει το πλεονέκτημα της μεγάλης διαστατικής ακρίβειας και της δυνατότητα απόδοσης οποιασδήποτε γεωμετρίας χωρίς περιορισμούς και την ανάγκη υποστηριγμάτων. Δίνει απόλυτη ελευθερία στο σχεδιασμό και χρησιμοποιείται σε κάθε είδους μοντέλα, λειτουργικά, αρχιτεκτονικά κλπ. Είναι μέθοδος που μας δίνει λειτουργικά τελικά πρωτότυπα με πολύ καλή ταχύτητα και φινίρισμα για να χρησιμοποιηθεί ακόμα και παραγωγή.

➤ **High Resolution SLA**

Υπερύψηλης ανάλυσης εκτύπωση σε υγρή φωτοπολυμεριζόμενη ρητίνη. Είναι η ιδανική μέθοδος εκτύπωσης για μινιατούρες και άλλα μικρά αντικείμενα που έχουν πολύ λεπτές λεπτομέρειες και χρειαζόμαστε το καλύτερο δυνατό φινίρισμα. Επίσης είναι κατάλληλη για εκτύπωση πρωτοτύπων κοσμημάτων με ρητίνη που αντέχει βουλκανισμό για πάτημα λάστιχου, είτε με χυτεύσιμη ρητίνη για απευθείας χύτευση. Αντίστοιχα υπάρχουν και μηχανολογικές ρητίνες, dental, ελαστικές ή και αντοχής σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες (>240C) ανάλογα τις απαιτήσεις της κάθε εφαρμογής.

➤ **Flexible TPU**

Ελαστικό και πολύ δυνατό ελαστομερές για μοντέλα που θέλουμε να έχουν ελαστικότητα (SHORE A 85-90 που αντιστοιχεί σε σκληρότητα λάστιχου αυτοκινήτου), αντοχή σε θερμοκρασίες, έκθεση σε UV και χημικά. Πολύ ελαστικό και δυνατό, αντέχει σε χημική έκθεση και θερμοκρασία. Προσφέρει πολύ καλή συναρμογή μεταξύ των layer και η υφή του είναι πραγματικά σα λάστιχο.

➤ **Polycarbonate**

Ειδικά σχεδιασμένο πολυκαρβονικό αναλώσιμο που προσφέρει ανώτερη ποιότητα εκτύπωσης, εξαιρετικές μηχανικές αντοχές και ανθεκτικότητα σε θερμοκρασία σε σχέση με τα άλλα υλικά 3D εκτύπωσης. Είναι το υλικό επιλογής για μοντέλα που μας ενδιαφέρει η απόλυτη αντοχή, όπως ανταλλακτικά συσκευών, για μοντελισμό, drones.

➤ **ABS+POLYCARBONATE**

Ένα σύνθετο θερμοπλαστικό που αποτελεί μια πιο εξελιγμένη έκδοση του ABS με προσμίξεις από άλλα πολυμερή (Polycarbonate κλπ) που του δίνουν σκληρότητα και αντοχή σε παραμορφώσεις. Είναι το πιο κατάλληλο υλικό για εκτυπώσεις λειτουργικών μηχανολογικών πρωτοτύπων, εξαρτημάτων, τελικών χρηστικών αντικειμένων και μοντέλα που επιθυμούμε να έχουν αυξημένες μηχανικές αντοχές και καλή αντοχή σε θερμοκρασίες (100-110C). Έχει σχετικά glossy φινίρισμα, ιδανικό layerbonding και καλή ακρίβεια.

➤ **Polymax**

Έχει ως και 9 φορές μεγαλύτερη αντοχή κρούσης από το PLA και 20% μεγαλύτερη από το ABS και χρησιμοποιείται όταν θέλουμε να παράγουμε μοντέλα με βάση το PLA αλλά να έχουν παράλληλα και εξαιρετικές μηχανικές αντοχές.

➤ **Wood PLA**

Αναλώσιμο με 30% πραγματικά ροκανίδια ξύλου. Το αποτέλεσμα είναι εντυπωσιακό με ένα σχετικά άγριο φινίρισμα αλλά και μυρωδιά που θυμίζει όντως ξύλο! Πολύ χρήσιμο για αντικείμενα που θέλουμε να ξεφύγουν από την πλαστική όψη που έχουν τα άλλα υλικά 3D εκτύπωσης και φυσικά για πρωτότυπα που χρειάζονται ξύλινη υφή.

➤ **Metal PLA**

Υβριδικό αναλώσιμο με ρινίσματα μετάλλων για καλλιτεχνική χρήση σε μοντέλα που μοιάζουν μεταλλικά. Βγαίνει σε διαφορετικούς τύπους ανάλογα με το είδος του μετάλλου που περιέχεται στο νήμα. Τα πιο δημοφιλή είναι ο μπρούτζος και ο χαλκός. Μετά την εκτύπωση τα μοντέλα έχουν μια ματ άγρια όψη και με την κατάλληλη επεξεργασία αναδεικνύονται τα ρινίσματα του μετάλλου και το τελικό αποτέλεσμα μοιάζει με πραγματικό μέταλλο.

➤ **PETG**

Είναι ένα θερμοπλαστικό με μεγάλη φωτοδιαπερατότητα και εξαιρετικές μηχανικές ιδιότητες, μειωμένο warping, αντοχή στην τριβή, στον εφελκυσμό και τις σχετικά υψηλές θερμοκρασίες (60-70C). Έχει επίσης και υψηλή χημική αντίσταση σε οξέα, άλατα και αλκαλικές ενώσεις.

➤ **HIPS**

Το HIPS (high impact poly styrene) είναι ένα πολύ ανθεκτικό αναλώσιμο με πολύ μικρό συντελεστή συρρίκνωσης και επομένως ελάχιστο warping οπότε είναι καλό υποκατάστατο του ABS σε μεγάλες εκτυπώσεις. Δεν είναι εξαιρετικά σκληρό και σαν αποτέλεσμα δεν είναι εύθραυστο και αντέχει σε άσκηση πιέσεων και σε κρούση. Εξαιρετικά χρήσιμο για μεγάλα αντικείμενα με δύσκολες επιφάνειες αλλά και για αρχιτεκτονικά μοντέλα. Αντέχει μετεπεξεργασία.

➤ **Glow in the Dark PLA**

Ένα πολύ ενδιαφέρον αναλώσιμο με βάση το PLA αλλά με την ιδιότητα να συσσωρεύει φως από φυσικές ή τεχνητές πηγές και στη συνέχεια να το ακτινοβολεί. Χρήσιμο για πολύ εντυπωσιακά διακοσμητικά ή άλλα μοντέλα που θέλουμε να φωσφορίζουν στο σκοτάδι!

➤ **NYLON PA6.6**

Το υλικό αυτό (Πολυαμίδιο 6.6) προσφέρει ευελιξία και μεγάλη αντοχή, μικρό συντελεστή τριβής και εξαιρετική αντοχή σε θερμοκρασίες (140-150C). Αποτελεί λοιπόν μια εξαιρετική επιλογή για την εκτύπωση αντικειμένων όπως όπως εργαλεία, γρανάζια, προσθετικά μέλη ή πρωτότυπα λειτουργικών μοντέλων

Κεφ.6: Σχεδιασμός και υλοποίηση ρομποτικού βραχίονα

6.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται ο σχεδιασμός ενός ρομποτικού βραχίονα πέντε βαθμών ελευθερίας. Ο βραχίονας είναι προγραμματισμένος να μεταφέρει ένα αντικείμενο μεταξύ δύο σημείων με αυτοματοποιημένη αλλά και χειροκίνητη λειτουργία.

Στο τέλος του ρομποτικού βραχίονα χρησιμοποιήθηκε μια αρπάγη και επιλύθηκε με τη χρήση της μεθόδου Denavit-Hatenberg το ευθύ κινηματικό πρόβλημα της θέσης της.

Η αρχική μορφή αυτού του βραχίονα υπήρχε στο διαδίκτυο [7] και έχει γίνει επανασχεδίαση του με βάση νέα κριτήρια αντοχής και αισθητικής. Ο βραχίονας έχει την δυνατότητα να αντέξει βάρος έως ενός κιλού.

6.2 Περιγραφή και λειτουργίες ρομποτικού βραχίονα

Σχετικά με τις δυνατότητες ελέγχου υπάρχει πρόβλεψη για δυο καταστάσεις λειτουργίας, την αυτόματη και την χειροκίνητη. Κατά την αυτόματη λειτουργία, ο βραχίονας είναι ρυθμισμένος να εκτελεί κίνηση Point-To-Point έτσι ώστε να μεταφέρει ένα αντικείμενο από το σημείο A στο σημείο B και πίσω. Στην χειροκίνητη λειτουργία ο βραχίονας θα ελέγχεται από χρήστη μέσω joystick, ποτενσιόμετρων και κουμπιών, προκειμένου ο χρήστης να μετακινήσει το αντικείμενο μεταξύ των σημείων A και B ή να ορίσει σημεία στο χώρο εργασίας του βραχίονα ώστε να εκτελεστούν με την μέθοδο κίνησης Point-To-Point.

Στη κίνηση Point-To-Point ο βραχίονας θα μετακινείται από την αρχική του θέση στην τελική, μέσα από μια σειρά δοσμένων σημείων για την κάθε άρθρωση. Η αυτόματη λειτουργία ξεκινά μόλις ο διακόπτης για τον έλεγχο λειτουργίας του βραχίονα γυρίσει στη θέση της αυτόματης λειτουργίας. Όταν γίνει αυτό, ο βραχίονας θα ξεκινήσει μια λειτουργία με Point-To-Point κίνηση, από την αρχική θέση προς τα σημεία A ή B.

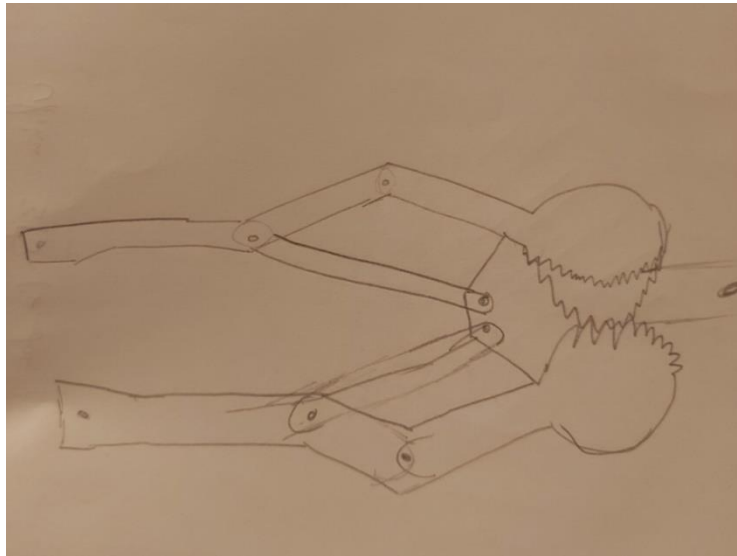
Ο πρώτος σερβοκινητήρας που είναι τοποθετημένος στη βάση, μετακινεί όλη τη διάταξη προς το σημείο που είναι τοποθετημένο το αντικείμενο, στη συνέχεια ο δεύτερος κατεβάζει τον σύνδεσμο ο τρίτος και ο τέταρτος γυρνάει την αρπαγή στο σημείο όπου επιτρέπει να πιάσει το αντικείμενο. Σε αυτό το σημείο ο πέμπτος σερβοκινητήρας που είναι τοποθετημένος στον σύνδεσμο της αρπάγης, την κατεβάζει στο αντικείμενο όπου στο τέλος η αρπαγή κλείνει πιάνοντας έτσι το αντικείμενο. Πλέον ξεκινάει η αντίστροφη διαδικασία προκειμένου τώρα ο βραχίονας μαζί με το αντικείμενο που μεταφέρει να μετακινηθεί στην αρχική του κατάσταση. Μόλις γίνει αυτό με τις ίδιες κινήσεις ο βραχίονας θα τοποθετήσει την αρπαγή πάνω από το τελικό σημείο ώστε αυτή να ανοίξει και να αφήσει το αντικείμενο στη κατάλληλη θέση. Οι σερβοκινητήρες κινούνται με αργή ταχύτητα για να ελέγχεται καλύτερα η κίνησή τους αλλά και να μην υπάρξει τυχόν αστάθεια από τις απότομες και γρήγορες κινήσεις.

Η έναρξη της χειροκίνητης λειτουργίας ξεκινάει μόλις ο διακόπτης για τον έλεγχο κινήσεων γυρίσει στην ανάλογη θέση. Τότε ο μικροελεγκτής διαβάσει τις τιμές από τις εξόδους των joystick, των ποτενσιόμετρων και των κουμπιών και μετακινεί αντίστοιχα στις κατάλληλες θέσεις τις αρθρώσεις. Πιο συγκεκριμένα το joystick κινεί τους σερβοκινητήρες που είναι τοποθετημένοι στη βάση της κατασκευής. Το ένα ποτενσιόμετρο κινεί τον σερβοκινητήρα που είναι τοποθετημένος μεταξύ του συνδέσμου και της αρπάγης, ενώ το άνοιγμα και το κλείσιμο της αρπάγης καθορίζεται από το πάτημα ενός κουμπιού. Έτσι, ο χρήστης μπορεί να μετακινήσει το αντικείμενο μόνος του στο χώρο εργασίας. Μέσω του δεύτερου ποτενσιόμετρου, γίνεται έλεγχος της ταχύτητας όλων των σερβοκινητήρων ώστε να κινούνται αργά ή γρήγορα.

Επίσης, με τη χρήση ενός ακόμα διακόπτη είναι δυνατό ο χρήστης να αποθηκεύσει αρκετά σημεία κινήσεως του κάθε σερβοκινητήρα στη μνήμη του μικροελεγκτή. Αυτό θα γίνει όταν μετακινήσει τον σερβοκινητήρα της επιλογής του στο επιθυμητό σημείο και με το πάτημα του κουμπιού θα αποθηκεύεται η θέση αυτή. Έτσι, μόλις ο διακόπτης γυρίσει στην κατάλληλη θέση και ο μικροελεγκτής λάβει την κατάλληλη τιμή εισόδου από το κουμπί, τότε ο βραχίονας θα μετακινείται από το πρώτο σημείο προς το τελευταίο που του έχει ορίσει ο χρήστης. Η διαδικασία αυτή θα επαναλαμβάνεται όσο ο διακόπτης θα είναι στην κατάλληλη θέση και ο χρήστης θα πατάει το κουμπί εκκίνησης.

6.3 Σχεδιασμός

Ο βραχίονας σχεδιάστηκε πρώτα στο χέρι και έπειτα στο σχεδιαστικό πρόγραμμα Creo parametric 4.0 Μετά του προσθέσαμε χρώμα για να το κάνουμε πιο ελκυστικό προς τον πελάτη.



Εικόνα 6.3.1

Αρχικό σχέδιο δαγκάνας ρομποτικού βραχίονα στο χέρι

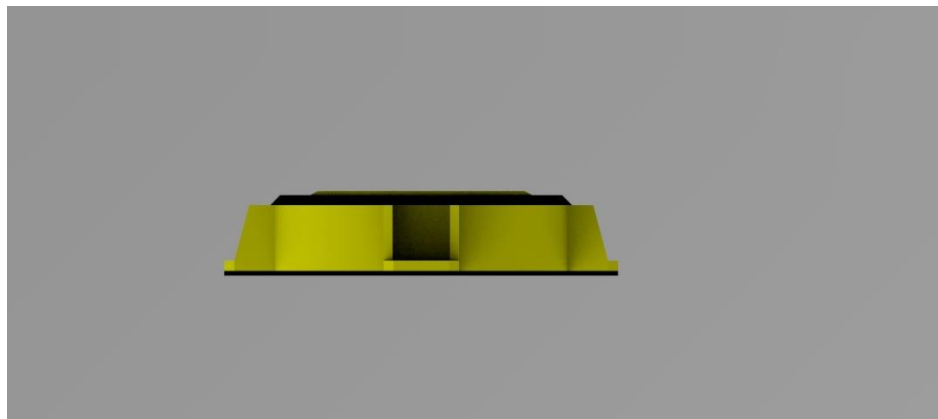


Εικόνα 6.3.2

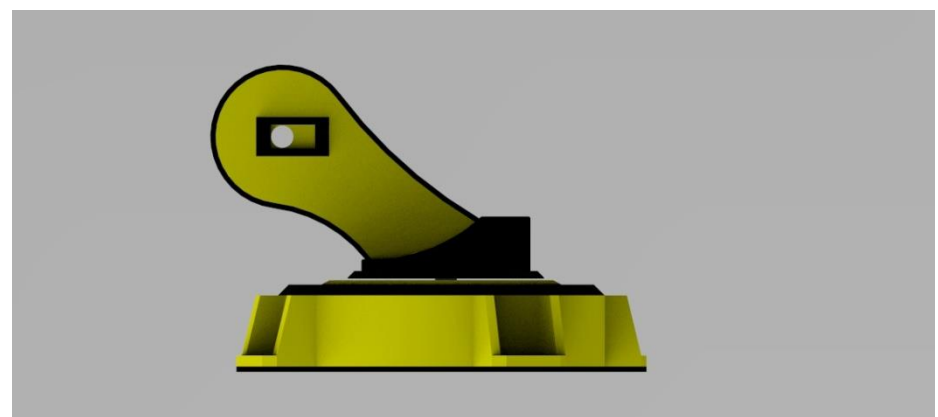
αρχικό σχέδιο ρομποτικού βραχίονα στο χέρι



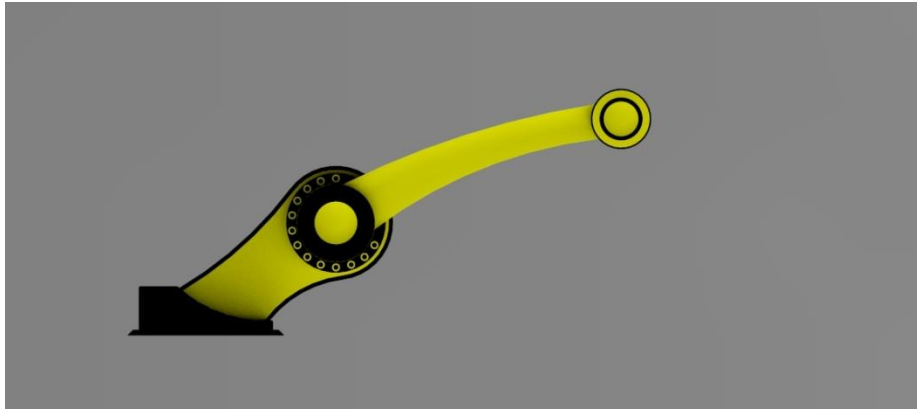
Εικόνα 6.3.3
Ολοκληρωμένος ρομποτικός βραχίονας



Εικόνα 6.3.4 βάση του ρομποτικού βραχίονα



Εικόνα 6.3.5

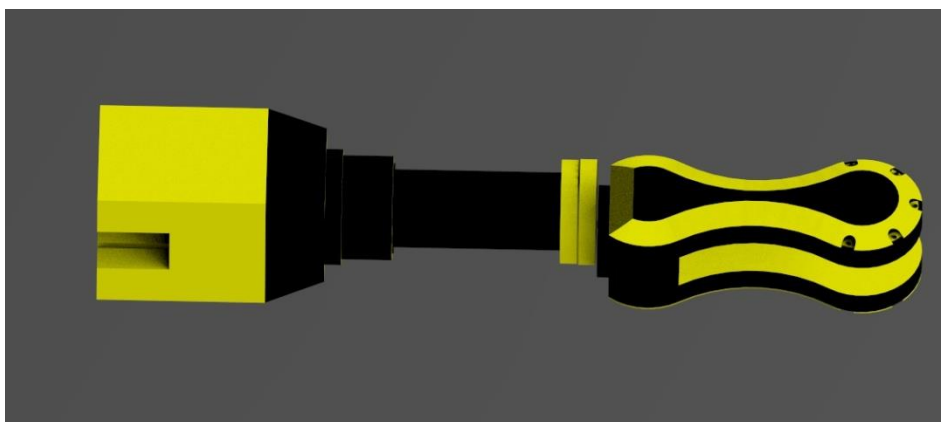


Εικόνα 6.3.6



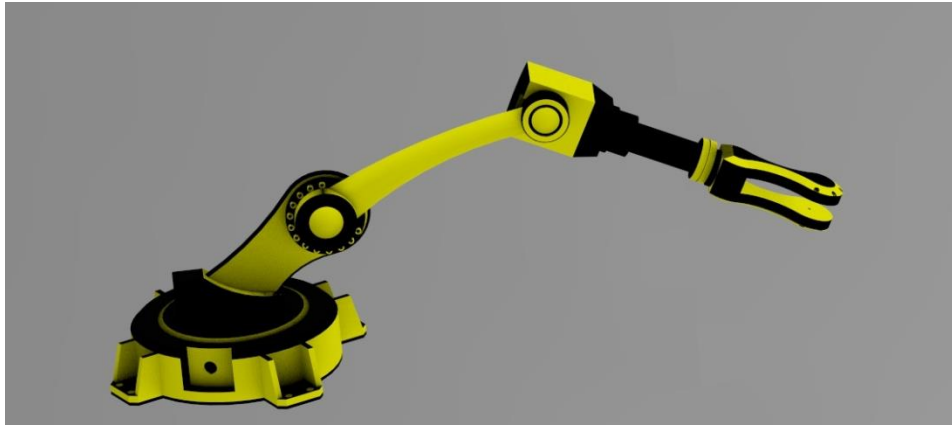
Εικόνα 6.3.7

Στις εικόνες 6.3.5, 6.3.6, 6.3.7 είναι οι βασικοί κορμοί του βραχίονα όπου μετακινεί το αντικείμενο πάνω – κάτω



Εικόνα 6.3.8

Βασικός κορμός όπου μπορεί να περιστρέφει ως 360 μοίρες



Εικόνα 6.3.9



Εικόνα 6.3.10



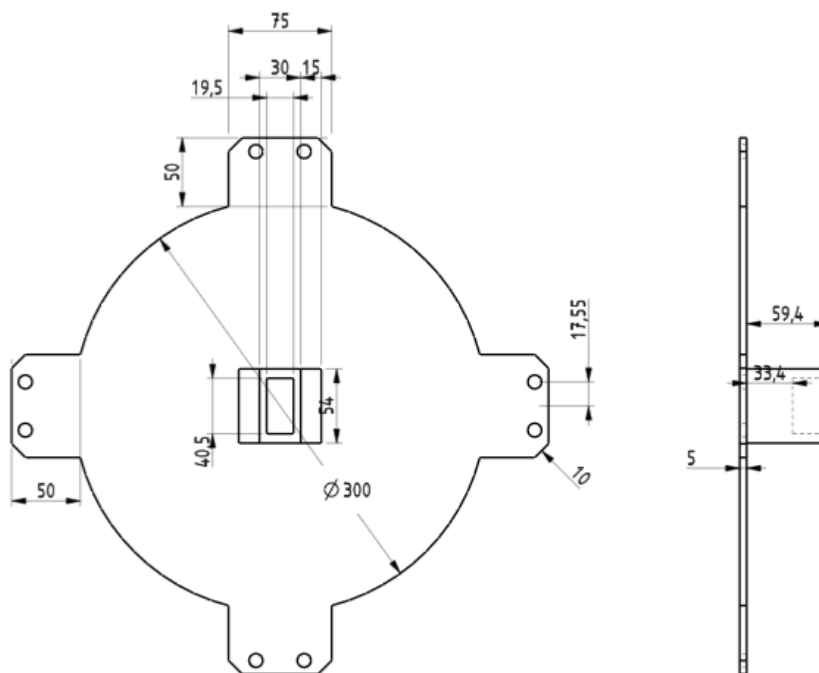
Εικόνα 6.3.11

Δαγκάνα ρομποτικού βραχίονα

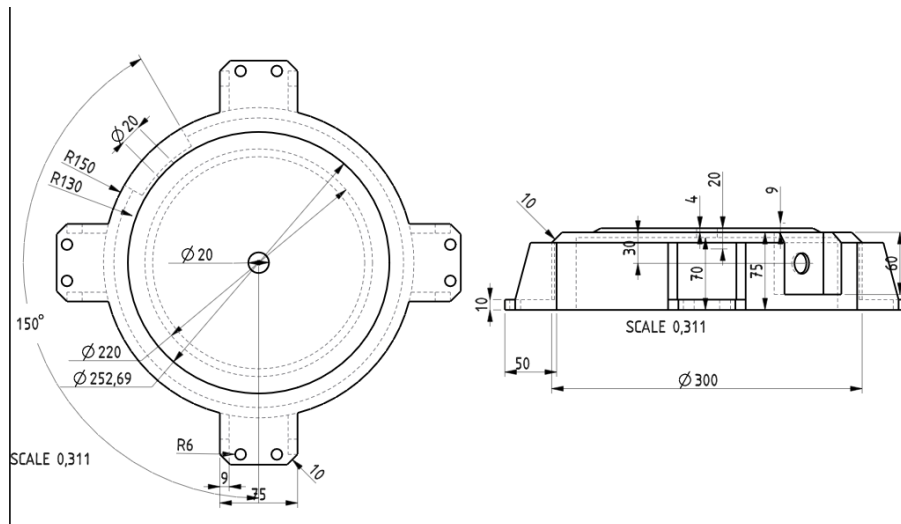
6.4 Εξαρτήματα

Ο βραχίονας θα εκτυπωθεί από 3d printer και το υλικό του είναι PLA (Polylactic Acid). Στη βάση υπάρχει ένας σερβοκινητήρας MG996R, όπου μετακινεί ολόκληρο το σύστημα έπειτα σε κάθε σύνδεση υπάρχει ένας σερβοκινητήρας SG90 έως και την αρπάγη.

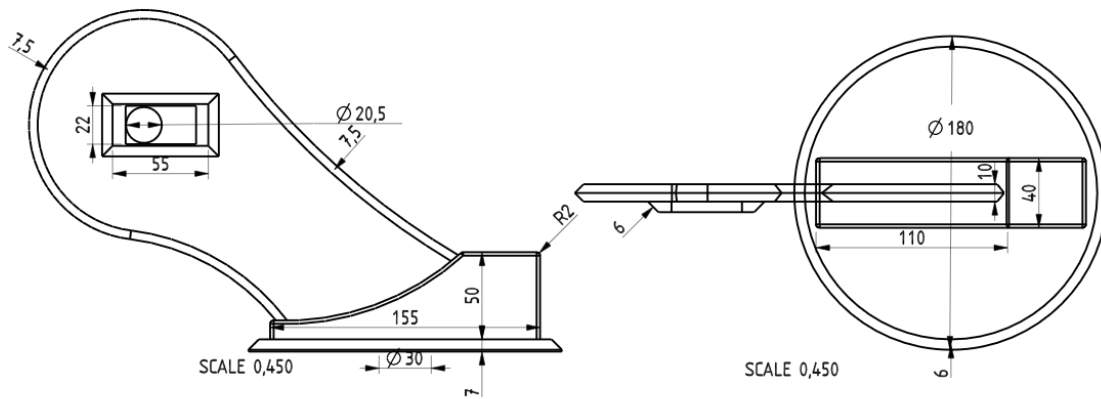
6.5 Μηχανολογικό σχέδιο



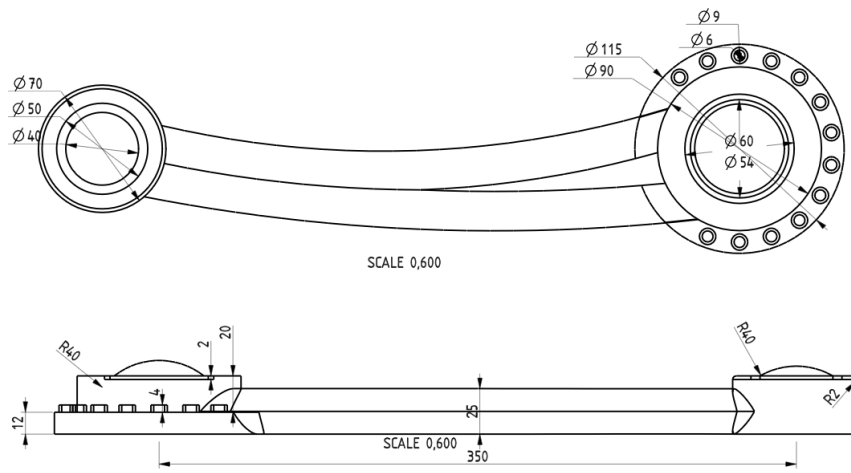
Εικόνα 6.4.1: κάτω από την βάση



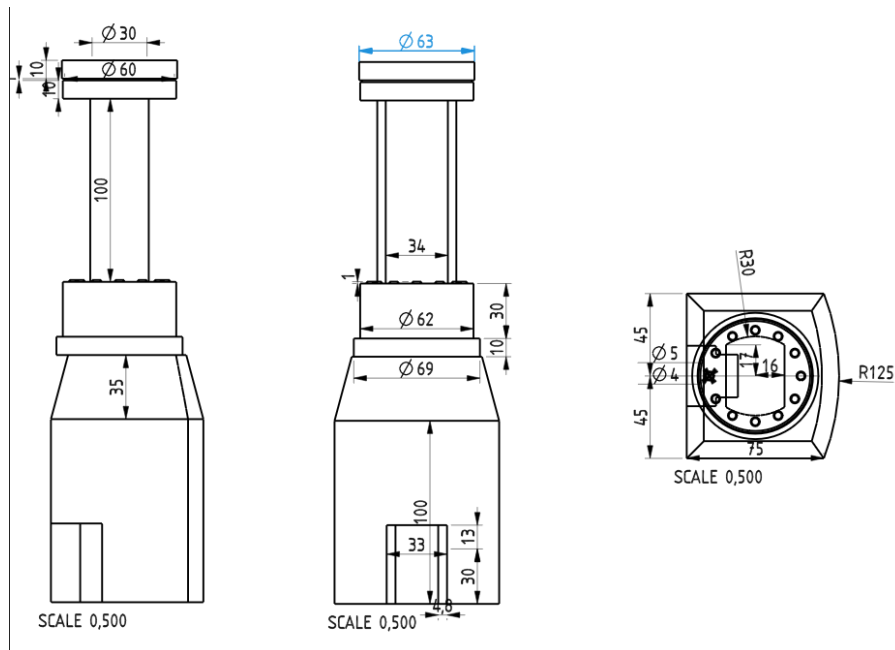
Εικόνα 6.4.2: βάση



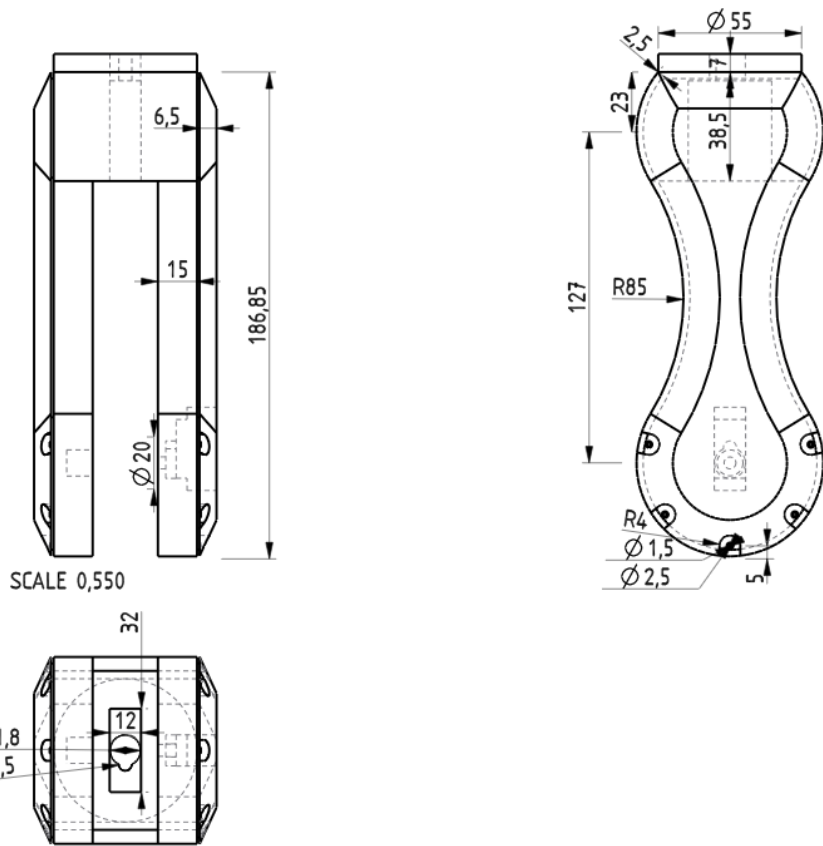
Εικόνα 6.4.3: στήριγμα 1°



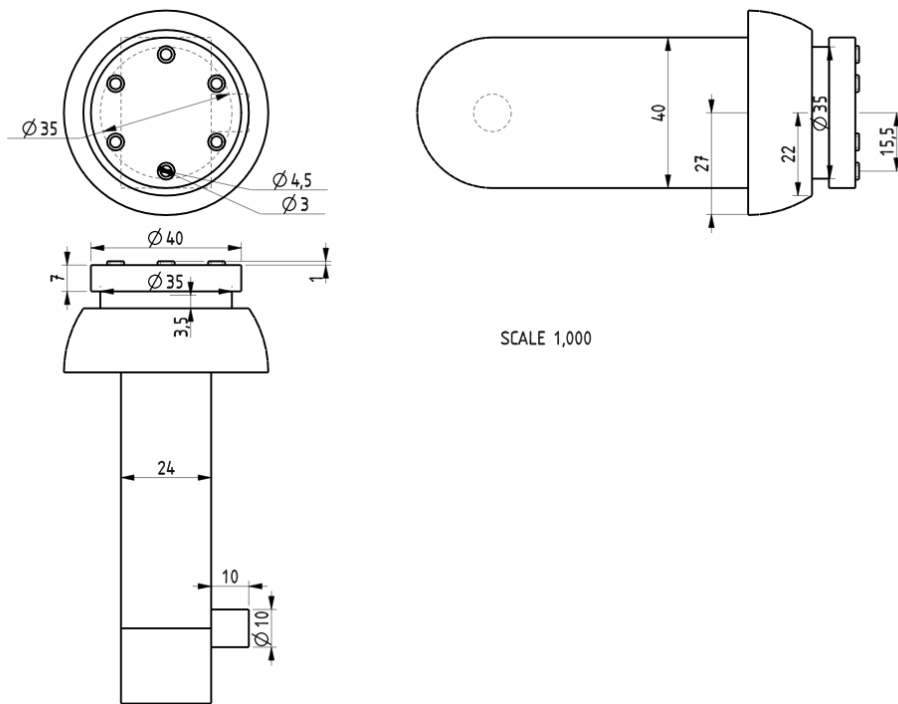
Εικόνα 6.4.4: στήριγμα 2ο



Εικόνα 6.4.5: στήριγμα 3ο



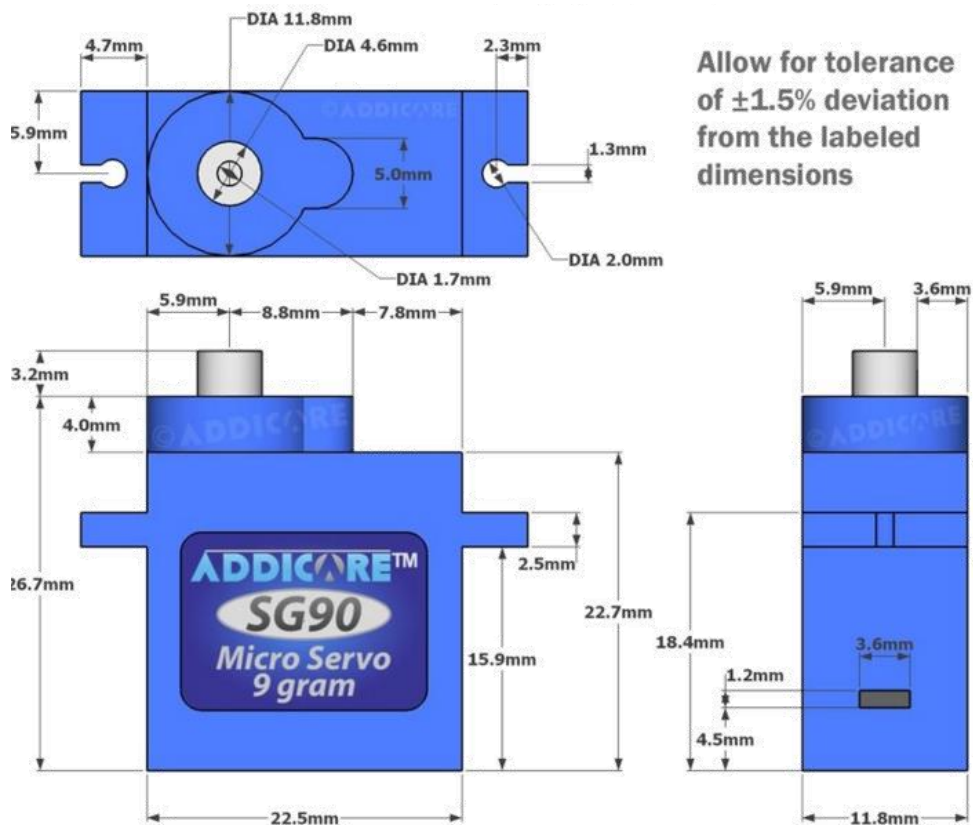
Εικόνα 6.4.6: Στήριγμα 4ο



Εικόνα 6.4.7: στήριγμα 5ο

6.5 Κινητήρες

Οι συγκεκριμένοι κινητήρες επιλεχθήκαν βάση των απαιτήσεων που είχαμε στον σχεδιασμό του βραχίονα δηλαδή να μπορεί να σηκώσει βάρος 1Kg. Με τους συγκεκριμένους κινητήρες εκλάβαμε την μέγιστη αντοχή τους για την δημιουργεί κίνηση του βραχίονα. Με βάση αυτές της απαιτήσεις και το κόστος έγινε αναζήτηση στην αγορά και επιλεχθήκαν οι κινητήρες αυτοί και με βάση της διαστάσεις τους προσαρμόστηκε και το σχέδιο.



Κύρια χαρακτηριστικά:

Στιβαρή ροπή: 1,8kg / cm (4,8V), 2,2kg / cm (6V)

Ταχύτητα λειτουργίας: 0.1sec / 60degree (4.8v), 0.08sec / 60degree (6v)

Τάση λειτουργίας: 4.8-6.0V

Τύπος κινητήρα: Κινητήρας χωρίς πυρήνα

Τύπος εργαλείου: Όλα τα μεταλλικά γρανάζια

Μήκος καλωδίου σύνδεσης: 175mm



Κύρια χαρακτηριστικά:

Servo Standar : 25T (Futaba/ Feetech)

Λειτουργία Servo :Αναλογική

Μέγεθος Servo : Standard

Περιστροφή: 180°

Ροπή (6V): 11kg.cm

Ταχύτητα (6V):0.18sec/60°

Τύπος Γραναζιών: Μεταλλικά

Κεφ. 7 Επίλογος

7.1 Ανακεφαλαίωση

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η παρουσίαση και ο επανασχεδιασμός ενός ρομποτικού βραχίονα. Αρχικά έγινε αναφορά στην ρομποτική στην ιστορία της και στις σάρωνες εφαρμογές της. Χωρίστηκε σε υπό κατηγορίες τα είδη των ρομπότ. Έπειτα αναφερθήκαμε στις αρθρώσεις και τους βαθμούς ελευθέριας που μπορούν να έχουν. Αποδόθηκε η έννοια της κινηματικής θεωρίας όπου και αναλύθηκε. Δόθηκε έμφαση για την μέθοδο Denavit–Hrtenberg και για το κινηματικό πρόβλημα. Η σχεδίαση έγινε αρχικά στο χέρι και μετά στον υπολογιστή με το σχεδιαστικό πρόγραμμα Creo parametric 4.0. Η σχεδίαση έγινε με βάση την δυνατότητα τοποθέτησης των σερβοκινητήρων και την δυνατότητα ελέγχου τους από εξωτερικό κύκλωμα είτε αυτόματο είτε χειροκίνητο. Μετά του προσθέσαμε χρώμα για να το κάνουμε πιο ελκυστικό προς τον πελάτη και μελετήθηκε με ποιο υλικό πρέπει να εκτυπωθεί.

Συμπεράσματα

Κατά την εκτέλεση της εργασίας μελετήσαμε τα στάδια για την υλοποίηση ενός ρομποτικού βραχίονα. Όπου στον σχεδιασμό και την υλοποίηση παρουσιάστηκαν αρκετά προβλήματα σε όλα σχεδόν τα επίπεδα. Όπως οι τεχνικοί περιορισμοί που παρουσιάστηκαν στις δυνατότητες των σερβοκινητήρων που διαθέταμε. Με την τεχνογνωσία που αποκτήσαμε στην υλοποίηση του βραχίονα είδαμε ότι υπάρχουν περιθώρια βελτίωσης.

Υπάρχει η δυνατότητα να τοποθετηθεί κάμερα σε ένα σταθερό σημείο και να «βλέπει» το χώρο εργασίας με το αντικείμενο ώστε να πραγματοποιεί μόνος του ορισμένες κινήσεις.

Βιβλιογραφία

- 1 Φ.Ν. Κουμπούλης, Β.Γ. Μέρτζιος Εισαγωγή στη Ρομποτική Εκδόσεις Παπασωτηρίου Αθήνα 2000
- 2 Δ. Καλλιγερόπουλος, Σ. Βασιλειάδου ΑΕΙ Πειραιά Τ.Τ. Ιστορία της Τεχνολογίας & των Αυτομάτων, Σύγχρονη Εκδοτική, Αθήνα 2005
- 3 Γκαρουτσος Β. Γιάννης Κινηματική και δυναμική του υλικού σημείου και του απόλυτα στέρεου σώματος εκδοτική SPIN, Αθήνα 2011
- 4 <https://el.wikipedia.org/wiki/βιομηχανικά>
- 5 <https://www.hellasdigital.gr/>
- 6 <https://www.hellas3d.gr/>
- 7 <https://howtomechatronics.com/tutorials/arduino/diy-arduino-robot-arm-with-smartphone-control/>
- 8 <https://www.skroutz.gr/search?keyphrase=micro+servo>
- 9 [Κινηματική - Βικιπαίδεια \(wikipedia.org\)](#)
- 10 https://en.wikipedia.org/wiki/Denavit%E2%80%93Hartenberg_parameters
- 11 https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A4%CF%81%CE%B9%CF%83%CE%B4%CE%B9%CE%AC%CF%83%CF%84%CE%B1%CF%84%CE%B7_%CE%B5%CE%BA%CF%84%CF%8D%CF%80%CF%89%CF%83%CE%B7