
ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

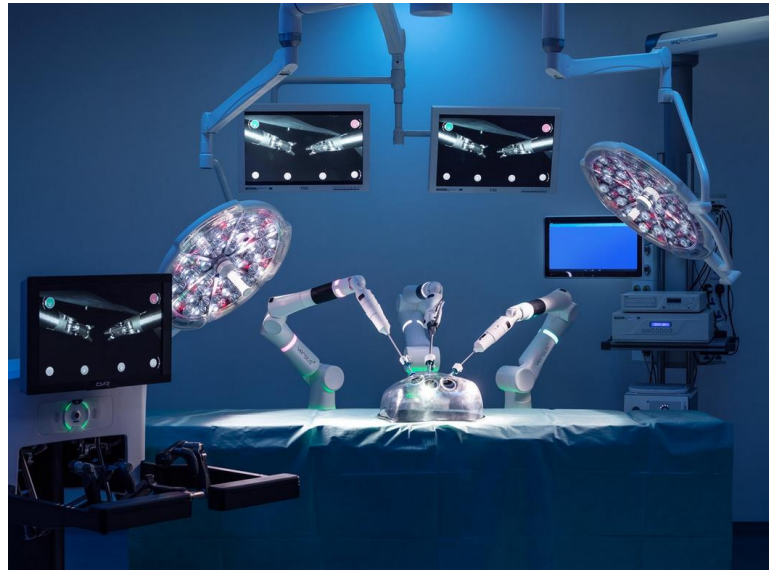
ΣΑΡΑΝΤΟΓΛΟΥ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

gsarantoglou@uniwa.gr

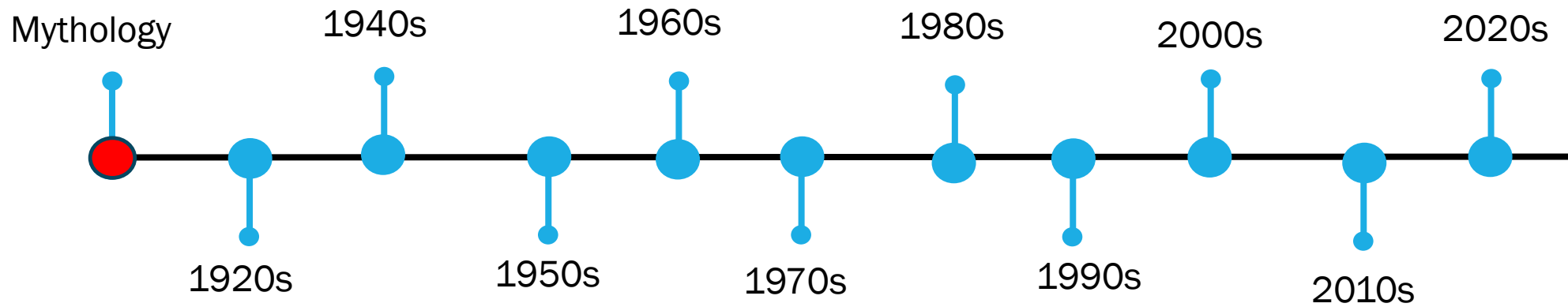


ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗΣ

- Ρομποτική είναι ο κλάδος της μηχανικής που ασχολείται με την κατασκευή έξυπνων αυτόνομων ή ημιαυτόνομων συσκευών που έρχονται σε άμεση επαφή με το φυσικό περιβάλλον και δρουν ως βοηθοί του ανθρώπου.



ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ



- Ο Τάλως δημιουργήθηκε από τον Ήφαιστο για τον βασιλιά Μίνωα με καθήκον του να διαφυλάσσει το νησί της Κρήτης από τους εισβολείς.

ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Mythology

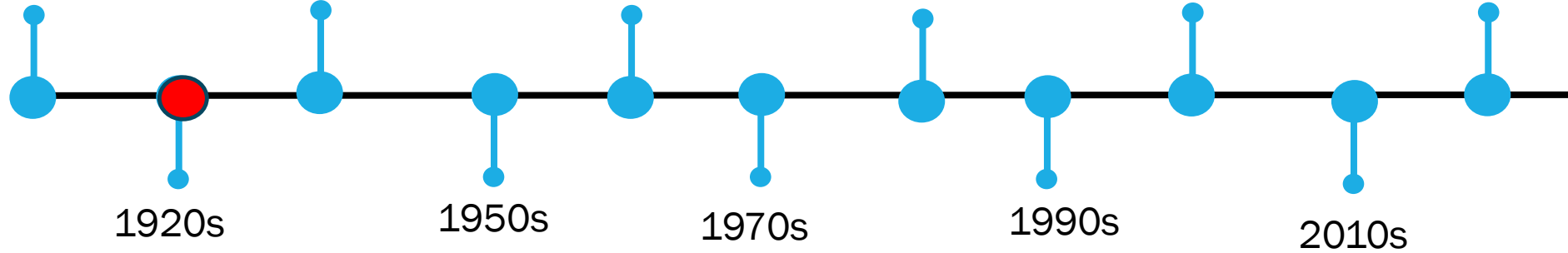
1940s

1960s

1980s

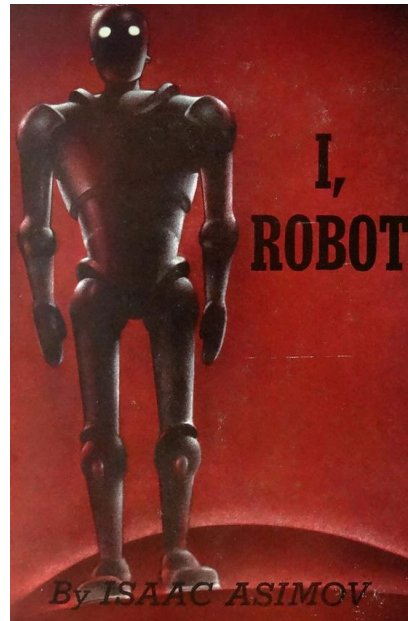
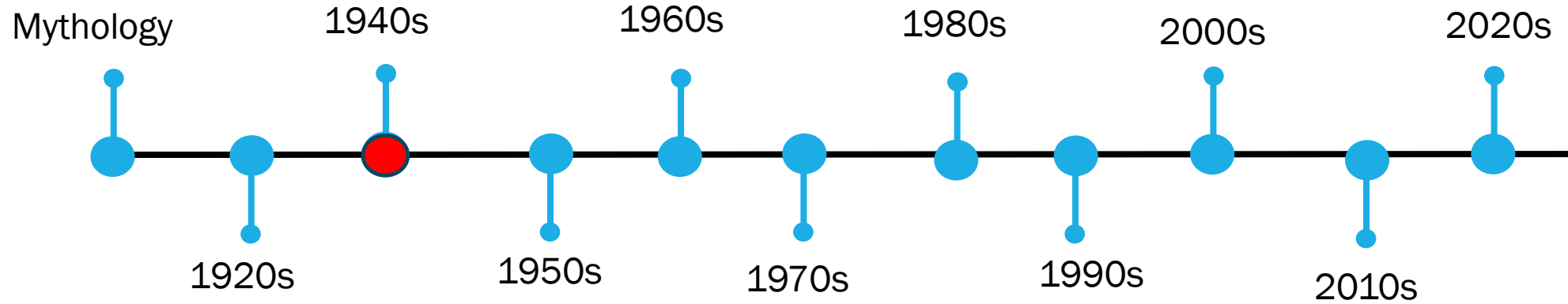
2000s

2020s



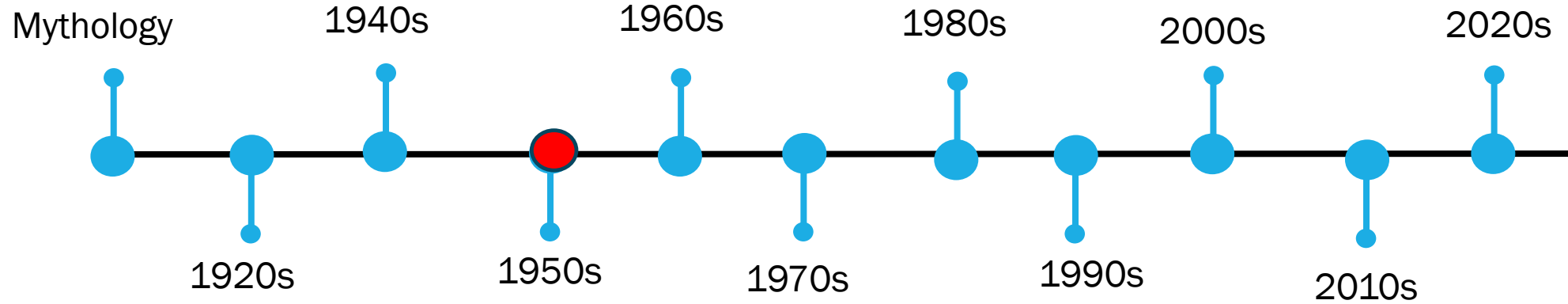
- Ο όρος ρομπότ εμφανίστηκε για πρώτη φορά το 1920 στο έργο Rossum's Universal Robots του Τσέχου σεναριογράφου Karel Capek.

ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ



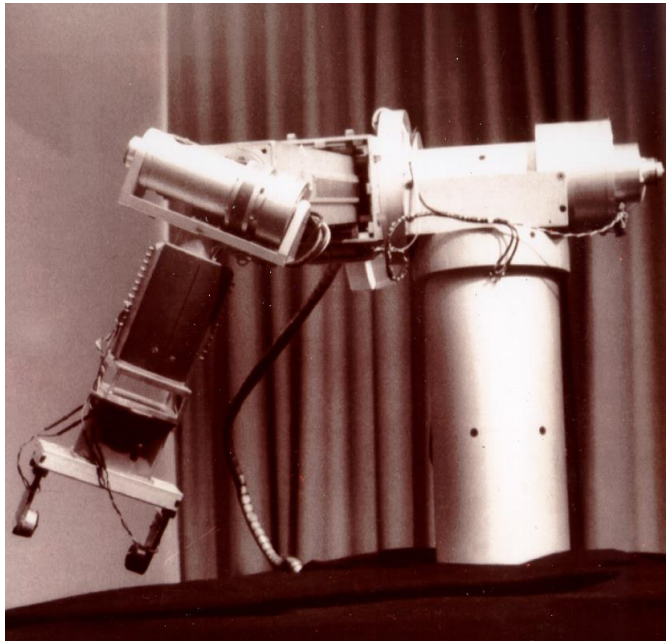
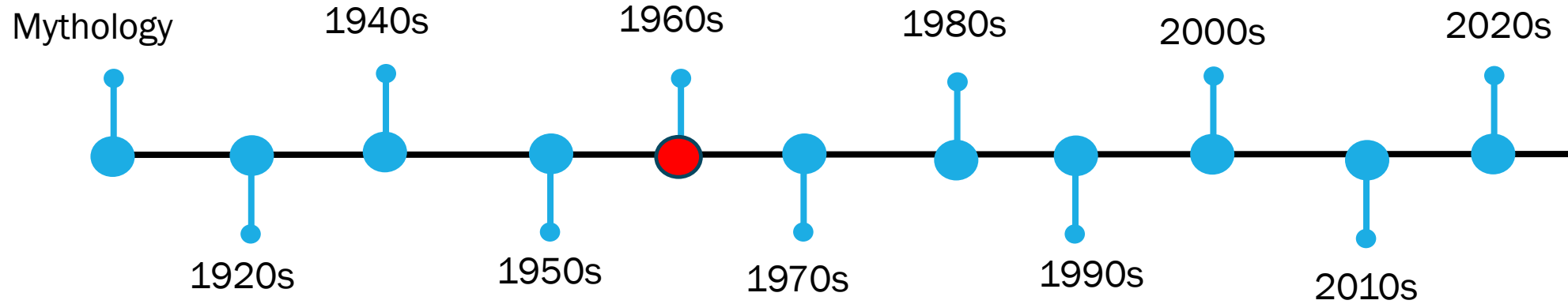
- Ο Isaac Asimov εισάγει την ηθική των ρομπότ (1942).
- ❖ Κανόνας 1 : Ένα ρομπότ δεν θα βλάψει ποτέ ένα άνθρωπο, ούτε θα αφήσει λόγω αδράνειας ένα άνθρωπο απροστάτευτο.
- ❖ Κανόνας 2 : Ένα ρομπότ πρέπει να υπακούει τις εντολές ενός ανθρώπου, εκτός αν αυτό παραβιάζει τον κανόνα 1.
- ❖ Κανόνας 3 : Ένα ρομπότ πρέπει να διαφυλάσσει την υπόστασή του, εκτός αν αυτό έρχεται σε σύγκρουση με τους κανόνες 1,2.

ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ



- Το Unimate, εφευρέθηκε από τον George Devol το 1954.
- Το πρώτο Unimate πουλήθηκε στη General Motors το 1960 και ενσωματώθηκε για πρώτη φορά στη βιομηχανία.
- Δεν είχε αισθητήρες για να ανιχνεύει το περιβάλλον του και απλώς εκτελούσε μια συγκεκριμένη σειρά από κινήσεις.

ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ



- Το 1969 ο φοιτητής μηχανολογίας Victor Scheinman δημιούργησε τον πρώτο ηλεκτρονικά ελεγχόμενο ρομποτικό βραχίονα, γνωστό ως Stanford Arm.
- Ο Stanford Arm είχε ηλεκτρονικό έλεγχο μέσω υπολογιστή και χρησιμοποιούσε αισθητήρες για πιο ευέλικτες και ακριβείς κινήσεις.

ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Mythology

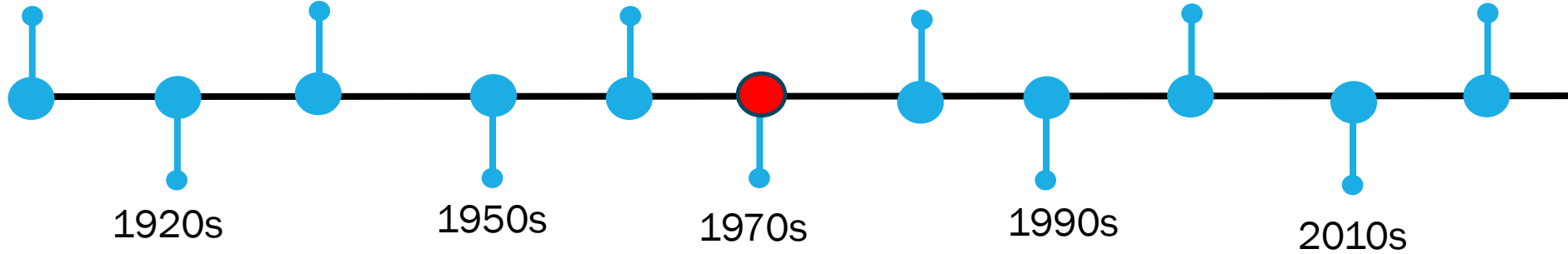
1940s

1960s

1980s

2000s

2020s



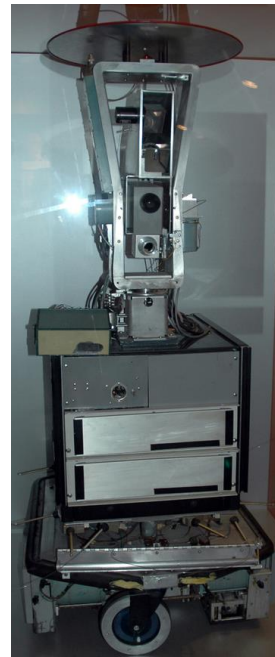
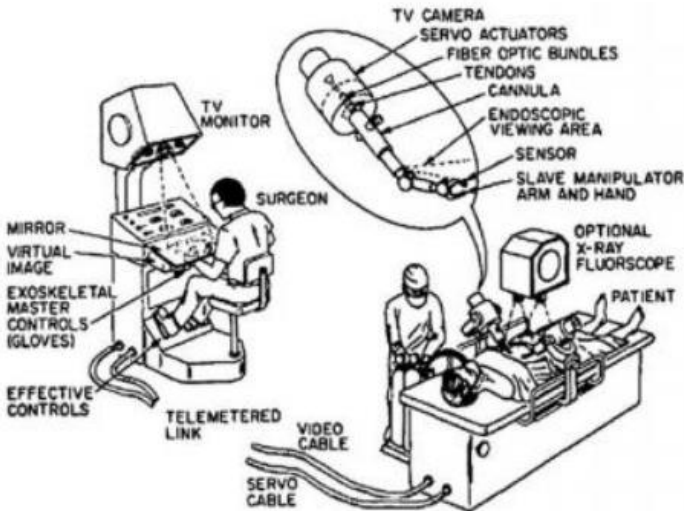
1920s

1950s

1970s

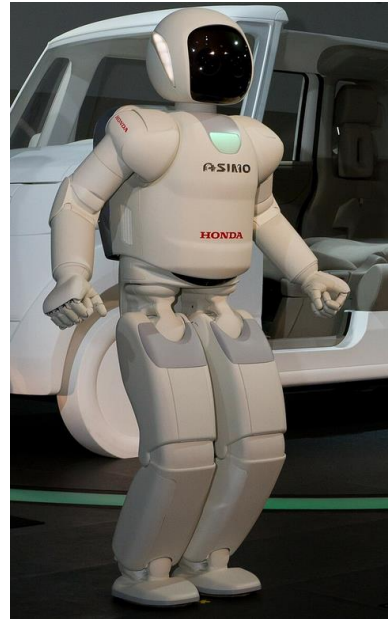
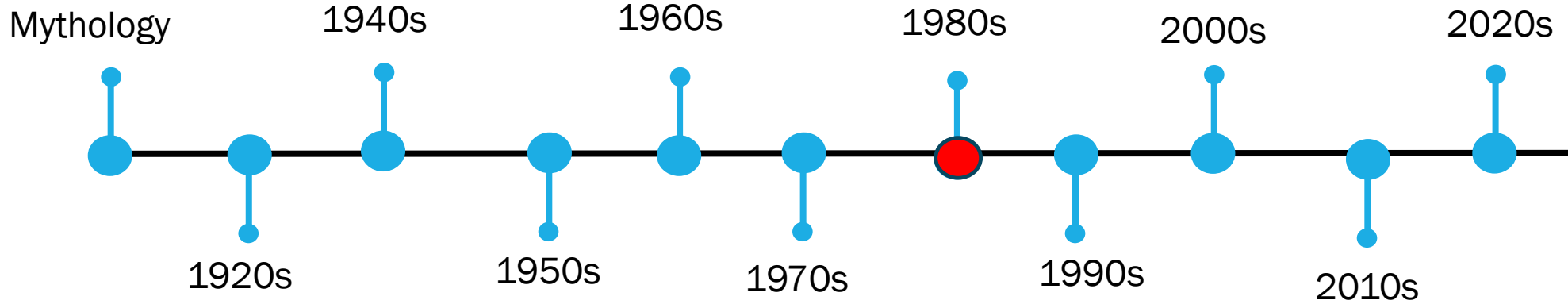
1990s

2010s



- (1970) Σχέδια από τη NASA για χρήση της ρομποτικής σε χειρουργικές επεμβάσεις σε αστροναύτες σε διαστημόπλοια
- (1970) Η SRI national παρουσιάζει το 1970 τον Shakey, το πρώτο ρομπότ που μπορεί να σκεφτεί για τις κινήσεις του και να λύσει προβλήματα με αυτόνομο τρόπο.

ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ



- (1985) Το PUMA 560 εκτελεί την πρώτη ρομποτικά-βοηθούμενη βιοψία εγκεφάλου. Είσοδος της ρομποτικής στην ιατρική.
- (1986) Η Honda ξεκινάει την έρευνα της σε ανθρωποειδή ρομπότ που τελικά οδηγεί το 2000 στον Asimo. Το project δίνει ώθηση στην έρευνα για δίποδα ρομπότ που επικοινωνούν με τους ανθρώπους.

ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Mythology

1940s

1960s

1980s

2000s

2020s

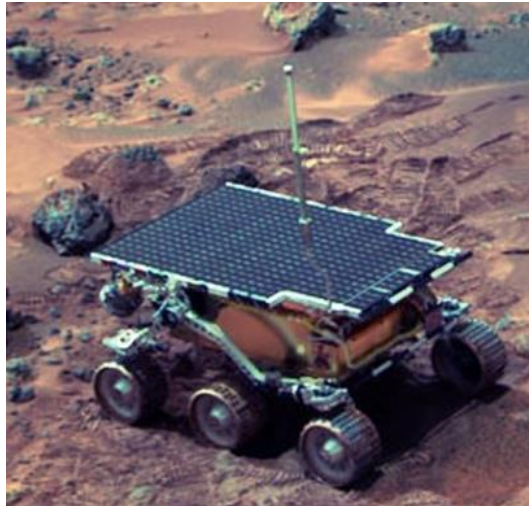
1920s

1950s

1970s

1990s

2010s



- (1992) Το ROBODOC πραγματοποιεί την πρώτη αντικατάσταση ισχίου με τη βοήθεια ρομπότ, βελτιώνοντας την ακρίβεια των χειρουργικών επεμβάσεων.
- (1997) Το Sojourner Rover γίνεται το πρώτο ρομποτικό όχημα που εξερευνά την επιφάνεια άλλου πλανήτη.

ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Mythology

1940s

1960s

1980s

2000s

2020s

1920s

1950s

1970s

1990s

2010s



- (2000) Το σύστημα Da Vinci γίνεται το πρώτο ευρέως διακεκριμένο ρομπότ για ελάχιστα επεμβατική χειρουργική (μεγαλύτερη ακρίβεια, μικρότερες τομές), φέρνοντας επανάσταση στον τρόπο εκτέλεσης σύνθετων χειρουργείων.
- (2005) Το αυτόνομο όχημα Stanley του Stanford κερδίζει τον διαγωνισμό της DARPA και γίνεται το πρώτο ρομπότ που επιτυγχάνει πλήρως αυτόνομη οδήγηση κατά μέσου της ερήμου.

ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Mythology

1940s

1960s

1980s

2000s

2020s

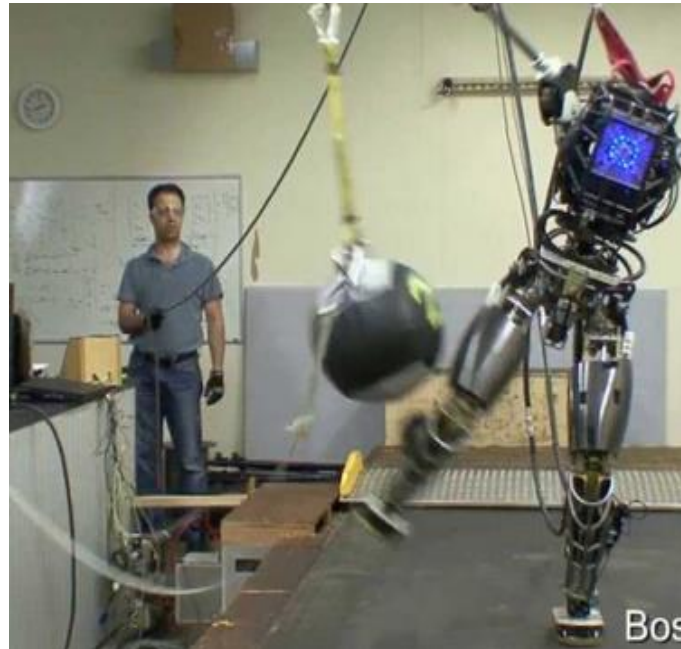
1920s

1950s

1970s

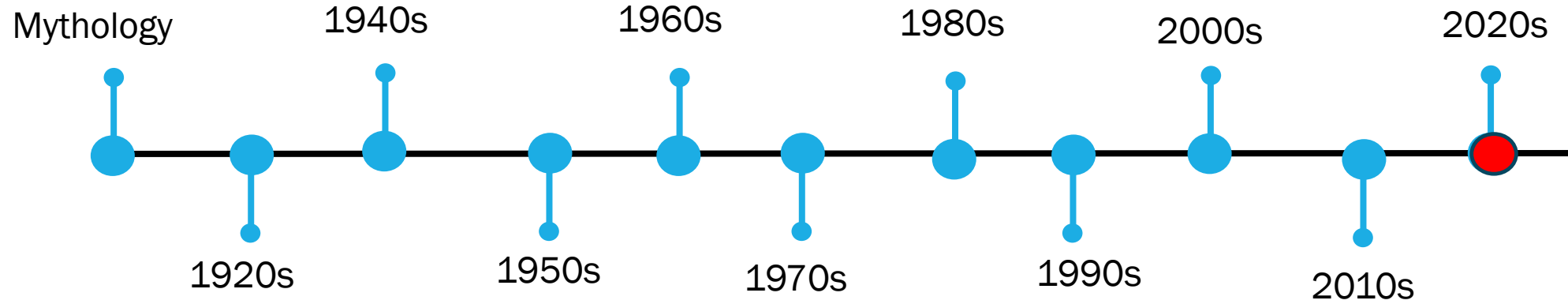
1990s

2010s



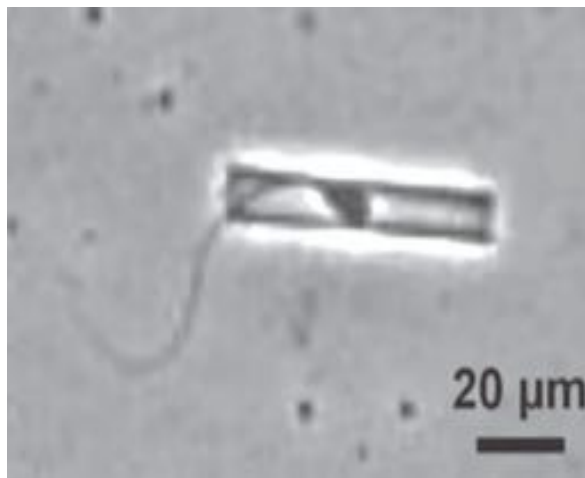
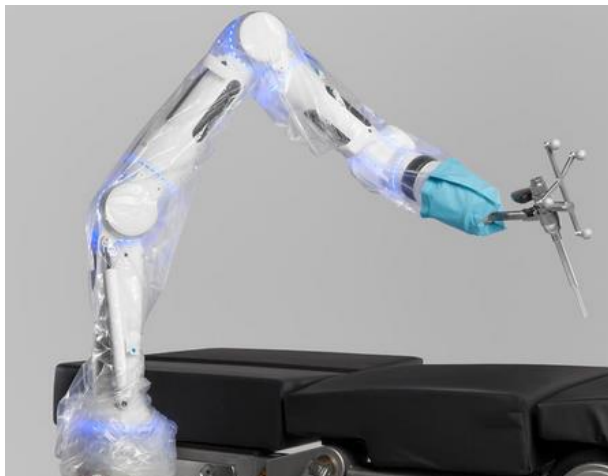
- (2010) Το RP-VITA ρομπότ τηλε-ιατρικής επιτρέπει στους γιατρούς να διαγνώσουν και να γιατρέψουν ασθενείς από απόσταση (ιδιαίτερα χρήσιμο για ανθρώπους σε απομακρυσμένες περιοχές).
- (2013) Η Boston Dynamics παρουσιάζει τον Atlas, ένα ανθρωποειδές ρομπότ που μπορεί να περπατήσει, πηδήξει και να διατηρήσει την ισορροπία του.

ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ



- (2022) Το σύστημα Hominis γίνεται το πρώτο ρομπότ σχεδιασμένο για γυναικολογικές χειρουργικές επεμβάσεις μέσω μίας τομής διακολπικά, αναδεικνύοντας την αυξανόμενη εξειδίκευση και πολυπλοκότητα των ιατρικών ρομπότ
- (2023) Ο Atlas της Boston Dynamics κάνει παρκούρ.

ΤΥΠΟΙ ΡΟΜΠΟΤ ΣΤΗΝ ΙΑΤΡΙΚΗ



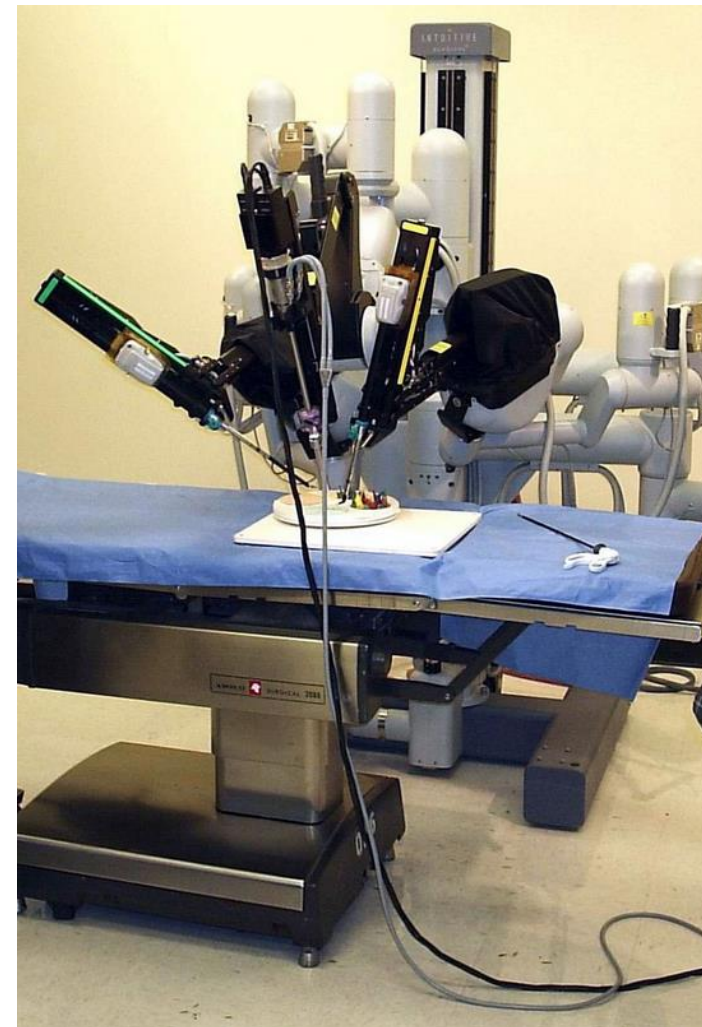
ΧΕΙΡΟΥΡΓΙΚΑ ΡΟΜΠΟΤ

Χειρουργικά Ρομπότ

- ❖ Τα χειρουργικά ρομπότ είναι προηγμένα συστήματα που έχουν σχεδιαστεί για να βοηθούν τους χειρουργούς να εκτελούν πολύπλοκες διαδικασίες με μεγαλύτερη ακρίβεια, έλεγχο και ευελιξία από τις παραδοσιακές τεχνικές. Η χρήση τους βασίζεται σε υπολογιστικά συστήματα, επιτρέποντας ακρίβεια για ελάχιστα επεμβατικές επεμβάσεις.

Το σύστημα Da Vinci

- ❖ Το σύστημα da Vinci είναι το πιο ευρέως διαδεδομένο χειρουργικό ρομπότ παγκοσμίως, με εφαρμογές σε διάφορους τομείς όπως η ουρολογία, η γυναικολογία και η καρδιοχειρουργική.
- ❖ **Κονσόλα χειρουργού:** Όπου ο χειρουργός κάθεται και ελέγχει το ρομπότ χρησιμοποιώντας χειριστήρια χεριών και ποδιών ενώ προβάλλει μια τρισδιάστατη εικόνα υψηλής ευκρίνειας.
- ❖ **Κρεβάτι ασθενούς:** Κρατάει τους ρομποτικούς βραχίονες, που εκτελούν την επέμβαση. Κάθε βραχίονας μπορεί να εξοπλιστεί με εξειδικευμένα εργαλεία (π.χ. νυστέρια, ψαλίδι).
- ❖ **Σύστημα όρασης:** Παρέχει μια μεγεθυμένη, υψηλής ευκρίνειας, τρισδιάστατη άποψη της χειρουργικής περιοχής.
- ❖ **Τεχνολογία:** Το ρομπότ μεταφράζει τις κινήσεις των χεριών του χειρουργού σε μικρότερες, ακριβείς κινήσεις μικροσκοπικών οργάνων μέσα στο σώμα.



Σύστημα Da Vinci

ΡΟΜΠΟΤ ΤΗΛΕ-ΙΑΤΡΙΚΗΣ

- Έχουν σχεδιαστεί για να επιτρέπουν στους γιατρούς και να παρακολουθούν εξ αποστάσεως, να διαγνώσουν και να συμβουλεύουν ασθενείς, ακόμα κι αν βρίσκονται μακριά από το νοσοκομείο ή την κλινική.
- ❖ Είναι εξοπλισμένα με σύστημα βίντεο και ήχου υψηλής ευκρίνειας, που αλληλεπιδρά με ασθενείς, οικογένειες και υγειονομικό προσωπικό εξ αποστάσεως.
- ❖ Μπορούν να μετακινηθούν αυτόνομα σε διαφορετικά δωμάτια ή χώρους μέσα σε ένα νοσοκομείο
- ❖ Μπορούν να ενσωματωθούν με ιατρικές συσκευές και συστήματα πληροφοριών υγείας, επιτρέποντας στους γιατρούς να έχουν πρόσβαση σε ιατρικά δεδομένα ασθενών σε πραγματικό χρόνο από απόσταση.
- ❖ Συνδέουν ειδικούς από διαφορετικές τοποθεσίες, επιτρέποντας την συνεργασία απομακρυσμένων γιατρών για την θεραπεία των ασθενών.



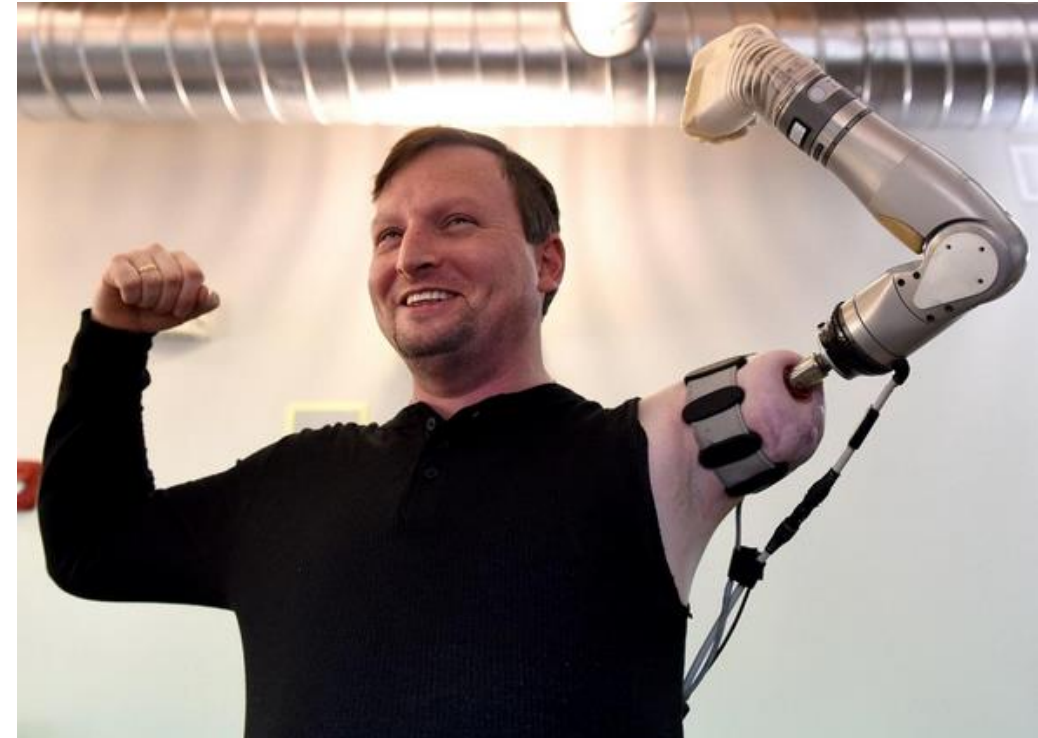
ΕΞΩΣΚΕΛΕΤΟΙ

- Ένας ιατρικός εξωσκελετός είναι μια φορητή ρομποτική συσκευή που είναι σχεδιασμένη για να βοηθάει ασθενής με κινητικά προβλήματα. Μιμείται την φυσική κίνηση των μυών και των αρθρώσεων, παρέχοντας υποστήριξη, δύναμη και κίνηση σε ασθενής με περιορισμένη ή καθόλου κινητικότητα.
- ❖ Χρησιμοποιείται στα πλαίσια φυσικοθεραπείας για ασθενής που πέρασαν κάποιο εγκεφαλικό επεισόδιο, τραυματισμό στην σπονδυλική στήλη ή νευρολογική πάθηση.
- ❖ Βοηθούν ασθενείς με μόνιμα κινητικά προβλήματα να έχουν αυτονομία, επιτρέποντας τους να στέκονται, να περπατάνε και να εκτελούν καθημερινές λειτουργίες.
- ❖ Χρησιμοποιείται για την ενίσχυση της κινητικότητας και τη μείωση της κόπωσης σε ασθενείς με μυϊκές εκφυλιστικές ασθένειες (π.χ. σκλήρυνση κατά πλάκας, μυϊκή δυστροφία).



ΠΡΟΣΘΕΤΙΚΑ ΜΕΛΗ

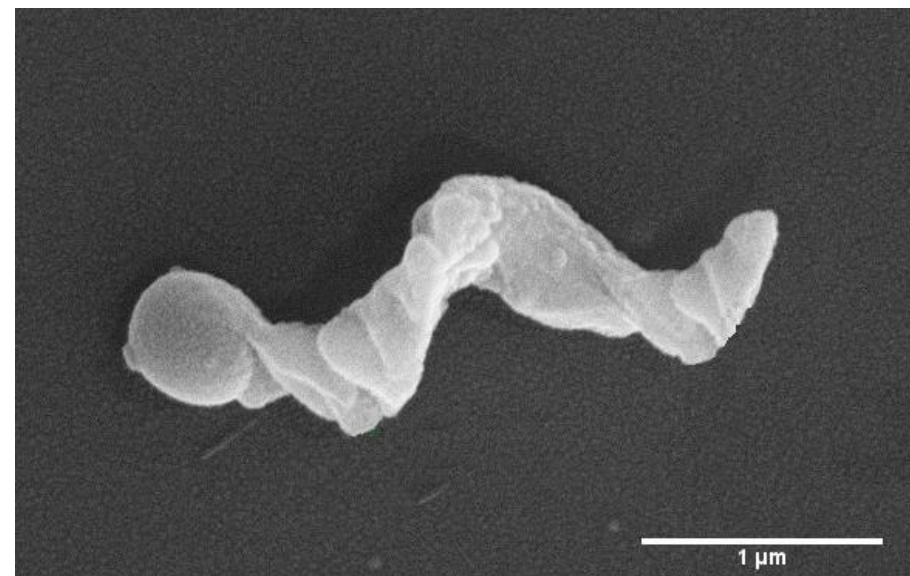
- Τα ρομποτικά προσθετικά μέλη είναι συσκευές που συνδυάζουν μηχανικά εξαρτήματα με αισθητήρες, ενεργοποιητές και μερικές φορές νευρικές διεπαφές για να μιμηθούν τη φυσική λειτουργία των άκρων.
- ❖ Μυοηλεκτρικοί αισθητήρες: Ανιχνεύουν μυϊκές κινήσεις και ηλεκτρικά σήματα στο υπολειπόμενο άκρο για τον έλεγχο του προσθετικού μέλους.
- ❖ Νευρικές διεπαφές: Ορισμένα προηγμένα προσθετικά συνδέονται απευθείας με το νευρικό σύστημα, επιτρέποντας πιο φυσικό έλεγχο..
- ❖ Ενσωμάτωση μηχανικής μάθησης: Ορισμένα προσθετικά άκρα χρησιμοποιούν αλγόριθμους AI για να μάθουν την κίνηση του χρήστη με την πάροδο του χρόνου.



DARPA's LUKE ARM

ΝΑΝΟΡΟΜΠΟΤ

- Τα νανορομπότ είναι μικροσκοπικές μηχανές, συνήθως σε κλίμακα νανομέτρων (nm – μm), σχεδιασμένες να εκτελούν ακριβείς εργασίες σε κυτταρικό ή μοριακό επίπεδο μέσα στο ανθρώπινο σώμα.
- ❖ Παρέχουν φάρμακα απευθείας σε συγκεκριμένα κύτταρα (π.χ. καρκινικά κύτταρα), ελαχιστοποιώντας τις παρενέργειες και αυξάνοντας την αποτελεσματικότητα της θεραπείας.
- ❖ Μπορούν να πλοηγηθούν μέσω της κυκλοφορίας του αίματος ή των ιστών για να εκτελέσουν λεπτές διαδικασίες χωρίς σοβαρή χειρουργική επέμβαση, όπως η εκκαθάριση των αρτηριακών μπλοκαρισμάτων ή η αφαίρεση μικρο-όγκων.
- ❖ Εξοπλισμένα με αισθητήρες μπορούν να ανιχνεύσουν έγκαιρα δείκτες ασθενειών (όπως μη φυσιολογικές πρωτεΐνες ή παθογόνα), παρέχοντας παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο και έγκαιρη διάγνωση.
- ❖ Μπορούν να βοηθήσουν στην επιδιόρθωση κατεστραμμένων ιστών ή κυττάρων, βοηθώντας ενδεχομένως στην επούλωση τραυματισμών ή στην αναγέννηση κατεστραμμένων οργάνων.

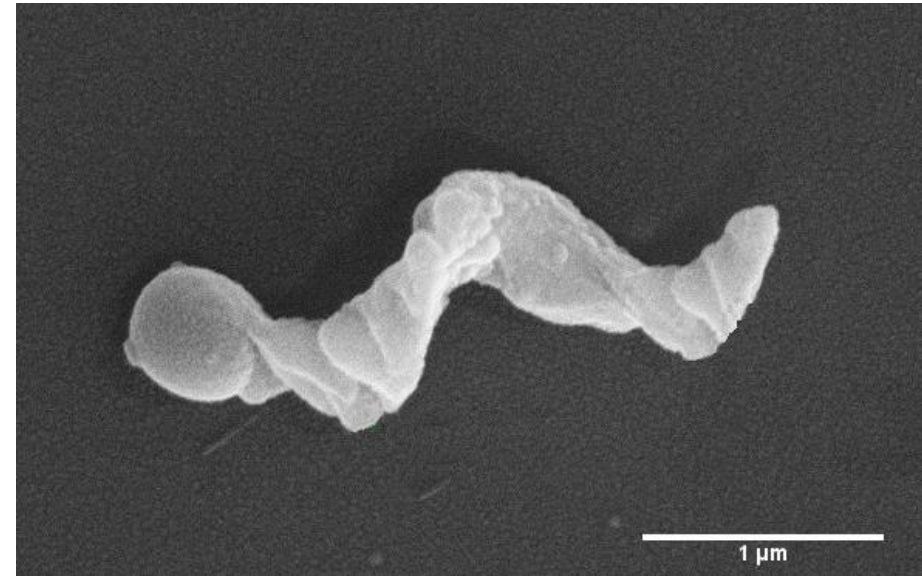


**Εικόνα ηλεκτρονικού
μικροσκοπίου σάρωσης
ενός ελικοειδούς νανο-
κινητήρα**

ΝΑΝΟΡΟΜΠΟΤ

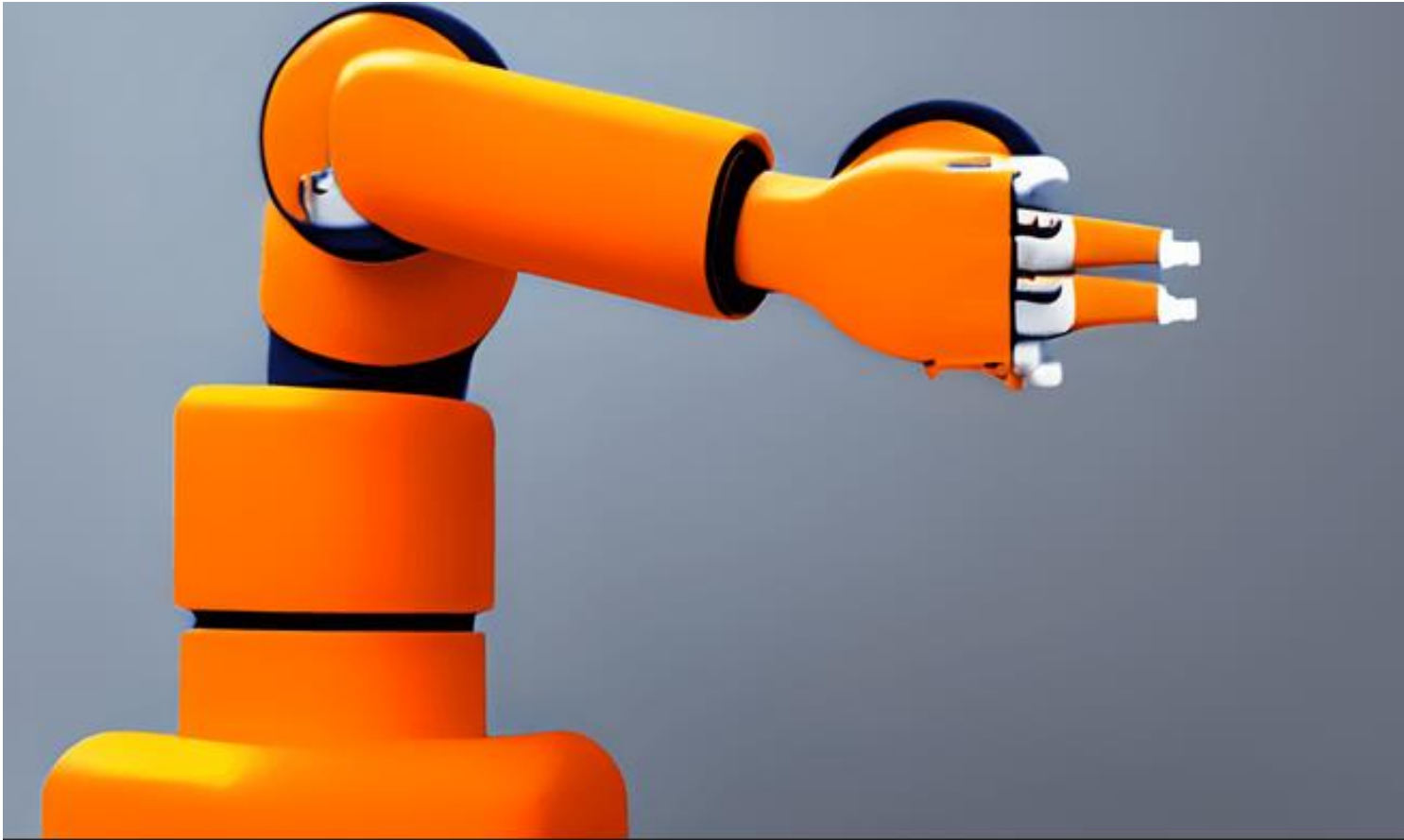
■ ΤΥΠΟΙ ΝΑΝΟ-ΡΟΜΠΟΤ

- ❖ **Βιο-τσιπ:** Η κοινή χρήση νανοηλεκτρονικής, φωτολιθογραφίας και νέων βιοϋλικών παρέχει μια πιθανή προσέγγιση για την κατασκευή νανορομπότ. Θα ενσωματωθούν ως συσκευές νανοηλεκτρονικής, που θα επιτρέπουν τηλε-λειτουργία και προηγμένες δυνατότητες για ιατρικά όργανα
- ❖ **Ελικοειδή:** Η έρευνα οδήγησε στη δημιουργία ελικοειδών σωματιδίων διοξειδίου του πυριτίου επικαλυμμένα με μαγνητικά υλικά που μπορούν να ελιχθούν χρησιμοποιώντας ένα περιστρεφόμενο μαγνητικό πεδίο.
- ❖ **Εμπνευσμένα από ιούς:** Μιμούνται τη δομή των ιών, χρησιμοποιώντας ιικά συστατικά ή αρχές για τη μεταφορά γενετικού υλικού ή φαρμάκων. Αξιοποιούν τη φυσική ικανότητα των ιών να εισέρχονται στα κύτταρα.
- ❖ **Βασισμένα σε βακτήρια:** Αυτή η προσέγγιση προτείνει τη χρήση βιολογικών μικροοργανισμών, όπως το βακτήριο *Escherichia coli* και η *Salmonella typhimurium*. Ελέγχονται συνήθως με εφαρμογή ηλεκτρομαγνητικού πεδίου.



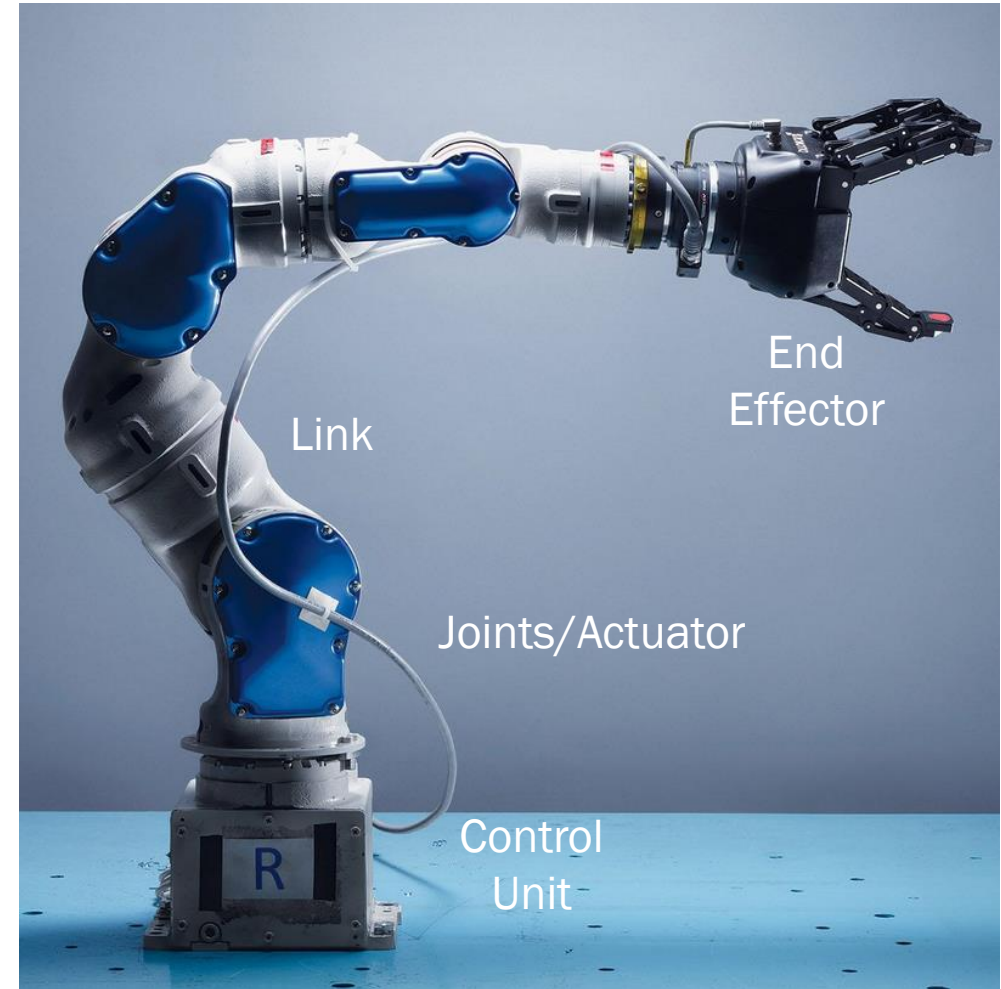
**Εικόνα ηλεκτρονικού
μικροσκοπίου σάρωσης
ενός ελικοειδούς νανο-
κινητήρα**

ΡΟΜΠΟΤΙΚΟΣ ΒΡΑΧΙΟΝΑΣ



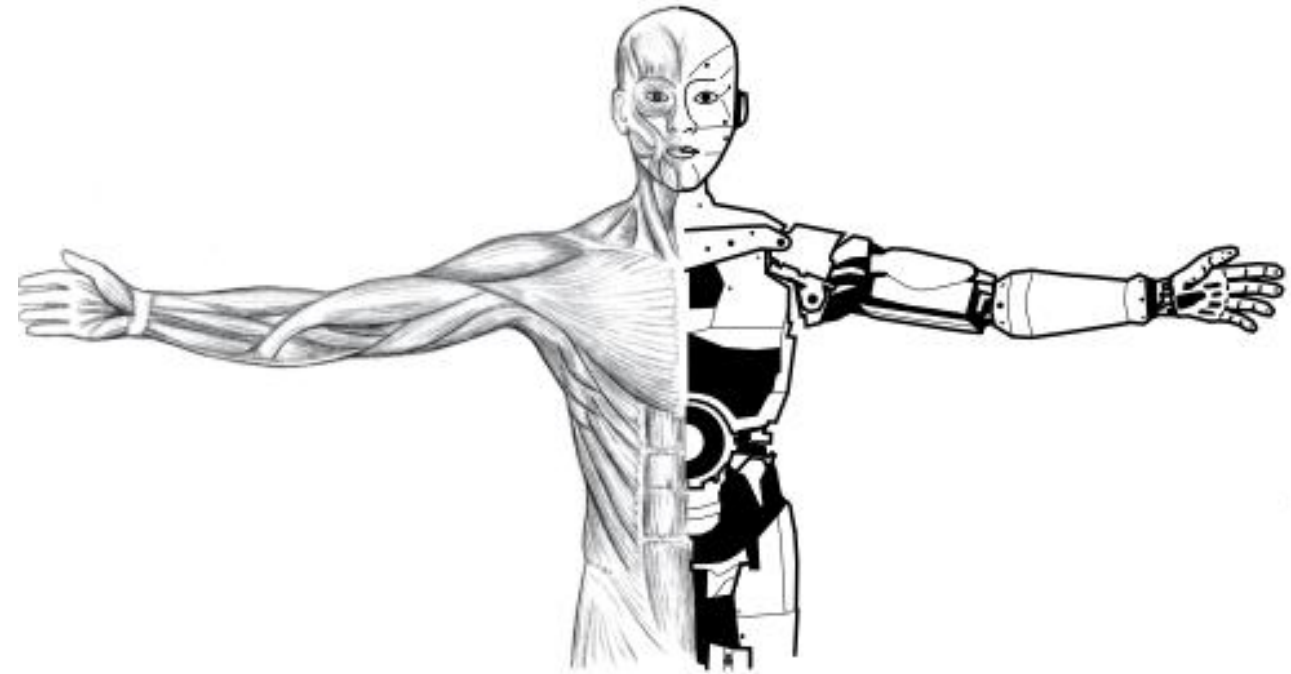
ΜΕΡΗ ΡΟΜΠΟΤΙΚΟΥ ΒΡΑΧΙΟΝΑ

- **Σύνδεσμοι (Links):** Διασυνδεδεμένα στερεά σώματα που απαρτίζουν έναν ρομποτικό βραχίονα.
- **Αρθρώσεις (Joints):** τα σημεία σύνδεσης μεταξύ συνδέσμων, που επιτρέπουν την κίνηση του κάθε συνδέσμου ως προς τον άλλο.
- **Ενεργοποιητές (Actuators):** εξαρτήματα που ελέγχουν τις αρθρώσεις
- **Τελικός Επενεργητής (End Effector):** εξάρτημα που βρίσκεται στο άκρο του ρομποτικού βραχίονα και είναι υπεύθυνο για την εκτέλεση εργασιών.
- **Αισθητήρες (Sensors):** συσκευές που διαβάζουν σήματα στον χώρο και δίνουν πληροφορία στον ρομποτικό βραχίονα για το πως να κινηθεί.
- **Μονάδα ελέγχου (Control Unit):** προγραμματιζόμενο εξάρτημα που δίνει εντολές στους ενεργοποιητές και επεξεργάζεται τα δεδομένα των αισθητήρων.



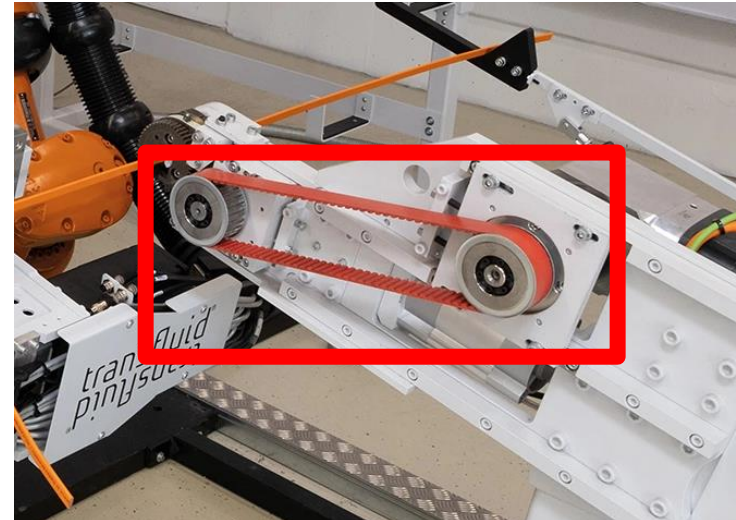
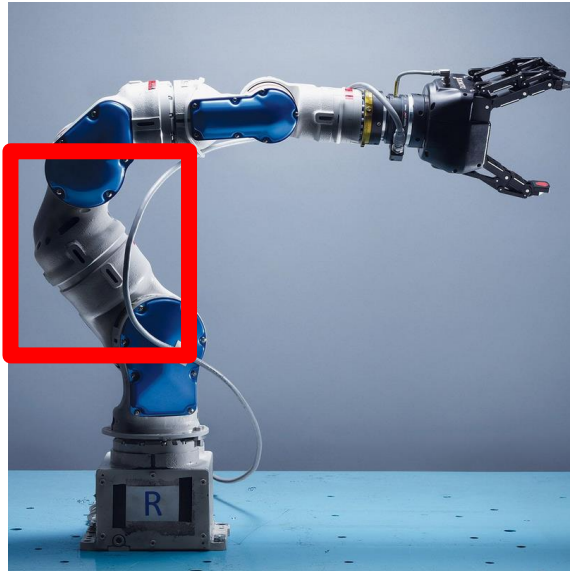
ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΑ ΡΟΜΠΟΤΙΚΟΥ ΒΡΑΧΙΟΝΑ ΜΕ ΤΟ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΣΩΜΑ

ΡΟΜΠΟΤΙΚΟΣ ΒΡΑΧΙΟΝΑΣ	ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΣΩΜΑ
ΣΥΝΔΕΣΜΟΙ	ΟΣΤΑ
ΑΡΘΡΩΣΕΙΣ	ΑΡΘΡΩΣΕΙΣ
ΕΠΕΝΕΡΓΗΤΕΣ	ΜΥΕΣ
ΤΕΛΙΚΟΣ ΕΠΕΝΕΡΓΗΤΗΣ	ΠΑΛΑΜΗ
ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ	ΜΑΤΙΑ
ΜΟΝΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	ΕΓΚΕΦΑΛΟΣ



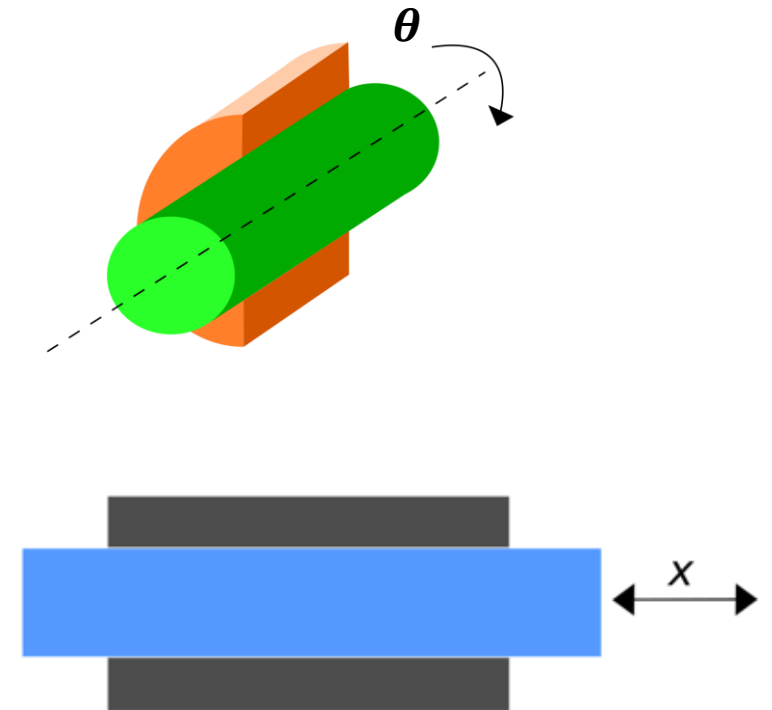
ΣΥΝΔΕΣΜΟΙ (ΤΑ ΟΣΤΑ ΤΟΥ ΡΟΜΠΟΤ)

- Ως σύνδεσμο ορίζουμε ένα μέρος του ρομποτικού βραχίονα που μπορεί να είναι ένα σθεναρό σώμα ή ένας συνδυασμός σθεναρών σωμάτων με άκαμπτες συνδέσεις που παρέχουν σχετική κίνηση με βάση τα άλλα μέρη του ρομπότ.
- Ένας σύνδεσμος ονομάζεται επίσης κινηματικός σύνδεσμος ή και στοιχείο.
- Ένα σθεναρό σώμα είναι εκείνο που δεν αλλάζει την μορφή του όταν μεταφέρει μια δύναμη (σαν τα ανθρώπινα οστά)



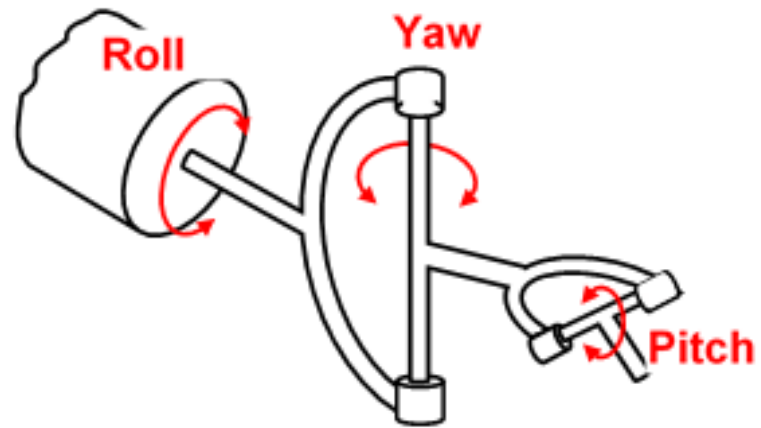
ΑΡΘΡΩΣΕΙΣ (ΟΙ ΑΡΘΡΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΡΟΜΠΟΤ)

- Άρθρωση είναι μια σύνδεση μεταξύ δύο ή περισσότερων συνδέσμων, η οποία επιτρέπει κάποια κίνηση ή δυνητική κίνηση μεταξύ των συνδεδεμένων συνδέσμων. Οι αρθρώσεις ονομάζονται επίσης κινηματικά ζεύγη
- **Περιστροφικές Αρθρώσεις:** Εκτελούν περιστροφική κίνηση (πράσινο χρώμα).
- **Πρισματικές Αρθρώσεις:** Εκτελούν μετατόπιση κατά μήκος ενός άξονα (μπλε χρώμα).



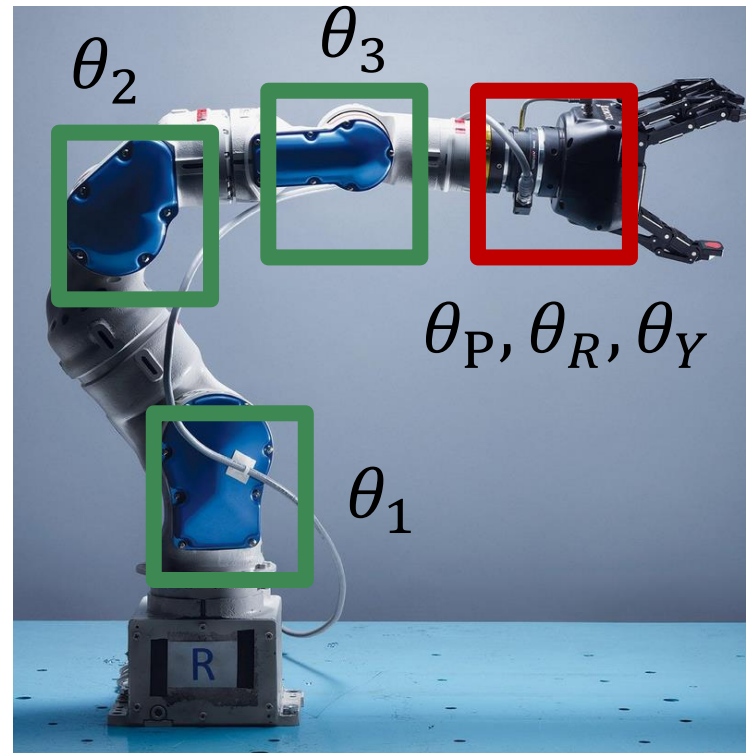
ΑΡΘΡΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΚΑΡΠΟΥ (ΟΙ ΑΡΘΡΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΡΟΜΠΟΤ)

- **Καρπός:** Ο καρπός βρίσκεται αμέσως πριν τον τελικό επενεργητή και κινείται ως προς τρεις γωνίες θ_R , θ_Y , θ_P , που ονομάζονται roll, yaw, pitch.



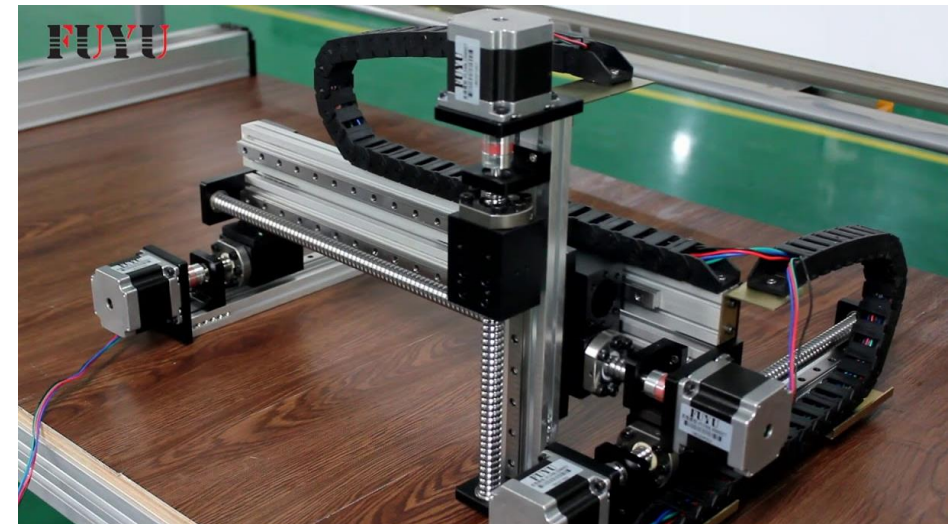
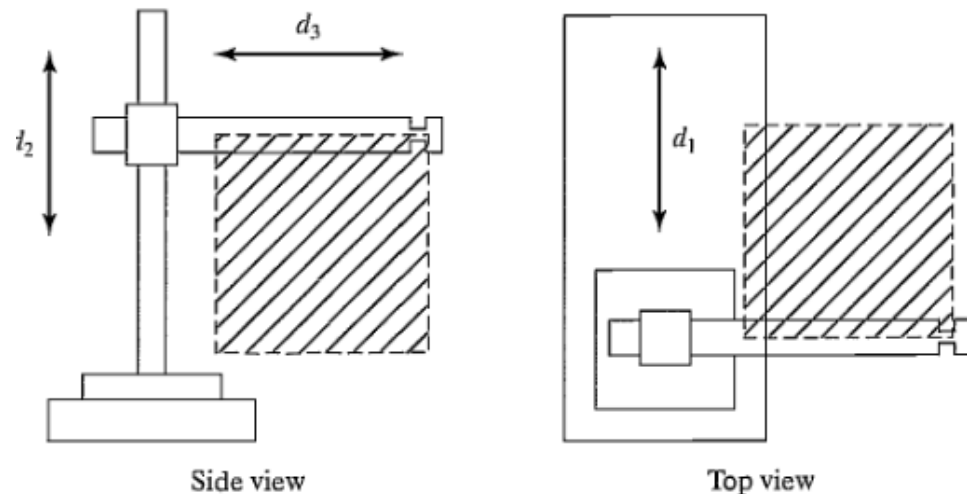
ΒΑΘΜΟΙ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΣ (ΟΙ ΑΡΘΡΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΡΟΜΠΟΤ)

- Βαθμοί ελευθερίας ενός ρομποτικού συστήματος είναι ο αριθμός μεταβλητών που χρειαζόμαστε για να περιγράψουμε όλες τις κινήσεις του.
- Συνήθως ένας ρομποτικός βραχίονας έχει 6 βαθμούς ελευθερίας. Οι τρεις πρώτοι αναφέρονται στην μετατόπιση του βραχίονα από την βάση έως τον καρπό, ενώ οι τρεις τελευταίοι αφορούν τον καρπό.



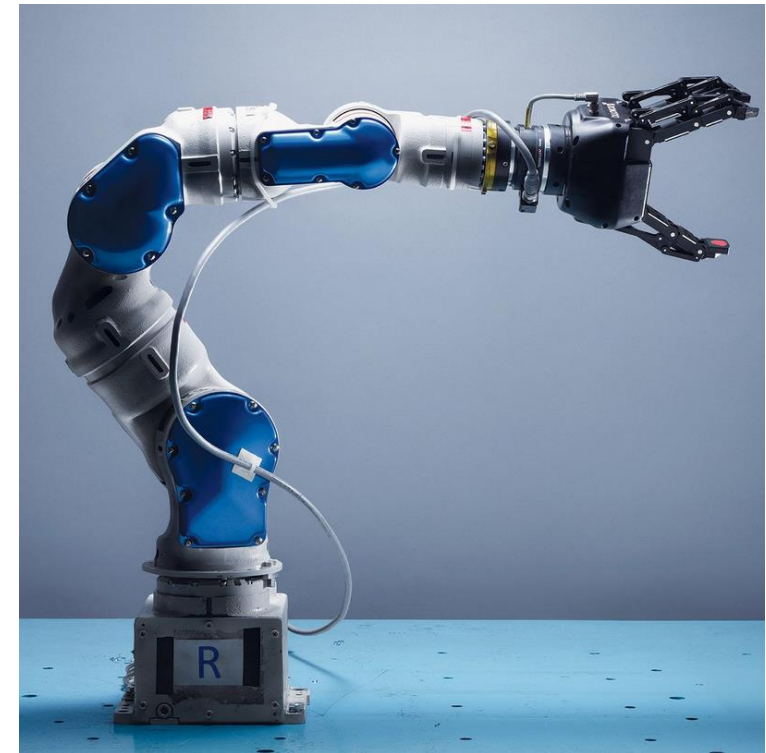
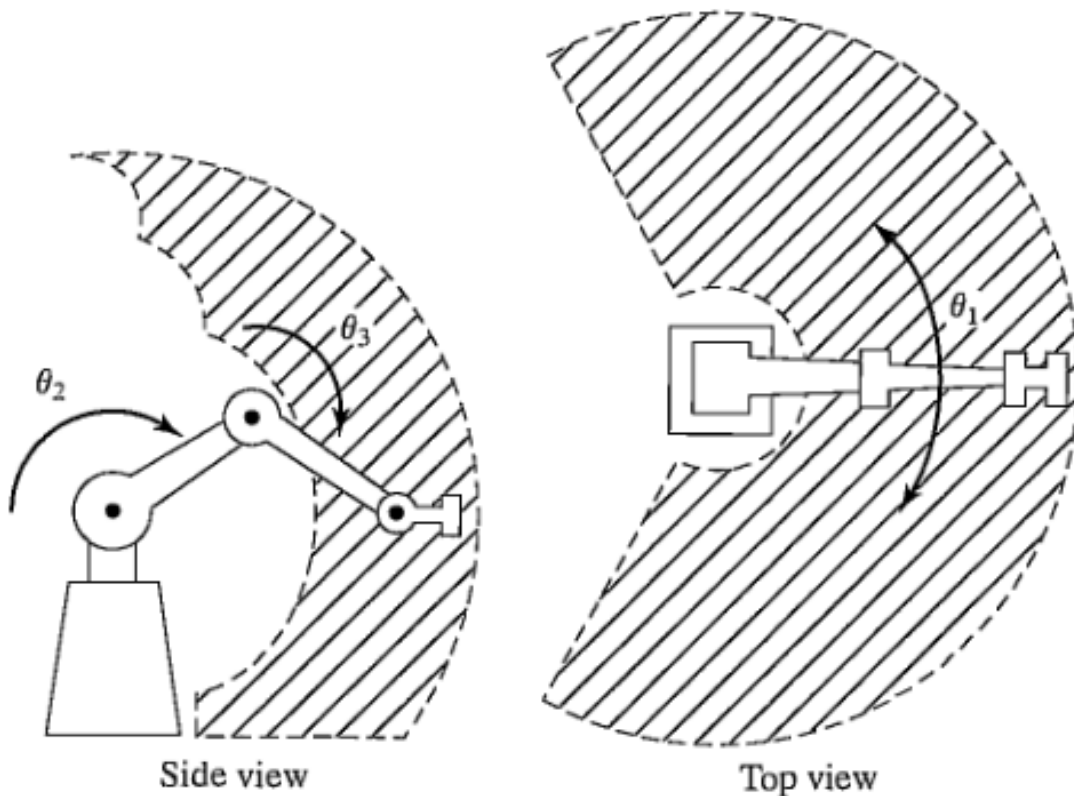
ΤΥΠΟΙ ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗΣ (ΟΙ ΑΡΘΡΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΡΟΜΠΟΤ)

- Ο Καρτεσιανός χειριστής είναι ο πιο απλός τύπος χειριστή και αποτελείται από 3 πρισματικές αρθρώσεις. Οι πρισματικές αρθρώσεις είναι ορθογώνιες η μία ως προς την άλλη και κινούνται ως προς τους άξονες X, Y, Z .
- Αυτή η διάταξη παράγει ρομπότ με πολύ άκαμπτες δομές. Ως εκ τούτου, μπορούν να κατασκευαστούν πολύ μεγάλα ρομπότ. Αυτά τα μεγάλα ρομπότ, που συχνά ονομάζονται ρομπότ γερανογέφυρας, μοιάζουν με γερανογέφυρες. Τα ρομπότ γερανογέφυρας μερικές φορές χειρίζονται ολόκληρα αυτοκίνητα ή επιθεωρούν ολόκληρα αεροσκάφη.



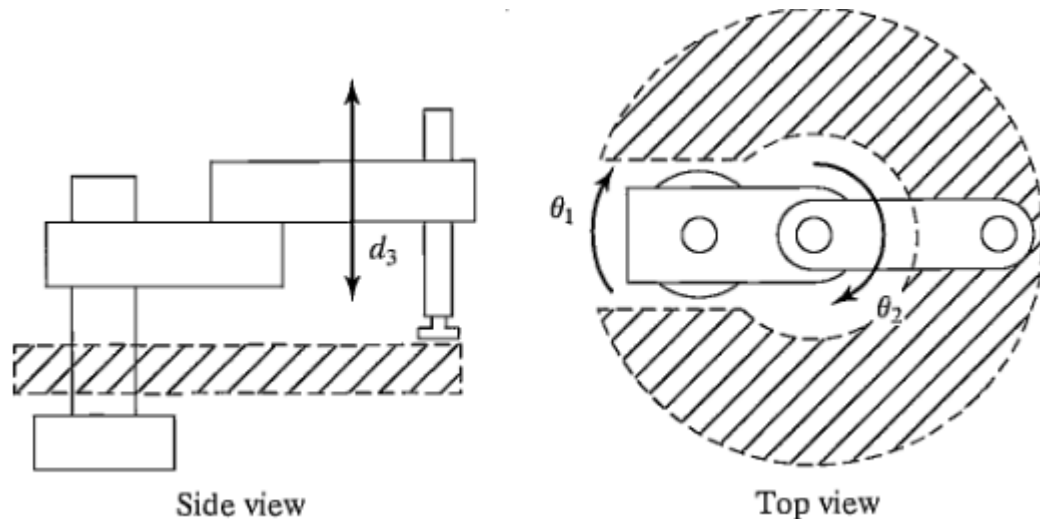
ΤΥΠΟΙ ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗΣ (ΟΙ ΑΡΘΡΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΡΟΜΠΟΤ)

- Ο ανθρωπόμορφος χειριστής αποτελείται από 3 περιστροφικές αρθρώσεις. Δύο αρθρώσεις «ώμου» και μία άρθρωση αγκώνα κατ' αναλογία με το ανθρώπινο χέρι.
- Απαιτούν λιγότερη συνολική δομή από τους Καρτεσιανούς χειριστές καθιστώντας τα πιο οικονομικά και κατάλληλα για περιορισμένους χώρους εργασίας.



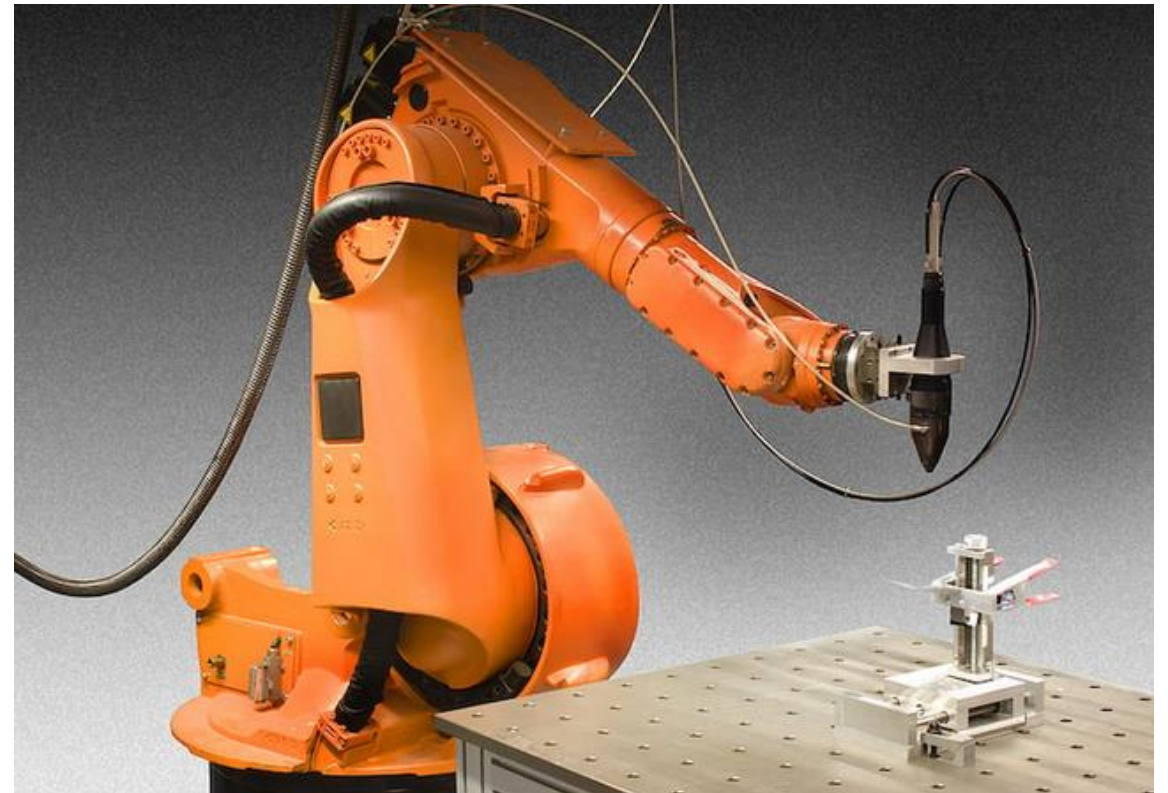
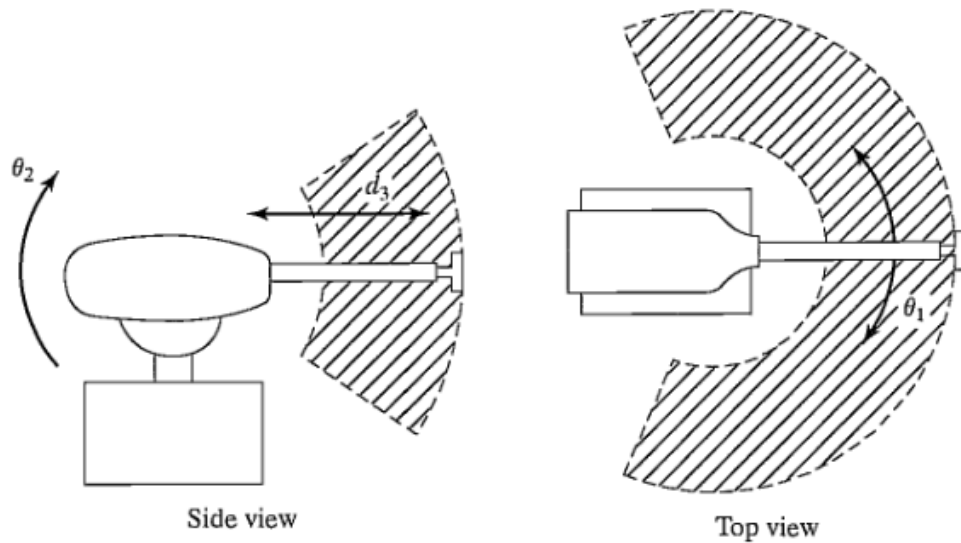
ΤΥΠΟΙ ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗΣ (ΟΙ ΑΡΘΡΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΡΟΜΠΟΤ)

- Ο χειριστής SCARA (Selectively Compliant Assembly Robot Arm) αποτελείται από 3 περιστροφικές αρθρώσεις και μία πρισματική στον τελικό επενεργητή.
- Οι τρεις πρώτες αρθρώσεις καλύπτουν έναν επίπεδο χώρο. Αυτή η δομή λοιπόν είναι καταλληλότερη για επίπεδους χώρους εργασίας.
- Το κύριο πλεονέκτημα είναι ότι οι πρώτες τρεις αρθρώσεις δεν χρειάζεται να υποστηρίξουν το βάρος του χειριστή ή του φορτίου.
- Οι επενεργητές μπορούν να γίνουν αρκετά μεγάλοι, επομένως μπορεί να κινηθεί πολύ γρήγορα (έως και 10 φορές πιο γρήγορα από τον ανθρωπόμορφο χειριστή).



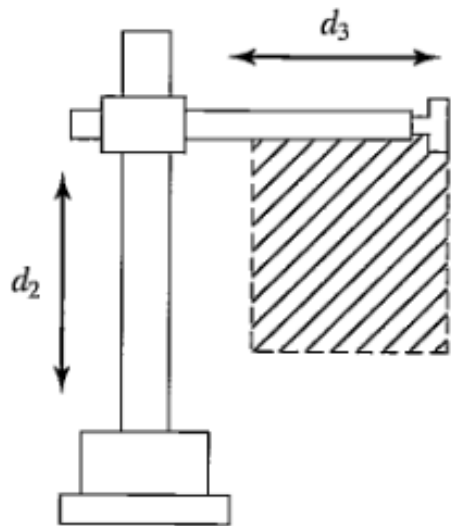
ΤΥΠΟΙ ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗΣ

- Ο σφαιρικός χειριστής αποτελείται από 2 περιστροφικές αρθρώσεις και μία πρισματική. Πρακτικά είναι σαν τον ανθρωπόμορφο, μόνο που αντικαθίσταται η άρθρωση αγκώνα από μια πρισματική άρθρωση. Ακολουθείται από τον καρπό του τελικού επενεργητή.

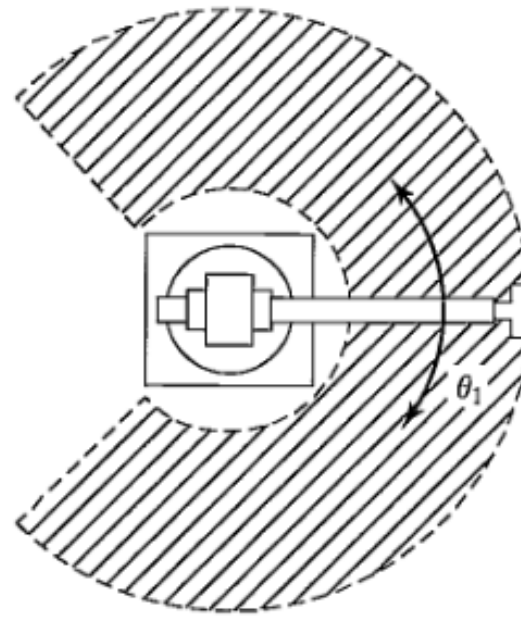


ΤΥΠΟΙ ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗΣ (ΟΙ ΑΡΘΡΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΡΟΜΠΟΤ)

- Ο κυλινδρικός χειριστής αποτελείται από μία πρισματική άρθρωση που μετακινεί τον βραχίονα κάθετα, μία περιστροφική άρθρωση με κάθετο άξονα και μία ακόμη πρισματική άρθρωση για μετακίνηση στον οριζόντιο άξονα. Στο άκρο της τελευταίας άρθρωσης τοποθετείται ο καρπός.



Side view



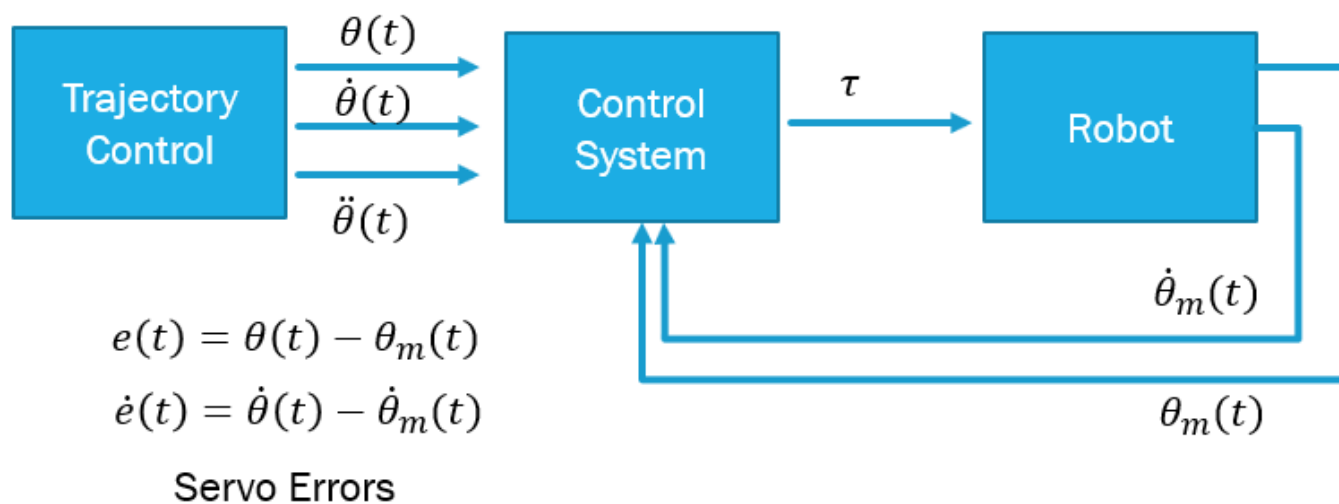
Top view



ΡΟΜΠΟΤΙΚΟΙ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΤΕΣ (ΟΙ ΜΥΕΣ ΤΟΥ ΡΟΜΠΟΤ)

Οι ηλεκτρικοί ρομποτικοί ενεργοποιητές παράγουν κίνηση σε ρομποτικά συστήματα, μετατρέποντας την παρεχόμενη ηλεκτρική ενέργεια σε μηχανική κίνηση και είναι υπεύθυνοι για τον έλεγχο των αρθρώσεων.

- ❖ DC Κινητήρες : Εκτελούν μια δεδομένη κίνηση (στροφή μετατόπιση). Η ταχύτητα ρυθμίζεται από την τάση που εφαρμόζεται.
- ❖ Βηματικοί Κινητήρες: Προσφέρουν έλεγχο της μετακίνησης, χωρίς όμως ανάδραση.
- ❖ Servo κινητήρες: Έχουν αισθητήρες θέσης και κίνησης που δίνουν πληροφορία για την απόκλιση από την επιθυμητή θέση, με βάση την οποία εκτελούν την κίνηση.



Servo Κινητήρας

ΡΟΜΠΟΤΙΚΟΙ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΤΕΣ (ΟΙ ΜΥΕΣ ΤΟΥ ΡΟΜΠΟΤ)

- Υδραυλικοί Ενεργοποιητές: Χρησιμοποιούν πιεσμένο υγρό (νερό ή λάδι) για να παραχθεί κίνηση. Παράγουν πολύ μεγάλες δυνάμεις, αλλά απαιτούν βαλβίδες, αντλίδες, δεξαμενές, έχουν μεγάλο μέγεθος, ακριβή συντήρηση και είναι λιγότερο ακριβείς από τους ηλεκτρικούς.
- Πνευματικοί Ενεργοποιητές: Χρησιμοποιούν πιεσμένο αέρα και παράγουν μόνο γραμμική κίνηση. Ελαφροί, απλοί οικονομικοί, αλλά λιγότερο ακριβείς από τους ηλεκτρικούς.
- Πιεζοηλεκτρικοί Ενεργοποιητές: Η εφαρμογή τάσης δημιουργεί διαστολή ή συστολή σε υλικά παράγοντας κίνηση. Πολύ ακριβείς, αλλά απαιτούν μεγάλες τάσεις συνήθως.
- Ενεργοποιητές με κράματα μνήμης σχήματος (SMA): Θυμούνται την αρχική τους μορφή και επανέρχονται σε αυτή όταν θερμαίνονται. Αθόρυβοι, μικροί, αλλά με χαμηλό χρόνο ζωής και περιορισμένη αντοχή.
- Μαγνητικοί Ενεργοποιητές: Δημιουργούν κίνηση με την εφαρμογή μαγνητικού πεδίου. Κατάλληλοι για μετακίνηση αντικειμένων χωρίς επαφή. Απαιτούν ισχυρά μαγνητικά πεδία και είναι λιγότερο ευρέως διαδεδομένοι.

ΡΟΜΠΟΤΙΚΟΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ (ΤΑ ΜΑΤΙΑ ΤΟΥ ΡΟΜΠΟΤ)

Ο συνεχώς εξελισσόμενος κόσμος της ρομποτικής βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στη τεχνολογία των αισθητήρων. Όπως ακριβώς οι ανθρώπινες αισθήσεις μας παρέχουν πλήθος πληροφοριών για το περιβάλλον μας, έτσι και οι αισθητήρες εκτελούν την ίδια λειτουργία για τα ρομπότ.

■ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΕΓΓΥΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΑΠΟΣΤΑΣΗΣ

- ❖ **Υπερηχητικοί αισθητήρες:** χρησιμοποιούν υπερήχους όπως οι νυχτερίδες για να μετρήσουν τον χρόνο που η ηχώ κάνει για να επιστρέψει (σκούπες ρομπότ).
- ❖ **Υπέρυθροι αισθητήρες:** εκπέμπουν υπέρυθρη ακτινοβολία και εντοπίζουν την αντανάκλαση για να μετρήσουν την απόσταση.
- ❖ **LIDAR :** Συνδυάζουν τις αρχές των radar και των laser για να παράγουν λεπτομερή 3D αναπαράσταση του χώρου.

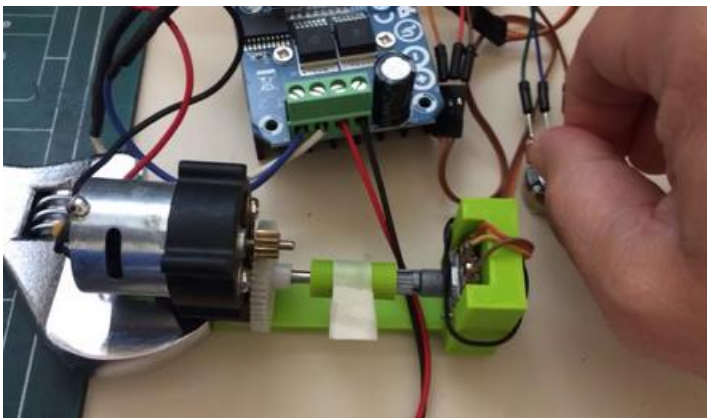
■ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΟΡΑΣΗΣ

- ❖ **Κάμερες :** Με κάμερες λαμβάνουν τα ρομπότ εικόνα του χώρου, που επεξεργάζονται με αλγορίθμους υπολογιστικής όρασης.
- ❖ **Θερμικές κάμερες:** Ανιχνεύουν υπέρυθρη ακτινοβολία και έτσι ανιχνεύουν πηγές θερμότητας.
- ❖ **Στερεοσκοπικές κάμερες :** Δύο κάμερες που προσφέρουν την αίσθηση του βάθους μέσω της διαδικασία της τριγωνοποίησης, όπως γίνεται με την όραση των ανθρώπων.

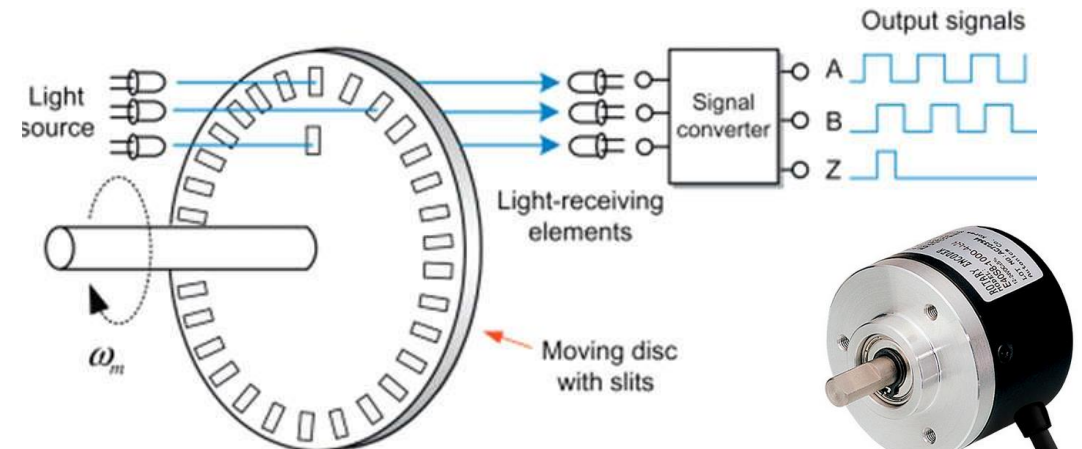
ΡΟΜΠΟΤΙΚΟΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ (ΤΑ ΜΑΤΙΑ ΤΟΥ ΡΟΜΠΟΤ)

■ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΘΕΣΗΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗΣ

- ❖ **Αισθητήρες θέσης (κωδικοποιητές και ποτενσιόμετρα):** Οι κωδικοποιητές (οπτικοί ή μαγνητικοί) μετράνε την ακριβή θέση του κινητήρα των ρομπότ και την μετατρέπουν σε ψηφιακό σήμα. Χρησιμοποιούνται κατά κόρον σε σερβο-κινητήρες. Τα ποτενσιόμετρα είναι απλές συσκευές σε βασικούς σερβο-μηχανισμούς που μετρούν την γωνία του κινητήρα περιστροφής. Προσφέρουν ένα αναλογικό σήμα για τον έλεγχο του συστήματος.
- ❖ **Επιταχυνσιόμετρα :** Μετρούν αλλαγές στην ταχύτητα και είναι σημαντικά για τον καθορισμό του προσανατολισμού των ρομπότ.
- ❖ **Γυροσκόπια :** Μετράνε την γωνιακή ταχύτητα των ρομπότ και είναι σημαντικά για την διατήρηση της ισορροπίας του ρομπότ.
- ❖ **Μονάδες μέτρησης αδράνειας (Inertia Measuring Units – IMU) :** Συνδυάζουν επιταχυνσιόμετρα και γυροσκόπια.



Potentiometer



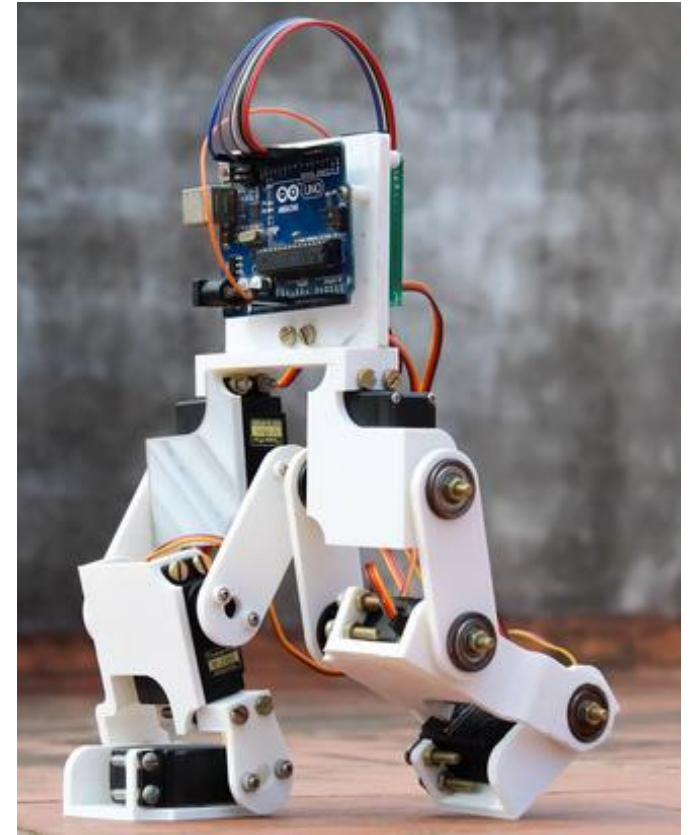
Encoder



ΜΟΝΑΔΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ (ΤΟ ΜΥΑΛΟ ΤΟΥ ΡΟΜΠΟΤ)

Οι μονάδες ελέγχου συλλέγουν δεδομένα από τους αισθητήρες των ρομπότ και με βάση την επιθυμητή εργασία υπολογίζουν την απαιτούμενη τροχιά των κινητήρων.

- ❖ **Μικρο-ελεγκτές** : Arduino, PIC series, STM32. Χρησιμοποιούνται για απλά ρομπότ και για συστήματα αυτοματισμού μικρής κλίμακας.
- ❖ **Ψηφιακοί Επεξεργαστές Σημάτων (DSP)** : Texas Instruments TMS320 series. Οι DSPs είναι εξειδικευμένοι επεξεργαστές σχεδιασμένοι ώστε να χειρίζονται μαθηματικές πράξεις ανάλυσης σήματος (φιλτράρισμα, μετασχηματισμοί Fourier).
- ❖ **Προγραμματιζόμενη Λογική Συστοιχία Πεδίου (FPGA)** : Xilinx, Altera/Intel Stratix. Τα FPGAs είναι επαναπρογραμματιζόμενες συσκευές υλικού που μπορούν να προγραμματιστούν για να εκτελούν πολλαπλές λειτουργίες παράλληλα.
- ❖ **Programmable Logic Controllers (PLCs)** : Siemens S7, Allen-Bradley ControlLogix. Οι PLC (Programmable Logic Controllers) είναι υπολογιστές που χρησιμοποιούνται για την αυτοματοποίηση ηλεκτρομηχανικών διαδικασιών. Ιδανικά για «σκληρά» περιβάλλοντα με δονήσεις, κραδασμούς, μεγάλες δυνάμεις. Κατάλληλα για τον έλεγχο ρομποτικών βραχιόνων, ταινιών μεταφοράς και άλλων μηχανημάτων.



Ρομπότ ελεγχόμενο από Arduino

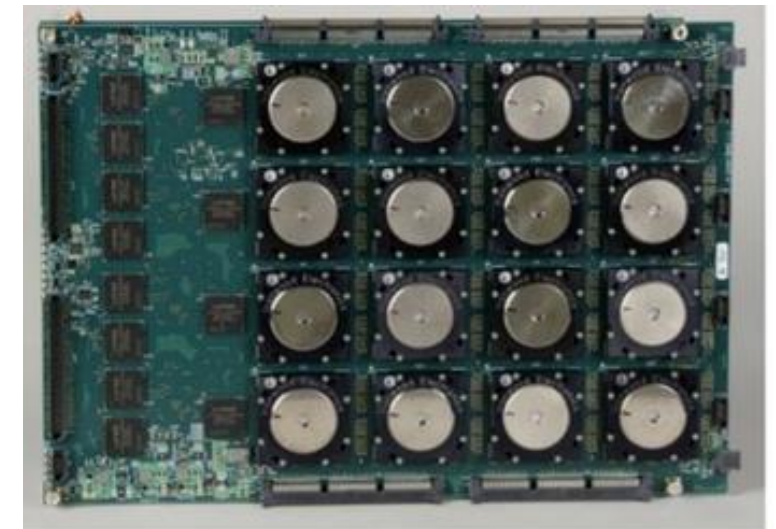
ΜΟΝΑΔΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ (ΤΟ ΜΥΑΛΟ ΤΟΥ ΡΟΜΠΟΤ)

- ❖ Προγραμματιζόμενες Μονάδες Γραφικών (GPUs): NVIDIA GPUs (NVIDIA Jetson TX2, Xavier), AMD Radeon. Οι GPUs είναι εξειδικευμένοι επεξεργαστές σχεδιασμένοι για παράλληλη επεξεργασία εικόνων και βίντεο. Χρησιμοποιούνται σε ρομπότ με απαιτητικό AI, μηχανική μάθηση και υπολογιστική όραση, όπως αυτόνομα αυτοκίνητα, drones και προηγμένα ρομπότ υπηρεσιών.
- ❖ Νευρομορφικοί Επεξεργαστές: True North (IBM), Loihi (Intel). Μία νέα κατηγορία επεξεργαστών που το υλικό μιμείται την συνδεσμολογία και την λειτουργία των ανθρώπινων νευρώνων. Εξειδικεύονται στην εκτέλεση νευρωνικών δικτύων με τρόπο παρόμοιο με εκείνον που παρατηρείται στον ανθρώπινο εγκέφαλο. Προσφέρουν έως και 1000 φορές μικρότερη κατανάλωση από τις CPU αλλά είναι ακόμα κατά κύριο λόγο σε ερευνητικό στάδιο. Κατάλληλα για ρομπότ με μεγάλες απαιτήσεις σε AI και μικρή ενεργειακή κατανάλωση.

NVIDIA JETSON TX2



IBM True North



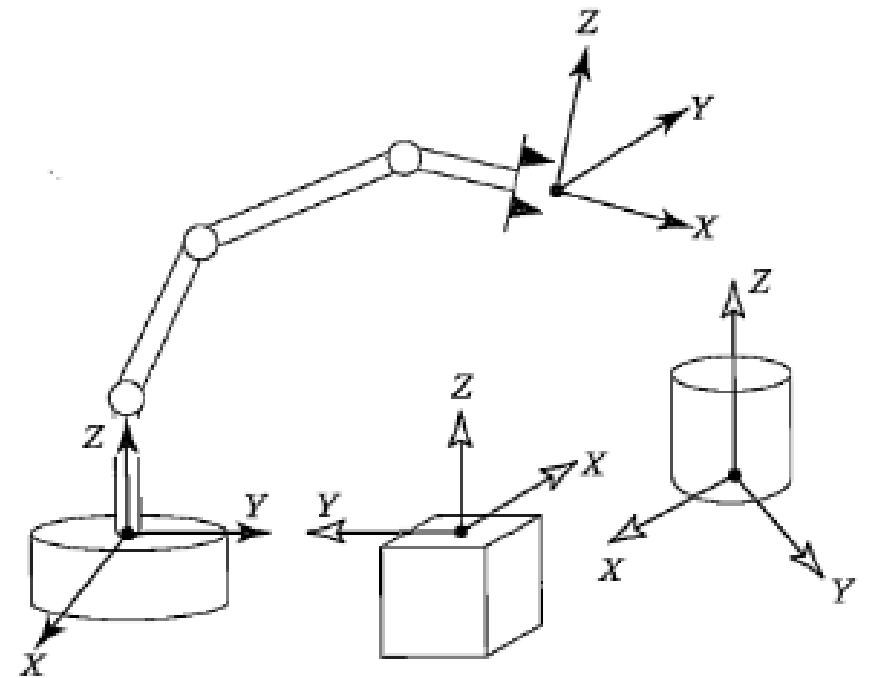
ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

- ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΘΕΣΗΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗΣ
- ΟΡΘΗ ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗ
- ΑΝΑΣΤΡΟΦΗ ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗ
- ΤΑΧΥΤΗΤΑ, ΣΤΑΤΙΚΕΣ ΔΥΝΑΜΕΙΣ, ΜΟΝΑΔΙΚΟΤΗΤΑ
- ΔΥΝΑΜΙΚΗ
- ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΡΟΧΙΑΣ
- ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΟΡΑΣΗ



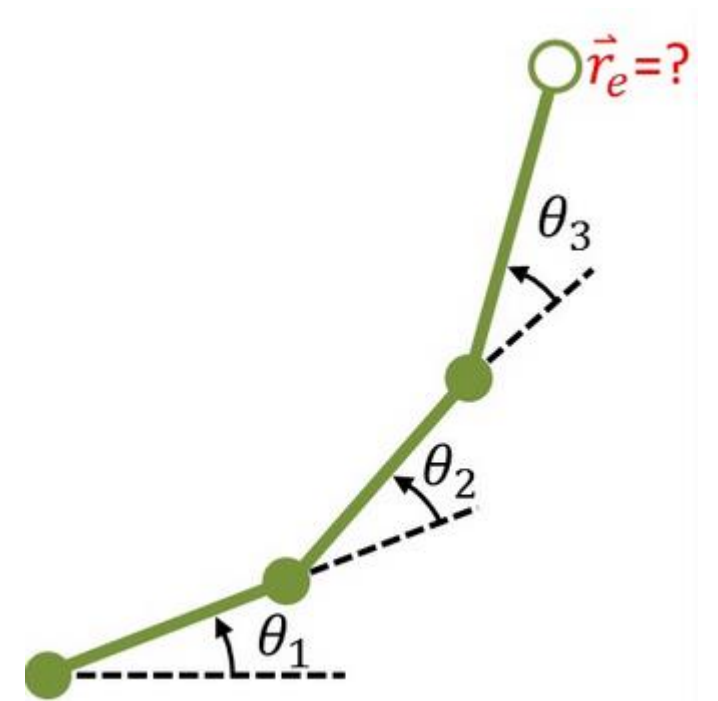
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΘΕΣΗΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗΣ

- Επανάληψη βασικών μαθηματικών εννοιών (διανύσματα, πίνακες, αλλαγή συντεταγμένων, ιδιο-τιμές, ιδιο-διανύσματα, SVD).
- Έννοιες θέσης, προσανατολισμού, πλαισίων.
- Αλλαγή περιγραφής ανάμεσα σε συστήματα συντεταγμένων.
- Εξισώσεις μετασχηματισμού.



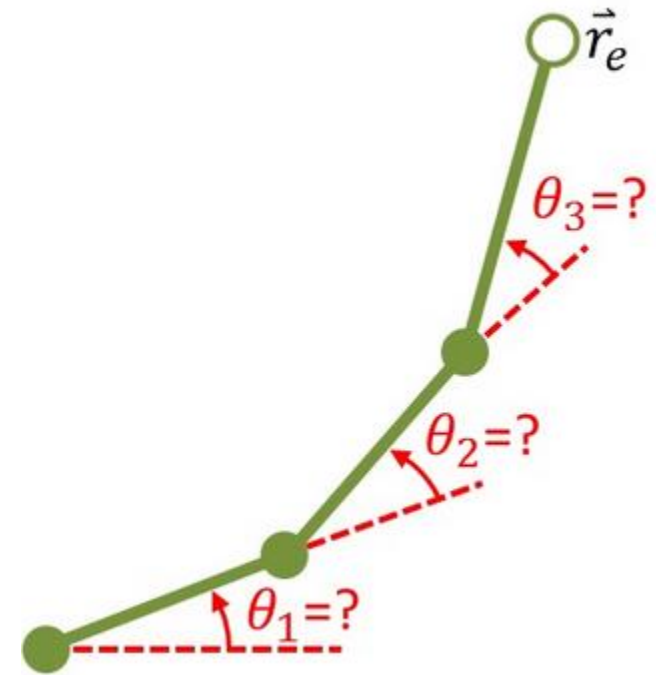
ΟΡΘΗ ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗ ΤΟΥ ΡΟΜΠΟΤΙΚΟΥ ΒΡΑΧΙΟΝΑ

- Ένα πολύ βασικό πρόβλημα στη μελέτη της μηχανικής χειρισμού ονομάζεται πρόβλημα **ορθής κινηματικής** (forward kinematics). Πρόκειται για το στατικό πρόβλημα υπολογισμού της θέσης και του προσανατολισμού του τελικού επενεργητή. Συγκεκριμένα, δεδομένου ότι γνωρίζουμε τις γωνίες και τις μετατοπίσεις όλων των αρθρώσεων, το πρόβλημα ορθής κινηματικής είναι να υπολογιστεί η θέση και ο προσανατολισμός του τελικού επενεργητή ως προς ένα σταθερό σύστημα συντεταγμένων (βάσης).
- Πρόκειται για αντιστοίχιση από τον χώρο αναπαράστασης των αρθρώσεων στο καρτεσιανό χώρο αναπαράστασης.
- Απαιτείται για να μάθουμε που βρίσκεται μια δεδομένη στιγμή ο τελικός επενεργητής στο χώρο.



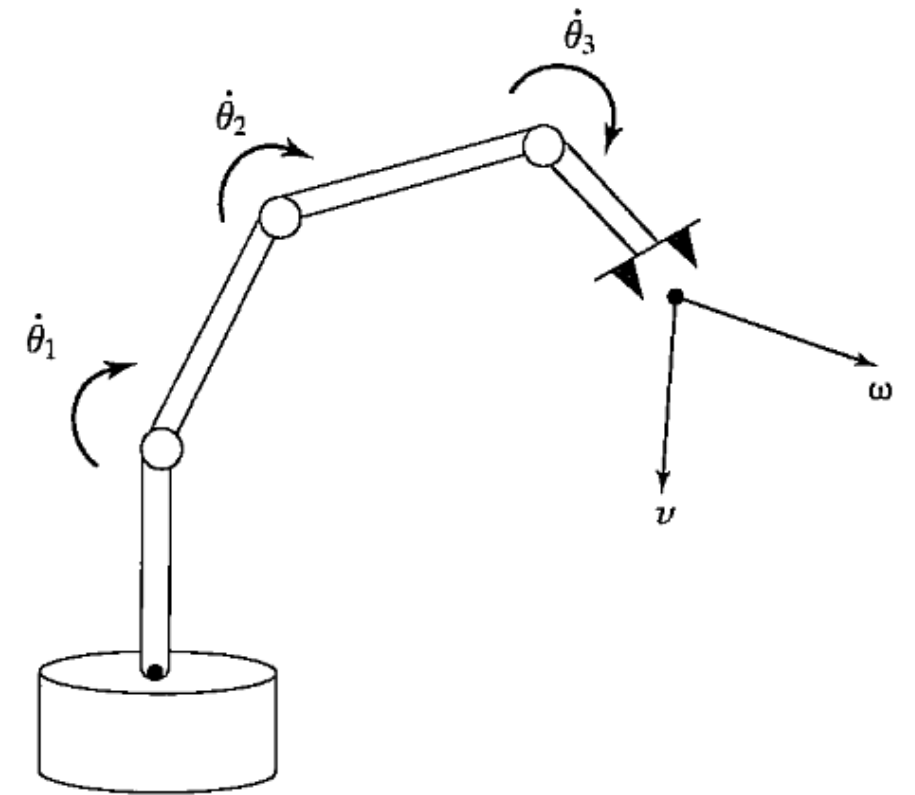
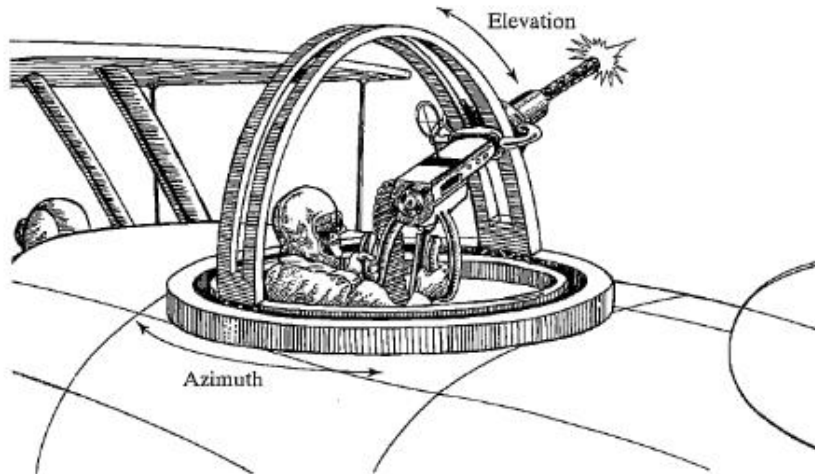
ΑΝΑΣΤΡΟΦΗ ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗ ΤΟΥ ΡΟΜΠΟΤΙΚΟΥ ΒΡΑΧΙΟΝΑ

- Πρόκειται για το ανάποδο πρόβλημα από την ορθή κινηματική. Ξέρουμε την θέση του τελικού επενεργητή και θέλουμε να μάθουμε ποιες είναι οι γωνίες και οι μετατοπίσεις των αρθρώσεων.
- Πρόκειται για αντιστοίχιση από τον καρτεσιανό χώρο αναπαράστασης στον χώρο αναπαράστασης των αρθρώσεων.
- Δεν είναι τόσο απλό πρόβλημα όσο η ορθή κινηματική. Οι ανάστροφες εξισώσεις κινηματικής είναι κατά βάση μη γραμμικές και η εύρεση λύσης σε κλειστή μορφή δεν είναι πάντα εύκολη ή δυνατή. Εγείρονται ερωτήσεις για την ύπαρξη λύσης ή για την ύπαρξη πολλαπλών λύσεων.
- Η ύπαρξη ή μη λύσεων στο πρόβλημα ανάστροφης κινηματικής ορίζει τον **χώρο εργασίας (workspace)**.



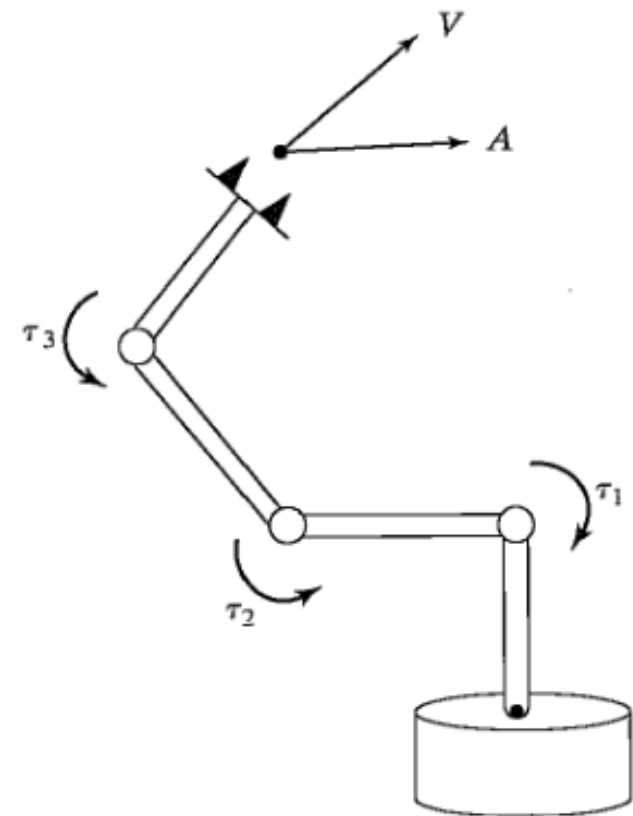
ΤΑΧΥΤΗΤΑ, ΣΤΑΤΙΚΕΣ ΔΥΝΑΜΕΙΣ, ΜΟΝΑΔΙΚΟΤΗΤΑ

- Ορίζουμε την Ιακωβιανή που είναι ένας μετασχηματισμός της αναπαράστασης από τον χώρο ταχυτήτων των αρθρώσεων στον καρτεσιανό χώρο ταχυτήτων του τελικού επενεργητή.
- Σε μερικά σημεία που λέγονται singularities (μοναδικότητες), αυτός ο μετασχηματισμός δεν είναι αναστρέψιμος.
- Σε μερικές εργασίες πρέπει να ασκήσουμε πίεση με τον επενεργητή πάνω σε μια επιφάνεια. Τι ροπή πρέπει να έχουν οι αρθρώσεις για την επιθυμητή δύναμη και ορμή του επενεργητή; Και στο σημείο η Ιακωβιανή θα δώσει την λύση.



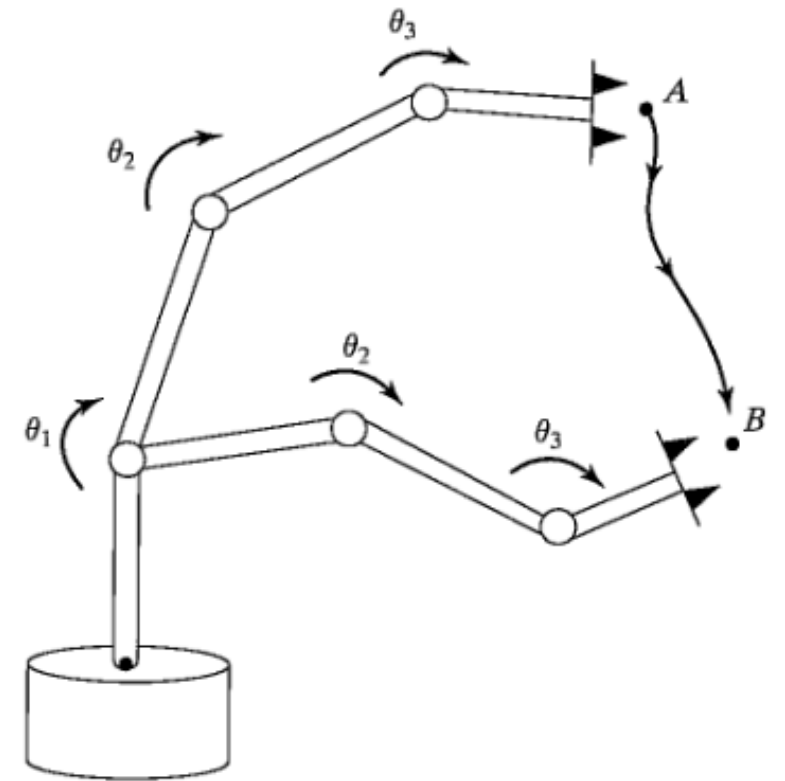
ΔΥΝΑΜΙΚΗ

- Τα δυναμικά συστήματα μας χρειάζονται για να δούμε πως ο τελικός επενεργητής θα επιταχύνει, θα αναπτύξει σταθερή ταχύτητα και θα επιβραδύνει για να φτάσει στο επιθυμητό σημείο.
- Πολλοί από εμάς έχουμε βιώσει την περίπτωση που πάμε να σηκώσουμε ένα αντικείμενο που είναι πιο ελαφρύ ή πιο βαρύ από ότι περιμέναμε. Επομένως απαιτείται αναπροσαρμογή της δύναμης που θέλουμε να ασκήσουμε.
- Θα αναφέρουμε τις δυναμικές εξισώσεις που περιγράφουν την κίνηση του βραχίονα, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να τον ελέγξουμε και να τον προσομοιώσουμε.



ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΡΟΧΙΑΣ

- Ένα κοινός τρόπος να κινηθεί το ρομπότ από εδώ – εκεί με ομαλό και καλώς ελεγχόμενο τρόπο είναι να επιβάλλουμε στην κάθε άρθρωση να κινηθεί με βάση μια ομαλή χωρο-χρονική συνάρτηση, που λέγεται τροχιά.
- Όλες οι αρθρώσεις θέλουμε να ξεκινούν και να τελειώνουν την κίνηση τους στον ίδιο χρόνο, έτσι ώστε η κίνηση του ρομπότ να φαίνεται καλώς ρυθμισμένη. Το πως θα σχεδιαστεί αυτή η κίνηση είναι το πρόβλημα σχεδιασμού τροχιάς.
- Μια διαδρομή δεν ορίζεται συχνά μόνο από τον επιθυμητό προορισμό αλλά και από ενδιάμεσα σημεία από τα οποία πρέπει να περάσει το ρομπότ για να φτάσει εκεί. Σε αυτές τις περιπτώσεις θα χρησιμοποιήσουμε τον όρο *spline* που είναι μια ομαλή συνάρτηση που περνάει από τα επιθυμητά σημεία στο χώρο.
- Θα δούμε πως η επιθυμητή κίνηση του βραχίονα μετατρέπεται από τον καρτεσιανό χώρο σε κίνηση στο χώρο των αρθρώσεων.



ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΟΡΑΣΗ

- Οι κάμερες έχουν γίνει αξιόπιστοι και σχετικά φθηνοί αισθητήρες σε πολλές ρομποτικές εφαρμογές. Σε αντίθεση με τους αισθητήρες θέσης και προσανατολισμού, οι κάμερες μπορούν να χρησιμοποιηθούν όχι μόνο για τη μέτρηση της θέσης του ρομπότ αλλά και τον εντοπισμό αντικειμένων και εμποδίων στο χώρο εργασίας του ρομπότ.
- Θα συζητήσουμε την χρήση καμερών για τον προσδιορισμό της θέσης και του προσανατολισμού του ρομπότ στον χώρο.
- Σε ορισμένες περιπτώσεις, μπορεί να θέλουμε να ελέγξουμε την κίνηση του ρομπότ σε σχέση με κάποιο στόχο καθώς κινείται μέσα στον ελεύθερο χώρο. Εδώ ο δυναμικός έλεγχος δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί και θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί η κάμερα καθώς προσφέρει εικόνα του χώρου.
- Υπάρχουν διάφορες προσεγγίσεις για τον έλεγχο που βασίζεται στην όραση, αλλά θα επικεντρωθούμε στη μέθοδο του Image-Based Visual Servo (IBVS). Με το IBVS, ένα σφάλμα που έχει μετρηθεί σε συντεταγμένες εικόνας τροφοδοτεί ένα σύστημα ελέγχου που καθορίζει την κίνηση της κάμερας

