



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΘΕΜΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

" ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗ ΚΑΙ ΑΝΑΣΤΡΟΦΗ ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗ "



ΟΝΟΜΑ ΦΟΙΤΗΤΗ:ΦΑΡΜΑΚΙΔΗΣ ΝΙΚΗΤΑΣ

ΒΑΡΔΑΞΟΠΟΥΛΟΣ ΚΩΣΤΑΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:

Δρ.ΜΙΧΑΗΛ ΠΑΠΟΥΤΣΙΔΑΚΗΣ

ΑΙΓΑΛΕΩ, ΙΟΥΝΙΟΣ 2018

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο / Η κάτωθι υπογεγραμμένος / ηΦΑΡΜΑΚΙΔΗΣ ΝΙΚΗΤΑΣ.....,

τουΘΕΟΔΩΡΟΥ....., με αριθμό μητρώου39071..... φοιτητής του Τμήματος **Βιομηχανικής Σχεδίασης και Παραγωγής**, του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής πριν αναλάβω την εκπόνηση της Πτυχιακής Εργασίας μου, δηλώνω ότι ενημερώθηκα για τα παρακάτω:

«Η Πτυχιακή Εργασία (Π.Ε.) αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο του συγγραφέα, όσο και του Ιδρύματος και θα πρέπει να έχει μοναδικό χαρακτήρα και πρωτότυπο περιεχόμενο.

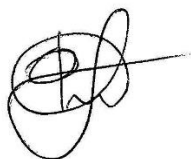
Απαγορεύεται αυστηρά οποιοδήποτε κομμάτι κειμένου της να εμφανίζεται αυτούσιο ή μεταφρασμένο από κάποια άλλη δημοσιευμένη πηγή. Κάθε τέτοια πράξη αποτελεί προϊόν λογοκλοπής και εγείρει θέμα Ηθικής Τάξης για τα πνευματικά δικαιώματα του άλλου συγγραφέα. Αποκλειστικός υπεύθυνος είναι ο συγγραφέας της Π.Ε., ο οποίος φέρει και την ευθύνη των συνεπειών, ποινικών και άλλων, αυτής της πράξης.

Πέραν των όποιων ποινικών ευθυνών του συγγραφέα σε περίπτωση που το Ίδρυμα του έχει απονείμει Πτυχίο, αυτό ανακαλείται με απόφαση της Συνέλευσης του Τμήματος. Η Συνέλευση του Τμήματος με νέα απόφασης της, μετά από αίτηση του ενδιαφερόμενου, του αναθέτει εκ νέου την εκπόνηση της Π.Ε. με άλλο θέμα και διαφορετικό επιβλέποντα καθηγητή. Η εκπόνηση της εν λόγω Π.Ε. πρέπει να ολοκληρωθεί εντός τουλάχιστον ενός ημερολογιακού 6μήνου από την ημερομηνία ανάθεσης της. Κατά τα λοιπά εφαρμόζονται τα προβλεπόμενα στο άρθρο 18, παρ. 5 του ισχύοντος Εσωτερικού Κανονισμού.»

Ο Δηλών

Ημερομηνία

14/06/2018



ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο / Η κάτωθι υπογεγραμμένος / ηΒΑΡΔΑΞΟΠΟΥΛΟΣ ΚΩΣΤΑΣ.....,

τουΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ....., με αριθμό μητρώου39785..... φοιτητής του Τμήματος **Βιομηχανικής Σχεδίασης και Παραγωγής**, του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής πριν αναλάβω την εκπόνηση της Πτυχιακής Εργασίας μου, δηλώνω ότι ενημερώθηκα για τα παρακάτω:

«Η Πτυχιακή Εργασία (Π.Ε.) αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο του συγγραφέα, όσο και του Ιδρύματος και θα πρέπει να έχει μοναδικό χαρακτήρα και πρωτότυπο περιεχόμενο.

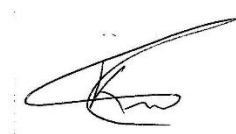
Απαγορεύεται αυστηρά οποιοδήποτε κομμάτι κειμένου της να εμφανίζεται αυτούσιο ή μεταφρασμένο από κάποια άλλη δημοσιευμένη πηγή. Κάθε τέτοια πράξη αποτελεί προϊόν λογοκλοπής και εγείρει θέμα Ηθικής Τάξης για τα πνευματικά δικαιώματα του άλλου συγγραφέα. Αποκλειστικός υπεύθυνος είναι ο συγγραφέας της Π.Ε., ο οποίος φέρει και την ευθύνη των συνεπειών, ποινικών και άλλων, αυτής της πράξης.

Πέραν των όποιων ποινικών ευθυνών του συγγραφέα σε περίπτωση που το Ίδρυμα του έχει απονεμίσει Πτυχίο, αυτό ανακαλείται με απόφαση της Συνέλευσης του Τμήματος. Η Συνέλευση του Τμήματος με νέα απόφαση της, μετά από αίτηση του ενδιαφερόμενου, του αναθέτει εκ νέου την εκπόνηση της Π.Ε. με άλλο θέμα και διαφορετικό επιβλέποντα καθηγητή. Η εκπόνηση της εν λόγω Π.Ε. πρέπει να ολοκληρωθεί εντός τουλάχιστον ενός ημερολογιακού βμήνου από την ημερομηνία ανάθεσης της. Κατά τα λοιπά εφαρμόζονται τα προβλεπόμενα στο άρθρο 18, παρ. 5 του ισχύοντος Εσωτερικού Κανονισμού.»

Ο Δηλών

Ημερομηνία

14/06/2018



ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΑΝΑΛΥΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	5
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	8
ΤΑ ΡΟΜΠΟΤ	8
1.1. Τα αυτόνομα σύγχρονα ρομπότ.....	8
1.2. Διάφορα είδη ρομπότ	10
1.2.1. Κινητά ρομπότ.....	10
1.2.2. Βιομηχανικά ρομπότ.....	11
1.2.3. Ρομπότ υπηρεσίας	12
1.2.4. Εκπαιδευτικά ρομπότ	12
1.2.5. Αρθρωτά ρομπότ	13
1.2.6. Συνεργατικά ρομπότ.....	14
1.3. Αυτονομία και ηθική σχετικά με την ρομποτική.....	15

1.4.	Σχέση της ρομποτικής με την ανεργία.....	16
1.5.	Ερευνητικά ρομπότ.....	17
1.5.1.	Νανορομπότ.....	17
1.5.2.	Αναδιαμορφούμενα ρομπότ	18
1.5.6.	«Μαλακά» ρομπότ.....	19
1.5.7.	Ρομπότ – σμήνη.....	19
1.5.8.	Ρομπότ απτικής διεπαφής.....	20
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2		21
ΡΟΜΠΟΤΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ – ΕΞΕΛΙΞΗ		21
2.1.	Τα ρομπότ στο διάστημα.....	21
2.2.	Τα ρομπότ με την επιστήμη των υπολογιστών.....	25
2.3.	Ανθρωπομορφικά ρομπότ	28
2.4.	Ρομπότ για στρατιωτική χρήση	29
2.5.	Ρομποτική για τεχνητά άκρα	31
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3		33
ΡΟΜΠΟΤΙΚΗ ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗ		33
3.1.	Εισαγωγή.....	33
3.2.	Ορθή κινηματική.....	34
3.3.	Αντίστροφη κινηματική.....	35
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.....		43
ΤΟ ΜΕΛΛΟΝ ΤΗΣ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗΣ		43
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....		49
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....		51

ΑΝΑΛΥΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

<i>Εικόνα 1. Σύγχρονο αυτόνομο ρομπότ</i>	9
<i>Εικόνα 2. Κινητό ρομπότ</i>	10
<i>Εικόνα 3. Βιομηχανικό ρομπότ</i>	11
<i>Εικόνα 4. Ρομπότ υπηρεσίας</i>	12
<i>Εικόνα 5. Εκπαιδευτικά ρομπότ</i>	12
<i>Εικόνα 6. Συνεργατικό ρομπότ</i>	15
<i>Εικόνα 7. Νανορομπότ στην κυκλοφορία του αίματος</i>	18
<i>Εικόνα 8. Μαλακό ρομπότ</i>	19
<i>Εικόνα 9. Ρομπότ σμήνη</i>	19
<i>Εικόνα 10. Ρομπότ στο διάστημα - Τύπο Rover</i>	22
<i>Εικόνα 11. Το aerobot</i>	24
<i>Εικόνα 12. Ανθρωπομορφικά ρομπότ</i>	29
<i>Εικόνα 13. Το General Atomics MQ-1 Predator</i>	30
<i>Εικόνα 14. Το DRDO Daksh</i>	30
<i>Εικόνα 15. Ρομποτικό τεχνητό άκρο</i>	31
<i>Εικόνα 16. Σύστημα συντεταγμένων βάσης (base or world frame)</i>	35

<i>Εικόνα 17. Ρομπότ 2 βαθμών ελευθερίας και δύο πιθανές λύσεις του προβλήματος ανάστροφης κινηματικής</i>	36
<i>Εικόνα 18. Η γεωμετρία της «κάτω» θέσης</i>	37
<i>Εικόνα 19. Ρομποτικός βραχίονας Stanford - Απόξευξη κινηματικών εξισώσεων</i>	42
<i>Εικόνα 23. Το μέλλον της ρομποτικής</i>	44
<i>Εικόνα 24. Το ρομπότ ASIMO</i>	46
<i>Εικόνα 25. Ρομπότ που λειτουργεί με GPS</i>	47

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ρομποτική είναι ο κλάδος της τεχνολογίας που ασχολείται με το σχεδιασμό, την κατασκευή, τη λειτουργία και την εφαρμογή των ρομπότ, καθώς και τα συστήματα πληροφορικής για τον έλεγχό τους, την αισθητήρια ανατροφοδότηση, και την επεξεργασία πληροφοριών. Οι τεχνολογίες αυτές ασχολούνται με αυτοματοποιημένες μηχανές που μπορούν να πάρουν την θέση των ανθρώπων σε επικίνδυνα περιβάλλοντα ή σε διαδικασίες κατασκευής, ή να μοιάζουν με τους ανθρώπους στην εμφάνιση, τη συμπεριφορά, ή/ και τη γνωστική λειτουργία. Πολλές από τα σημερινά ρομπότ είναι εμπνευσμένα από τη φύση συμβάλλοντας στον τομέα της βιο-εμπνευσμένης ρομποτικής (Dudek & Jenkin, 2010).

Η ιδέα της δημιουργίας μηχανών που μπορούν να λειτουργούν αυτόνομα χρονολογείται στους κλασικούς χρόνους, αλλά η έρευνα ως προς την λειτουργικότητα και τις πιθανές χρήσεις των ρομπότ δεν θα αναπτύχθηκε σημαντικά μέχρι τον 20ο αιώνα. Σε όλη την ιστορία, η ρομποτική έχει συχνά μιμηθεί την ανθρώπινη συμπεριφορά, και συχνά διαχειρίζεται εργασίες με παρόμοιο τρόπο. Σήμερα, η ρομποτική είναι ένα ταχέως αναπτυσσόμενο πεδίο, καθώς οι τεχνολογική πρόοδος συνεχίζει, την έρευνα, το σχεδιασμό και την κατασκευή νέων ρομπότ που εξυπηρετούν διάφορους πρακτικούς σκοπούς, είτε στην εγχώρια αγορά, είτε στο εμπόριο, ή στα στρατιωτικά.

Η λέξη ρομποτική προέρχεται από τη λέξη ρομπότ, η οποία εισήχθη στο κοινό από τον Τσέχο συγγραφέα Karel Capek στο έργο του RUR (Rossum Universal Robots), το οποίο δημοσιεύθηκε το 1920 (Gray & Caldwell, 1996). Η λέξη ρομπότ προέρχεται από τη σλαβική λέξη *robota*, που σημαίνει εργασία. Το έργο ξεκινάει σε ένα εργοστάσιο που παράγει τεχνητούς ανθρώπους που ονομάζονται ρομπότ, πλάσματα που μπορούν να εκληφθούν ως άνθρωποι - παρόμοια με τις σύγχρονες ιδέες των ανδροειδών. Δεν έπλασε ο ίδιος ο Karel Čapek τη λέξη. Έγραψε μια σύντομη επιστολή σε σχέση με την ετυμολογία στο αγγλικό λεξικό της Οξφόρδης στο οποίο κατονόμασε τον αδελφό του Josef Čapek ως πραγματικό δημιουργό της (Sandler, 1999).

Σύμφωνα με το αγγλικό λεξικό της Οξφόρδης, η λέξη ρομποτική χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά σε έντυπη μορφή από το Isaac Asimov, στη σύντομη ιστορία του επιστημονικής φαντασίας «Ψεύτης!», που δημοσιεύτηκε τον Μάιο 1941 (Fuller, 1999). Ο Asimov δεν γνώριζε ότι επινόησε τον όρο. Δεδομένου ότι η επιστήμη και η τεχνολογία των ηλεκτρικών συσκευών είναι η ηλεκτρονική, υπέθεσε ότι η ρομποτική έχει ήδη αναφερθεί στην επιστήμη και την τεχνολογία των ρομπότ. Σε μερικά από τα άλλα έργα του ο Asimov, αναφέρει ότι η πρώτη χρήση της ρομποτικής ως λέξη ήταν στο διήγημα του Runaround. Ωστόσο, η αρχική δημοσίευση του «Ψεύτης!» προϋπήρχε του "Runaround" κατά δέκα μήνες, οπότε η πρώτη είναι η περίπτωση που γενικά αναφέρεται ως η προέλευση της λέξης (Fuller, 1999).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΤΑ ΡΟΜΠΟΤ

1.1. Τα αυτόνομα σύγχρονα ρομπότ

Τα πρώτα ηλεκτρονικά αυτόνομα ρομπότ με πολύπλοκη συμπεριφορά δημιουργήθηκαν από τον William Grey Walter από το Νευρολογικό Ινστιτούτο Burden στο Μπρίστολ της Αγγλίας το 1948 και το 1949 (Dudek & Jenkin, 2010). Ήθελε να αποδείξει ότι οι πλούσιες συνδέσεις ανάμεσα σε ένα μικρό αριθμό κυττάρων του εγκεφάλου θα μπορούσε να οδηγήσει σε πολύ περίπλοκες

συμπεριφορές. Κατ' ουσίαν, ανέφερε ότι το μυστικό για το πώς ο εγκέφαλος δουλεύει θέτει την εξήγηση για το πώς είναι συνδεδεμένος. Τα πρώτα του ρομπότ, που ονομάστηκαν του Elmer και Elsie, κατασκευάστηκαν μεταξύ 1948 και 1949 και συχνά περιγράφονται ως χελώνες, λόγω του σχήματος τους και του αργού ρυθμού κίνησης (Matarić, 2007).

Ο Walter τόνισε τη σημασία της χρήσης σε καθαρά αναλογικά ηλεκτρονικά για την προσομοίωση διεργασιών του εγκεφάλου σε μια εποχή που οι σύγχρονοί του, όπως ο Alan Turing και ο John von Neumann στρέφονταν όλοι προς την κατεύθυνση ενόψει των ψυχικών διεργασιών όσον αφορά τον ψηφιακό υπολογισμό (Κανάραχος, 2001). Το έργο του ενέπνευσε τις επόμενες γενιές των ερευνητών της ρομποτικής όπως ο Rodney Brooks, ο Hans Moravec και ο Mark Tilden. Σύγχρονη ενσαρκώσεις των χελωνών του Walter μπορούν να βρεθούν με τη μορφή της ρομποτικής BEAM (Hunt, 1983).

Εικόνα 1. Σύγχρονο αυτόνομο ρομπότ

Το πρώτο ψηφιακό, και προγραμματιζόμενο ρομπότ εφευρέθηκε από τον George Devol το 1954 και τελικά ονομάστηκε Unimate. Αυτό έθεσε τελικά τα θεμέλια της σύγχρονης βιομηχανίας της ρομποτικής (Hunt, 1983). Ο Devol πούλησε το πρώτο



Unimate για την General Motors το 1960, και εγκαταστάθηκε το 1961 σε ένα εργοστάσιο στο Trenton, New Jersey (Wall, 2003). Ο Devol έλαβε δίπλωμα ευρεσιτεχνίας για το πρώτο ψηφιακά προγραμματιζόμενο ρομποτικό βραχίονα, που αποτελεί το θεμέλιο της σύγχρονης βιομηχανίας

της ρομποτικής (Sandler, 1999).

Το πρώτο ρομπότ παλετοποίησης εισήχθη το 1963 από την Fuji Yusoki Kogyo Company (Giralt, 1997). Το 1973, ένα ρομπότ με έξι ηλεκτρομηχανικά οδηγούμενους άξονες κατοχυρώθηκε με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας από την ρομποτική KUKA στη Γερμανία, και ο προγραμματιζόμενος βραχίονας υπό καθολική χειραγώγηση εφευρέθηκε από τον Victor Scheinman το 1976, καθώς και το νέο σχέδιο πωλήθηκε στην Unimation (Matarić, 2010).

Τα εμπορικά και βιομηχανικά ρομπότ χρησιμοποιούνται σήμερα ευθέως για την εκτέλεση διαφόρων εργασιών με φθηνότερο κόστος ή με μεγαλύτερη ακρίβεια και αξιοπιστία από τους ανθρώπους (Κανάραχος, 2001). Αυτά χρησιμοποιούνται επίσης για τις θέσεις εργασίας οι οποίες είναι πάρα πολύ βρώμικες, ή επικίνδυνο ώστε να είναι κατάλληλες για τους ανθρώπους. Τα ρομπότ χρησιμοποιούνται ευρέως στην κατασκευή, συναρμολόγηση και συσκευασία, τη μεταφορά, και την εξερεύνηση του διαστήματος, την χειρουργική επέμβαση, τα όπλα, εργαστηριακή έρευνα, και η μαζική την παραγωγή καταναλωτικών και βιομηχανικών προϊόντων.



1.2. Διάφορα είδη ρομπότ

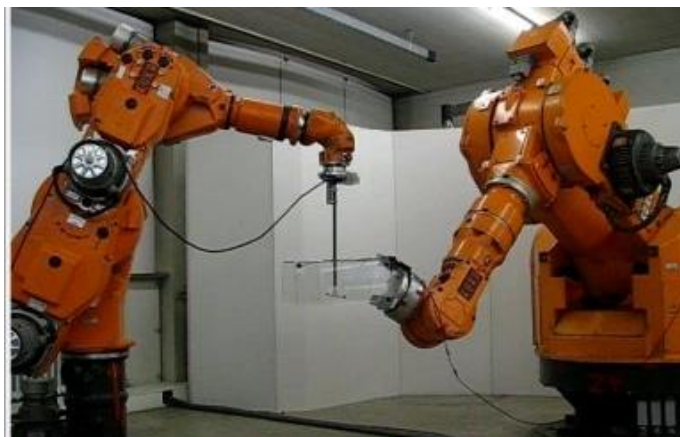
1.2.1. Κινητά ρομπότ

Τα κινητά ρομπότ έχουν τη δυνατότητα να κινούνται στο περιβάλλον και δεν έχουν φτιαχτεί για μία φυσική τοποθεσία. Ένα παράδειγμα ενός κινητού ρομπότ που είναι σε κοινή χρήση σήμερα είναι η το αυτόματα καθοδηγούμενο όχημα (AGV). Ένα AGV είναι ένα κινητό ρομπότ που ακολουθεί τους δείκτες ή τα καλώδια στο πάτωμα, ή χρησιμοποιεί την όραση ή το λέιζερ (Thrun, et al, 2012).

Τα κινητά ρομπότ βρίσκονται, επίσης, στον τομέα της βιομηχανίας, των στρατιωτικών και τα περιβάλλοντα ασφάλειας. Μπορούν επίσης να εμφανιστούν ως καταναλωτικά προϊόντα, για την ψυχαγωγία ή την εκτέλεση ορισμένων εργασιών, όπως το καθάρισμα με ηλεκτρική σκούπα. Τα κινητά ρομπότ είναι το επίκεντρο της

τρέχουσας έρευνας και σχεδόν κάθε μεγάλο πανεπιστήμιο έχει ένα ή περισσότερα εργαστήρια που εστιάζουν στην έρευνα για το κινητό ρομπότ.

Τα κινητά ρομπότ χρησιμοποιούνται συνήθως σε στενά ελεγχόμενα περιβάλλοντα όπως στις γραμμές συναρμολόγησης, επειδή έχουν δυσκολία στο να ανταποκρίνονται σε απρόβλεπτες παρεμβολές. Εξαιτίας αυτού οι περισσότεροι άνθρωποι συναντούν



σπάνια τα ρομπότ. Ωστόσο τα οικιακά ρομπότ για τον καθαρισμό και τη συντήρηση είναι όλο και πιο συχνά στις οικίες στις αναπτυγμένες χώρες. Τα ρομπότ μπορούν επίσης να βρεθούν σε στρατιωτικές εφαρμογές (Κουμπουλής & Μέρτζιος,

2002).

1.2.2. Βιομηχανικά ρομπότ

Τα βιομηχανικά ρομπότ συνήθως αποτελούνται από μια συνένωση βραχίονα (πολύ-συνδεδεμένο βραχίονα) και ένα άκρο τελεστή που είναι συνδεδεμένο με μία σταθερή επιφάνεια.

Ο Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης δίνει έναν ορισμό για το χειρισμό βιομηχανικών

Εικόνα 3. Βιομηχανικό ρομπότ

ρομπότ στο πρότυπο ISO 8373 (Κουμπουλής & Μέρτζιος,

2002):

«Ένας αυτόματα ελεγχόμενος, επαναπρογραμματιζόμενος, πολλαπλών χρήσεων, βραχίονας προγραμματιζόμενος σε τρεις ή περισσότερους άξονες, ο οποίος μπορεί να είναι είτε σταθερός στη θέση του ή κινητός για χρήση σε βιομηχανικές εφαρμογές αυτοματισμού».

Ο ορισμός αυτός χρησιμοποιείται από τη Διεθνή Ομοσπονδία Ρομποτικής, του Ευρωπαϊκού Δικτύου Ρομποτικής Έρευνας (EURON) και πολλές εθνικές επιτροπές τυποποίησης.

1.2.3. Ρομπότ υπηρεσίας

Πιο συχνά τα βιομηχανικά ρομπότ είναι σταθεροί ρομποτικοί βραχίονες και χειριστές που χρησιμοποιούνται κυρίως για την παραγωγή και τη διανομή των εμπορευμάτων. Ο όρος «ρομπότ υπηρεσίας» είναι λιγότερο καλά καθορισμένος. Η Διεθνής Ομοσπονδία Ρομποτικής έχει προτείνει ένα ενδεικτικό ορισμό, «Ένα ρομπότ υπηρεσίας είναι ένα ρομπότ που λειτουργεί μερικώς ή πλήρως αυτόνομα για την παροχή υπηρεσιών χρήσιμων για την ευημερία των ανθρώπων και του

Εικόνα 4. Ρομποτ υπηρεσίας

εξοπλισμού, εκτός από εργασίες κατασκευής». (Mataric, 2010)



1.2.4. Εκπαιδευτικά ρομπότ

Τα ρομπότ χρησιμοποιούνται ως βοηθοί εκπαίδευσης για τους εκπαιδευτικούς. Από τη δεκαετία του 1980, τα ρομπότ, όπως οι χελώνες χρησιμοποιήθηκαν στα σχολεία και προγραμματίζονταν με τη χρήση της γλώσσας Logo (Fuller, 1999).

Υπάρχουν κιτ ρομπότ όπως τα Lego Mindstorms, τα BIOLOID, τα Ollio από την ROBOTIS ή τα εκπαιδευτικά ρομπότ της BotBrain που μπορούν να βοηθήσουν τα



Εικόνα 5. Εκπαιδευτικά ρομπότ

παιδιά να μάθουν στοιχεία σχετικά με τα μαθηματικά, τη φυσική, τον προγραμματισμό, και την ηλεκτρονική. Η ρομποτική έχει επίσης εισαχθεί στη ζωή των μαθητών του δημοτικού και του γυμνασίου (ιδίως στα σχολεία των χωρών του εξωτερικού) με τη μορφή διαγωνισμών ρομπότ από την εταιρεία FIRST (για την έμπνευση και την αναγνώριση της Επιστήμης και Τεχνολογίας) (Corke, 2011).

Υπήρξαν επίσης συσκευές που έμοιαζαν με ρομπότ, όπως ο διδακτικός υπολογιστής, Leachim το 1974, και ο 2-XL το 1976, ένα διδακτικό παιχνίδι υπό την μορφή που βασιζόταν σε ένα κασετόφωνο που εφευρέθηκε Michael J. Freeman.

1.2.5. Αρθρωτά ρομπότ

Τα αρθρωτά ρομπότ είναι ένας νέος τύπος ρομπότ που έχουν σχεδιαστεί για να αυξήσουν τη χρήση των ρομπότ σε σχέση με την αρθρωτή αρχιτεκτονική τους. Η λειτουργικότητα και η αποτελεσματικότητα ενός αρθρωτού ρομπότ είναι ευκολότερο να αυξηθεί σε σύγκριση με τα συμβατικά ρομπότ. Αυτά τα ρομπότ αποτελούνται από ένα μόνο τύπο ταυτόσημων, πολλών διαφορετικών ειδών πανομοιότυπων δομοστοιχείων ή δομοστοιχείων με παρόμοιο σχήμα, τα οποία ποικίλλουν σε μέγεθος. Η αρχιτεκτονική δομή τους επιτρέπει τον υπερ-πλεονασμό των αρθρωτών ρομπότ, δεδομένου ότι μπορούν να σχεδιαστούν με περισσότερους από 8 βαθμούς ελευθερίας (DOF) (Craig, 2008). Η δημιουργία του προγραμματισμού, η αντίστροφη κινηματική και η δυναμική για τα αρθρωτά ρομπότ είναι πιο περίπλοκες από ό, τι στα παραδοσιακές ρομπότ. Τα αρθρωτά ρομπότ μπορεί να αποτελούνται από L, κυβικές ενότητες, και ενότητες σχήματος U και H. Η τεχνολογία ANAT, μια πρόιμη ρομποτική τεχνολογία της αρθρωτής που αποτέλεσε πατέντα της εταιρείας Robotics Design Inc., επιτρέπει τη δημιουργία αρθρωτών ρομπότ από ενότητες σχήματος U και H που συνδέονται σε μια αλυσίδα, και χρησιμοποιούνται για να σχηματίσουν ετερογενή και ομογενή αρθρωτά συστήματα ρομπότ. Αυτά τα «ρομπότ ANAT» μπορούν να σχεδιαστούν με «n» DOF, καθώς κάθε ενότητα είναι ένα πλήρες ρομποτικό σύστημα που προσαρμόζεται με τις ενότητες που συνδέονται πριν και μετά από αυτήν την αλυσίδα, και ως εκ τούτου, μια ενιαία ενότητα που επιτρέπει ένα βαθμό ελευθερίας (Angelo, 2007). Όσο περισσότερες είναι οι μονάδες που συνδέονται αναμεταξύ τους, τόσο περισσότεροι βαθμοί ελευθερίας θα υπάρχουν. Οι

ενότητες σχήματος L μπορούν επίσης να σχεδιαστούν σε μια αλυσίδα, και πρέπει να γίνουν όλο και μικρότερες, καθώς το μέγεθος της αλυσίδας αυξάνεται, όπως τα ωφέλιμα φορτία που συνδέονται με το τέλος της αλυσίδας ασκούν μεγαλύτερη πίεση στις ενότητες που απέχουν περισσότερο από τη βάση. Οι ενότητες ANAT σχήματος δεν πάσχουν από αυτό το πρόβλημα, καθώς ο σχεδιασμός τους επιτρέπει σε ένα αρθρωτό ρομπότ τη διανομή της πίεσης και έχει ομοιόμορφες επιπτώσεις μεταξύ άλλων επισυναπτόμενων ενοτήτων, και ως εκ τούτου, το ωφέλιμο φορτίο που φέρει δεν μειώνεται καθώς το μήκος του αυξάνοντα βραχίονα (Sciavicco & Villani, 2009). Τα αρθρωτά ρομπότ μπορούν να είναι χειροκίνητες ή αυτορυθμιζόμενες ώστε να σχηματίσουν ένα διαφορετικό ρομπότ, που μπορεί να εκτελέσει διάφορες εφαρμογές. Επειδή τα αρθρωτά ρομπότ του ίδιου τύπου αρχιτεκτονικής αποτελούνται από ενότητες που συνθέτουν διαφορετικά αρθρωτά ρομπότ, ένα ρομπότ βραχίονα τύπου φιδίου μπορεί να συνδυαστεί με ένα άλλο για να σχηματίσουν ένα διπλό ή τετρααξονικό βραχίονα ρομπότ, ή μπορεί να χωριστούν σε διάφορα κινητά ρομπότ, και τα κινητά ρομπότ μπορούν να χωριστούν σε πολλά μικρότερα, ή να συνδυάζονται με άλλα σε ένα μεγαλύτερο ή διαφορετικό ρομπότ (Niku, 2010). Αυτό επιτρέπει σε ένα ενιαίο αρθρωτό ρομπότ την ικανότητα να εξειδικεύεται πλήρως σε ένα ενιαίο έργο, καθώς και την ικανότητα να είναι εξειδικευμένο για να εκτελεί πολλαπλές διαφορετικές εργασίες.

Η αρθρωτή ρομποτική τεχνολογία εφαρμόζεται σήμερα σε υβριδικές μεταφορές, βιομηχανικό αυτοματισμό, καθαρισμό αγωγών και χειρισμό. Πολλά ερευνητικά κέντρα και πανεπιστήμια έχουν επίσης μελετήσει αυτή την τεχνολογία, και έχουν αναπτύξει πρωτότυπα (Bekey, 2008).

1.2.6. Συνεργατικά ρομπότ

Ένα συνεργατικό ρομπότ, γνωστό επίσης και ως cobot είναι ένα ρομπότ που μπορεί να αλληλεπιδράσει με ασφάλεια και αποτελεσματικότητα με τους ανθρώπους – εργαζόμενους κατά την εκτέλεση απλών βιομηχανικών εργασιών (Giralt, 1997). Ωστόσο, άλλες περιβαλλοντικές συνθήκες ενδέχεται να δημιουργήσουν κινδύνους, και καθώς μια τέτοια αξιολόγηση κινδύνου πρέπει να γίνει πριν από τη χρήση κάθε βιομηχανικής εφαρμογής ελέγχου κίνησης.

Τα συνεργατικά ρομπότ που χρησιμοποιούνται ευρύτατα στις βιομηχανίες σήμερα κατασκευάζονται από την Universal Robots στη Δανία (Giralt, 1997).

Εικόνα 6. Συνεργατικό ρομπότ

Η εταιρεία Rethink Robotics, η οποία ιδρύθηκε από τον Rodney Brooks, που προηγουμένως συνεργαζόταν με την iRobot, εισήγαγε το Baxter τον Σεπτέμβριο του 2012, ως βιομηχανικό ρομπότ σχεδιασμένο να αλληλεπιδρά με ασφάλεια με τους κοντινούς εργάτες, και να προγραμματίζεται για την εκτέλεση απλών εργασιών. Τα Baxters σταματούν αν ανιχνεύσουν έναν άνθρωπο με την μέθοδο των ρομποτικών βραχιόνων τους και να έχουν εμφανείς διακόπτες. Προορίζονται για πώληση σε μικρές επιχειρήσεις, που προωθούνται ως το ρομποτικό ανάλογο του προσωπικού υπολογιστή. Από το Μάιο του 2014 190 επιχειρήσεις στις ΗΠΑ έχουν αγοράσει Baxters και χρησιμοποιούνται στο εμπόριο στο Ηνωμένο Βασίλειο (Thrun, et al, 2012).



1.3. Αυτονομία και ηθική σχετικά με την ρομποτική

Καθώς τα ρομπότ έχουν γίνει πιο προηγμένα και εξελιγμένα, οι εμπειρογνώμονες και ακαδημαϊκοί διευρύνουν ολοένα και περισσότερο τα ερωτήματα για το ποια ηθική

διέπει την συμπεριφορά των ρομπότ, και κατά πόσον τα ρομπότ θα μπορούσαν να είναι σε θέση να διεκδικήσουν κάθε είδους κοινωνικά, πολιτιστικά, ηθικά ή νομικά

δικαιώματα. Μία επιστημονική ομάδα ανέφερε ότι είναι πιθανό ότι ένας εγκέφαλος ρομπότ θα υπάρχει από το 2019. Άλλοι προβλέπουν ανακαλύψεις ρομπότ νοημοσύνης μέχρι το 2050. Πρόσφατες πρόοδοι έχουν κάνει την ρομποτική συμπεριφορά πιο εξελιγμένη. Ο κοινωνικός αντίκτυπος των ευφυών ρομπότ ήταν θέμα ενός ντοκιμαντέρ του 2010 που ονομάζεται Plug & Pray.

Ο Vernor Vinge πρότεινε ότι μια στιγμή μπορεί να έρθει όταν οι υπολογιστές και τα ρομπότ θα είναι πιο έξυπνα από τους ανθρώπους. Αποκαλεί αυτό ως «Μοναδικότητα». Ο ίδιος δείχνει ότι μπορεί να είναι κάπως ή, ενδεχομένως, πολύ επικίνδυνο για τον άνθρωπο (Corke, 2011).

Το 2009, οι ειδικοί παρακολούθησαν ένα συνέδριο που διοργάνωσε η Ένωση για την Πρόοδο της Τεχνητής Νοημοσύνης (AAAI) για να συζητήσουν αν οι υπολογιστές και τα ρομπότ θα μπορούσαν να είναι σε θέση να αποκτήσουν αυτονομία, και πόσο αυτή η δυνατότητα θα μπορούσε να αποτελέσει απειλή ή κίνδυνο (Dudek & Jenkin, 2010). Παρατήρησαν ότι ορισμένα ρομπότ έχουν αποκτήσει διάφορες μορφές ημι-αυτονομίας, συμπεριλαμβανομένης του να είναι σε θέση να βρουν τις πηγές τροφοδοσίας από μόνα τους και να είναι σε θέση να επιλέγουν ανεξάρτητους στόχους για να επιτεθούν με όπλα. Σημείωσαν επίσης ότι ορισμένοι ιαί υπολογιστών μπορούν να αποφύγουν την καταστροφή και έχουν επιτύχει την νοημοσύνη της «κατσαρίδας» (Dudek & Jenkin, 2010). Σημείωσαν ότι η αυτογνωσία, όπως απεικονίζεται στην επιστημονική φαντασία είναι μάλλον απίθανη, αλλά υπάρχουν και άλλοι πιθανοί κίνδυνοι και παγίδες. Διάφορες πηγές των μέσων ενημέρωσης και των επιστημονικών ομάδων έχουν σημειώσει ξεχωριστές τάσεις σε διαφορετικές περιοχές που θα μπορούσαν να οδηγούν σε μεγαλύτερες ρομποτικές λειτουργίες και αυτονομία, και τα οποία δημιουργούν κάποιες εγγενείς ανησυχίες.

1.4. Σχέση της ρομποτικής με την ανεργία

Ένα πρόσφατο παράδειγμα της ανθρώπινης αντικατάστασης περιλαμβάνει την τεχνολογία της ταϊβανέζικης εταιρείας Foxconn που, τον Ιούλιο του 2011, ανακοίνωσε ένα τριετές σχέδιο για την αντικατάσταση των εργαζομένων με

περισσότερα ρομπότ. Επί του παρόντος, η εταιρεία χρησιμοποιεί δέκα χιλιάδες ρομπότ, αλλά θα τα αυξήσει σε ένα εκατομμύριο ρομπότ κατά τη διάρκεια μιας τριετούς περιόδου (Thrun, et al, 2012).

Τα ρομπότ υπηρεσίας διαφόρων ποικιλιών, συμπεριλαμβανομένων των ιατρικών ρομπότ, των υποβρύχιων ρομπότ, των ρομπότ επιτήρησης, των ρομπότ κατεδάφισης και άλλων ειδών ρομπότ που εκπληρώνουν ένα πλήθος θέσεων εργασίας κερδίζουν σε αριθμούς. Τα ρομπότ υπηρεσίας είναι καθημερινά εργαλεία για την ανθρωπότητα. Μπορούν να καθαρίζουν τα πατώματα, να κουρεύουν γκαζόν και να φυλάσσουν τα σπίτια και να βοηθούν επίσης τα ηλικιωμένα άτομα και τα άτομα με ειδικές ανάγκες, να κάνουν κάποιες χειρουργικές επεμβάσεις, να επιθεωρούν σωλήνες και περιοχές που είναι επικίνδυνες για τους ανθρώπους, να καταπολεμούν τις πυρκαγιές και να απενεργοποιούν βόμβες (Wall, 2003).

1.5. Ερευνητικά ρομπότ

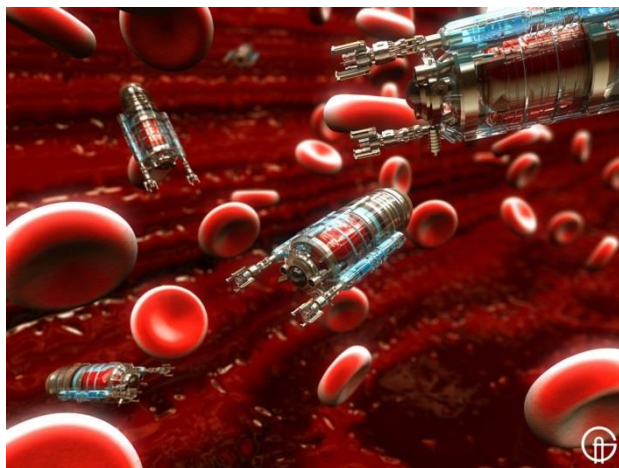
Ενώ τα περισσότερα ρομπότ σήμερα έχουν εγκατασταθεί σε εργοστάσια ή σπίτια, εκτελώντας εργασίες ή υπηρεσίες που σώζουν τις ζωές, πολλά νέα είδη ρομπότ αναπτύσσονται σε εργαστήρια σε όλο τον κόσμο. Μεγάλο μέρος της έρευνας στη ρομποτική δεν εστιάζει σε συγκεκριμένες βιομηχανικές εργασίες, αλλά στις έρευνες για νέους τύπους ρομπότ, εναλλακτικούς τρόπους για την θεώρηση ή τον σχεδιασμό των ρομπότ, και νέους τρόπους για την παρασκευή τους. Αναμένεται ότι οι νέοι αυτοί τύποι ρομπότ θα είναι σε θέση να λύσουν τα προβλήματα του πραγματικού κόσμου όταν αυτά θα εμφανιστούν (Δουλγέρη, 2007).

1.5.1. Νανορομπότ

Η νανορομποτική είναι αναδυόμενος τομέας της τεχνολογίας για τη δημιουργία μηχανών ή ρομπότ των οποίων οι συνιστώσες είναι κοντά στη μικροσκοπική κλίμακα του νανομέτρου. Επίσης γνωστό ως «νανορομπότ», είναι κατασκευασμένα από μοριακές μηχανές (Δουλγέρη, 2007). Μέχρι στιγμής, οι ερευνητές έχουν ως επί το πλείστον παράγει μόνο τμήματα αυτών των πολύπλοκων συστημάτων, όπως έδρανα, αισθητήρες, και συνθετικούς μοριακούς κινητήρες, αλλά λειτουργούντα ρομπότ έχουν κατασκευαστεί επίσης όπως οι συμμετοχές στο διαγωνισμό Robocup Nanobot (Matarić, 2010). Οι ερευνητές ελπίζουν επίσης να είναι σε θέση να δημιουργήσουν

ολόκληρο ρομπότ τόσο μικρό όσο

Εικόνα 7. Νανορομπότ στην κυκλοφορία του αίματος οι ιοί ή τα βακτήρια, τα οποία θα μπορούσαν να εκτελούν καθήκοντα σε μια μικροσκοπική κλίμακα. Πιθανές εφαρμογές περιλαμβάνουν μικρο χειρουργικές επεμβασεις (στο επίπεδο των μεμονωμένων κυττάρων), κατασκευές, όπλα και καθαρισμό.



1.5.2. Αναδιαμορφούμενα ρομπότ

Ορισμένοι ερευνητές έχουν διερευνήσει τη δυνατότητα δημιουργίας ρομπότ τα οποία μπορούν να αλλοιώσουν τη φυσική τους μορφή για να ταιριάζουν σε μια συγκεκριμένη εργασία, όπως το

φανταστικό T-1000 (Matarić, 2010). Τα πραγματικά ρομπότ δεν είναι καθόλου κοντά σε αυτό το εκλεπτυσμένο, και ως επί το πλείστον αποτελούνται από ένα μικρό αριθμό μονάδων σε σχήμα κύβου, το οποίο μπορεί να κινηθεί σε σχέση με το περιβάλλον τους. Οι αλγόριθμοι έχουν σχεδιαστεί σε περίπτωση που τα εν λόγω ρομπότ γίνουν πραγματικότητα.



1.5.6. «Μαλακά» ρομπότ

Τα ρομπότ με φορείς σιλικόνης και ευέλικτους ενεργοποιητές (μύες αέρα, ηλεκτροενεργή πολυμερή, και φερρορευστά), που ελέγχονται

με τη χρήση ασαφούς λογικής και νευρωνικών δικτύων, εξετάζουν και αισθάνονται διαφορετικά από τα ρομπότ με άκαμπτο σκελετό, και μπορεί να έχουν διαφορετικές συμπεριφορές (Matarić, 2007).

Εικόνα 8. Μαλακό ρομπότ

1.5.7. Ρομπότ – σμήνη

Εμπνευσμένα από τις αποικίες των εντόμων, όπως τα μυρμηγκία και οι μέλισσες, οι ερευνητές μοντελοποιούν τη συμπεριφοράς των σμηνών των χιλιάδων μικροσκοπικών ρομπότ που εκτελούν ένα χρήσιμο έργο, όπως η εξεύρεση κάτι κρυμμένου, τον καθαρισμό ή την κατασκοπεία (Angelo, 2007). Κάθε ρομπότ είναι αρκετά απλό, αλλά η προκύπτουσα συμπεριφορά του σμήνους είναι περίπλοκη. Το σύνολο των ρομπότ μπορούν να θεωρηθούν ως ένα ενιαίο καταναμημένο σύστημα, με την ίδια μορφή μια αποικίας μυρμηγκιών που μπορεί να θεωρηθεί ένας υπερ-οργανισμός, και

Εικόνα 9. Ρομπότ σμήνη



παρουσιάζουν πλήθος πληροφοριών. Τα μεγαλύτερα σμήνη μέχρι στιγμής που δημιουργήθηκαν περιλαμβάνουν το σμήνος iRobot, το έργο των SRI και MobileRobots CentiBots και το Open-source Micro-ρομποτικό σμήνος, τα οποία

χρησιμοποιούνται για την έρευνα συλλογικών συμπεριφορών (Sciavicco & Villani, 2009). Λαμβάνοντας υπόψη ότι ένα μεγάλο ρομπότ ενδέχεται να αποτύχει και να

καταστρέψει μια αποστολή, ένα σμήνος μπορεί να συνεχιστεί ακόμη και αν διάφορα ρομπότ αποτύχουν. Αυτό θα μπορούσε να τα καταστήσει ελκυστικά για τις αποστολές εξερεύνησης του διαστήματος, όπου η αποτυχία είναι συνήθως εξαιρετικά δαπανηρή (Angelo, 2007).

1.5.8. Ρομπότ απτικής διεπαφής

Η ρομποτική έχει επίσης εφαρμογή στο σχεδιασμό των διεπαφών εικονικής πραγματικότητας. Εξειδικευμένα ρομπότ χρησιμοποιούνται ευρέως στην απτική ερευνητική κοινότητα. Αυτά τα ρομπότ, που ονομάζονται ρομπότ απτικής διεπαφής, επιτρέπουν την αλληλεπίδραση του χρήστη με δυνατότητα αφής με πραγματικά και εικονικά περιβάλλοντα. Οι ρομποτικές δυνάμεις επιτρέπουν την προσομοίωση των μηχανικών ιδιοτήτων των «εικονικών» αντικείμενων, τα οποία οι χρήστες μπορούν να βιώσουν μέσα από την αίσθηση της αφής (Corke, 2011).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΡΟΜΠΟΤΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ – ΕΞΕΛΙΞΗ

2.1. Τα ρομπότ στο διάστημα

Το πρώτο ρομπότ στο διάστημα ήταν ένας μηχανοκίνητος μηχανικός βραχίονας εξοπλισμένος με ένα φτυάρι για το Surveyor 3, το οποίο προσγειώθηκε στο φεγγάρι στις 20 Απριλίου 1967. Ενεργώντας με σήματα που αποστέλλονται από τους μηχανικούς στη Γη, ο βραχίονας εκτεινόταν και το φτυάρι έσκαβε τέσσερα χαρακώματα στο σεληνιακό έδαφος, μέχρι 18 εκατοστά βάθος. Στη συνέχεια τοποθετούνταν τα δείγματα μπροστά από μια φωτογραφική μηχανή για να τα δουν οι επιστήμονες στη Γη. Οι μετέπειτα αποστολές του Surveyor μετέφεραν εξειδικευμένα όργανα ανάλυσης για τον προσδιορισμό της χημικής σύνθεσης των δειγμάτων εδάφους (Arkin, 1998).

Μετά τις επιτυχημένες ανθρώπινες μεταβάσεις στην Σελήνη, που ξεκίνησαν το 1969 με το Apollo 11, η NASA άρχισε να προετοιμάζεται για πιλοτικές αποστολές στον Άρη. Εισηγάγαν δύο διαστημικά σκάφη που ονομάζονταν Viking 1 και Viking 2, τα οποία προσγειώθηκαν στον Άρη το 1976, στις 20 Ιουλίου και στις 3 Σεπτεμβρίου,

αντίστοιχα. Οι μηχανισμοί προσεδάφισης Viking μετέδωσαν εικόνες του γεμάτου βράχους, κατακόκκινου τοπίου του Άρη, πίσω στη Γη για πρώτη φορά. Επειδή υπήρχαν καιρό φήμες για ζωή στον Άρη, οι συσκευές προσεδάφισης του Viking πραγματοποίησαν τρία βιολογικά πειράματα επί του σκάφους. Όταν ο ρομποτικός βραχίονας του Viking 1 έβαλε ένα δείγμα από το έδαφος του Άρη σε έναν από τους πειραματικούς θαλάμους, παράχθηκε ένα υπερβολικό ποσό οξυγόνου, που αποτέλεσε μια πιθανή ένδειξη κάποιας μορφής ζωής φυτών στο έδαφος. Αλλά, προς απογοήτευση των επιστημόνων, όταν το ίδιο πείραμα πραγματοποιήθηκε με το Viking 2, δεν βρέθηκαν αντίστοιχα σημάδια ζωής. Το ερώτημα αν υπάρχει ζωή στον Άρη παραμένει αναπάντητο (Matarić, 2010).



Εικόνα 10. Ρομπότ στο διάστημα - Τύπο Rover

Ένα διαφορετικό είδος ρομπότ που ονομάζεται "aerobot" χρησιμοποιήθηκε από τους Σοβιετικούς και τους Γάλλους επιστήμονες ώστε να αναλύσουν την ατμόσφαιρα της Αφροδίτης, ως μέρος της αποστολής του Vega (σκάφος τύπου αερόστατου) το 1985. Δύο μπαλόνια επικαλυμένα με λεπτό υμένιο teflon (aerobots) που έφεραν

επιστημονικά όργανα περνούσαν μέσα από την πυκνή ατμόσφαιρα της Αφροδίτης για σαράντα οκτώ ώρες, ενώ οι ερευνητές κατέγραφαν τη θερμοκρασία, την πίεση, την κατακόρυφη ταχύτητα του ανέμου, και μετρήσεις ορατότητας. Ξεχωριστές ενότητες προσγείωσης έφεραν όργανα ανάλυσης για τον προσδιορισμό της σύνθεσης της ατμόσφαιρας και της επιφάνειας κατά την προσγείωση. Πιο προηγμένη τεχνολογία aerobot αναπτύχθηκε για το πείραμα Mars Aerobot, τεχνολογία της NASA, που έχει προγραμματιστεί για τον Απρίλιο του 2003 (Matarić, 2007).

Το διαστημικό λεωφορείο αναπτύχθηκε ως ένα επαναχρησιμοποιήσιμο διαστημικό σκάφος για να αντικαταστήσει τα δαπανηρά τα οχήματα μιας μόνο χρήσης που σημάδεψαν την εποχή του Apollo. Σε δεύτερη αποστολή του το Νοέμβριο του 1981, οι αστροναύτες πάνω στο διαστημικό λεωφορείο Columbia δοκίμασαν το σύστημα απομακρυσμένου χειρισμού, ένα ρομποτικό βραχίονα που βρίσκεται στον κόλπο του φορτίου. Το RMS έχει μήκος 15 μέτρα και 38 εκατοστά σε διάμετρο και ζυγίζει 411 κιλά. Έχει ένα ώμο (επισυνάπτεται στο κόλπο φορτίου), μια ελαφριά κεραία που χρησιμεύει ως το άνω τμήμα του βραχίονα, μια άρθρωση αγκώνα, μια κάτω κεραία βραχίονα, έναν καρπό, και έναν «τελεστή» (ένα εργαλείο λαβής το οποίο χρησιμεύει ως χέρι) που μπορεί να τραβήξει ένα ωφέλιμο φορτίο. Το RMS σχεδιάστηκε για να άρει ένα δορυφόρο βάρους μέχρι 29.500 κιλά (65.000 λίβρες) από το ωφέλιμο φορτίο του διαστημικού λεωφορείου και να το αφήσει στο διάστημα. Μπορεί επίσης να ανακτήσει τους ελαττωματικούς δορυφόρους σε τροχιά για να επισκευαστούν από τους αστροναύτες. Ίσως το μεγαλύτερο επίτευγμα των RMS ήταν η ανάκτηση και η επισκευή του διαστημικού τηλεσκοπίου Hubble (HST), του οποίου το αρχικά ελαττωματικό πρωτεύον κάτοπτρο παρήγαγε θολές εικόνες. Αφού τραβήχτηκε από τα RMS και επισκευάστηκε χρησιμοποιώντας διορθωτική οπτική το 1993, το HST άρχισε να παρέχει υψηλής ποιότητας φωτογραφίες, που οι αστρονόμοι ανέμεναν εδώ και καιρό (Giralt, 1997).

Μετά από δύο δεκαετίες συζήτησης σχετικά με την ανάγκη διερεύνησης του πλησιέστερου της Γης πλανήτη στο ηλιακό σύστημα, το Mars Pathfinder προσγειώθηκε στον κόκκινο πλανήτη στις 4 Ιουλίου του 1997, και παρουσίασε ένα ρομποτικό τηλεχειριζόμενο όχημα με έξι τροχούς που ονομαζόταν Sojourner ώστε να εξερευνήσει την περιοχή. Με ύψος μόλις 30 εκατοστά και μοιάζοντας με ένα κυλιόμενο πίνακα με επίπεδους ηλιακούς συλλέκτες που έβλεπαν προς τον ουρανό για να απορροφούν την ενέργεια από τον ήλιο, το Sojourner περιηγούταν σε μικρές αποστάσεις για να λάβουν εικόνες από ενδιαφέροντα πετρώματα. Χρησιμοποιούσε

Εικόνα 11. Το aerobot

δύο στερεοσκοπικές κάμερες που τοποθετήθηκαν στο μπροστινό μέρος του για να βλέπουν το έδαφος σε τρεις διαστάσεις, όπως συμβαίνει και με τον άνθρωπο με τα ελαφρώς διαχωρισμένα στερεοσκοπικά μάτια. Μια ακτίνα λέιζερ συνεχώς σάρωνε την περιοχή αμέσως μπροστά από Sojourner ώστε να αποφευχθούν συγκρούσεις με αντικείμενα, που θα είχε αποτέλεσμα να καταστραφούν οι κάμερες. Το Sojourner ανέλυσε τη χημική σύνθεση δεκαπέντε βράχων χρησιμοποιώντας φασματόμετρο ακτίνων X άλφα πρωτονίων. Η NASA σχεδιάζει να προσγειωθεί ένα ζευγάρι προηγμένων ρόβερ στον Άρη το 2003 (Dudek & Jenkin,

2010).



Οι μηχανικοί έχουν αρχίσει να σκέφτονται τα ρομπότ σε μια πιο ανθρώπινη κλίμακα και πάλι. Δεδομένου ότι το διαστημικό λεωφορείο και ο Διεθνής Διαστημικός Σταθμός έχουν σχεδιαστεί σε

ανθρώπινη κλίμακα, το να υπάρχουν ρομπότ κατασκευασμένα με την ίδια κλίμακα θα είναι επωφελές για την εργασία στα διαστημικά σκάφη. Η NASA ανέπτυξε το Robonaut, ένα ανθρωποειδές ρομπότ αστροναύτη περίπου στο μέγεθος ενός ανθρώπου αστροναύτη, με το κεφάλι τοποθετημένο σε ένα κορμό, ένα πρωτόγονο ηλεκτρονικό εγκέφαλο που του επιτρέπει να λαμβάνει αποφάσεις σχετικά με το έργο του, τέσσερις κάμερες για μάτια, μια μύτη με ένα υπέρυθρο θερμόμετρο για να μετρά τη θερμοκρασία ενός αντικειμένου, δύο σκέλη που περιέχουν 150 αισθητήρες καθένα, και δύο χέρια πέντε δαχτύλων για επιδέξιο χειρισμό των αντικειμένων.

Λειτουργεί από μόνο του ή σε συνδυασμό αστροναύτες σε διαστημικές περιηγήσεις για την κατασκευή ή την επισκευή του εξοπλισμού (Corke, 2011).

Οι μηχανικοί ρομποτικής εργάζονται επίσης σε project βοηθού δορυφόρου, που έχει είναι μια σφαίρα μεγέθους μπάλας τένις που θα βρίσκεται κοντά σε έναν αστροναύτη σε ένα διαστημόπλοιο, παρακολουθώντας το περιβάλλον για το οξυγόνο και το μονοξείδιο του άνθρακα, τις συγκεντρώσεις, την ανάπτυξη των βακτηρίων, και τη θερμοκρασία του αέρα και την πίεση. Θα παρέχει επίσης επιπλέον δυνατότητες ήχου και βίντεο, δίνοντας στον αστροναύτη επιπλέον μάτια και αυτιά (Angelo, 2007).

2.2. Τα ρομπότ με την επιστήμη των υπολογιστών

Η παραδοσιακή ρομαντική απεικόνιση του ρομπότ είναι σαν μια ανθρωπόμορφη, αυτόνομη οντότητα που διαθέτει ευφυΐα και περπατά και μιλά με τρόπο που μιμείται την ανθρώπινη συμπεριφορά. Η αλήθεια δεν είναι τόσο λαμπερή. Τα ρομπότ είναι ηλεκτρομηχανικά μηχανήματα που σπάνια μοιάζουν με την ανθρώπινη μορφή. Αντ' αυτού, η συντριπτική πλειοψηφία των ρομπότ είναι συχνά συνδεδεμένη με ένα σημείο και αποτελούνται από ένα μόνο εύκαμπτο βραχίονα.

Ο σκοπός της ρομποτικής τεχνολογίας είναι ουσιαστικά να πραγματοποιήσει επαναλαμβανόμενες, δυνητικά επικίνδυνες χειρωνακτικές δραστηριότητες που απαιτούν σωματική προσπάθεια, έτσι ώστε οι άνθρωποι να απαλλαγούν από τα καθήκοντα αυτά. Παραδείγματα αυτού του τύπου των εργασιών περιλαμβάνουν την εργασία σε μια γραμμή συναρμολόγησης της παραγωγής στην βιομηχανία, το χειρισμό επικίνδυνων υλικών, και ενασχόληση με επικίνδυνα περιβάλλοντα, όπως υπόγεια ορυχεία, υποβρύχια εργοτάξια, και εργοστάσια με εκρηκτικές ύλες. Τα βιομηχανικά ρομπότ μπορούν επίσης να προγραμματιστούν να λειτουργούν είκοσι τέσσερις ώρες την ημέρα για να μεγιστοποιήσουν την παραγωγικότητα σε περιβάλλοντα κατασκευών, κάτι που οι εργαζόμενοι δεν ήταν ποτέ σε θέση να κάνουν (Siciliano & Khatib, 2008).

Τα συμβατικά ρομπότ έχουν μια βάση η οποία είναι συνήθως στερεωμένη στο δάπεδο, αλλά μπορεί επίσης να συνδέεται με μια ράγα ή έναν ατσάλινο σκελετό (πλατφόρμα), που επιτρέπει την κίνηση ολισθήσεως. Ένας βραχίονας που ονομάζεται χειριστής, ο οποίος είναι ευέλικτος και είναι ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά του ρομπότ, είναι συνδεδεμένος με τη βάση. Στην άκρη του βραχίονα είναι μια επισυναπτόμενη συσκευή που ονομάζεται άκρο-τελεστής. Αυτό είναι το σημείο τοποθέτησης για εναλλάξιμες λαβές ή εργαλεία. Ο βραχίονας κινείται με τη χρήση είτε υδραυλικών είτε πνευματικών ενεργοποιητών, ή εργαλείων, διασυνδέσεων, και καλώδια που οδηγούνται από ηλεκτρικούς κινητήρες. Οι κινητήρες που χρησιμοποιούνται είναι συνήθως τύπου stepper ή servo. Οι servo κινητήρες περιστρέφονται σε μια επιθυμητή ταχύτητα κάτω από μια εντολή, ενώ οι stepper κινητήρες περιστρέφονται με δεδομένη γωνιακή μετατόπιση (σε βήματα ορισμένου αριθμού βαθμών) πριν από τη διακοπή. Με τον τρόπο αυτό, η ελεγχόμενη κίνηση του βραχίονα μπορεί να επηρεαστεί σε μια περιοχή γνωστή ως χώρος εργασίας ή συγκροτήματος λειτουργίας (Sciavicco & Villani, 2009).

Ανάλογα με τον αριθμό των άκρων και το είδος και τον αριθμό των αρθρώσεων που έχει ο βραχίονας, το ρομπότ θα περιγραφεί ως έχοντας έναν ορισμένο αριθμό βαθμών ελευθερίας κινήσεων. Αυτό δείχνει την επιδεξιότητα με την οποία το ρομπότ μπορεί να λειτουργήσει χρησιμοποιώντας εργαλεία και συσκευές. Ένα τυπικό ρομπότ μέτριας πολυπλοκότητας έχει τρεις βαθμούς ελευθερίας συμπεριλαμβανομένων της μεταφορικής κίνησης και ενός περιστρεφόμενου καρπού στο άκρο-τελεστή. Ο όρος «ωφέλιμο φορτίο» χρησιμοποιείται για να αναφερθεί στη μάζα που το ρομπότ είναι ικανό να ανυψώσει στο άκρο τελεστή. Ένα ωφέλιμο φορτίο πάνω από 100 χιλιόγραμμα, δεν είναι ασυνήθιστο, και τα φορτία που είναι πέρα από τις ικανότητες των περισσότερων εργατών δεν αποτελούν πρόβλημα για ένα κατάλληλα δομημένο ρομπότ. Εκτός από το χειρισμό μαζικών ωφέλιμων φορτίων, ορισμένα εξειδικευμένα ρομπότ είναι σε θέση να συνεργαστούν με υψηλό βαθμό ακρίβειας, με πολλά από αυτά να εγγυούνται την ακρίβεια τοποθέτησης σε κλάσμα του ενός χιλιοστού (Matarić, 2007).

Ένας άλλος τύπος ρομπότ είναι τα κινητά ρομπότ. Αυτά προσφέρουν χαρακτηριστικά που είναι ασυνήθιστα σε τυποποιημένα βιομηχανικά ρομπότ που χρησιμοποιούνται στις γραμμές παραγωγής. Αντ' αυτού, τα κινητά ρομπότ συχνά μετακινούνται με

τροχούς ή ερπύστριες και διαθέτουν εξοπλισμό τηλεμετρίας, όπως κάμερες, μικρόφωνα, και αισθητήρες άλλων τύπων. Η πληροφορία που συλλέγουν κατόπιν κωδικοποιείται και μεταδίδεται σε έναν απομακρυσμένο σταθμό υποδοχής όπου οι ανθρώπινοι φορείς ερμηνεύουν την πληροφορία και καθοδηγούν το κινητό ρομπότ. Τα κινητά ρομπότ χρησιμοποιούνται συχνά για να χειριστούν επικίνδυνα εμπορεύματα, όπως εκρηκτικά, αλλά ίσως το καλύτερο παράδειγμα αυτού του τύπου ρομπότ ήταν το rover Sojourner του Mars Pathfinder στην αποστολή του 1997, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως. Αυτό το μικρό ρομπότ απέδειξε ότι ήταν δυνατό να καθοδηγηθεί αξιόπιστα και με ακρίβεια ένα μικρό ρομποτικό όχημα ανεξαρτήτως της τεράστιας απόστασης μεταξύ της Γης και του Άρη (Niku, 2010).

Πέρα από την πηγή της ενέργειας που απαιτείται για την κίνηση του ρομπότ, γενικά χρησιμοποιείται ένα σύστημα ηλεκτρονικού υπολογιστή κάποιου είδους για να ελέγξει τις ενέργειές του. Το σύστημα λειτουργεί σε πραγματικό χρόνο τόσο για το χειρισμό των κινήσεων του ρομπότ όσο και για να παρακολουθεί τις δράσεις του και για να εξασφαλίσει ότι συμμορφώνεται με τις οδηγίες. Τα σήματα εντολών που αποστέλλονται στους κινητήρες για να κινηθεί, και οι ειδικές συσκευές ανίχνευσης που ονομάζονται μετατροπείς χρησιμοποιούνται για να μετρηθεί η ποσότητα της πραγματικής κίνησης. Εάν η πραγματική κίνηση δεν αντιστοιχεί στη ζητούμενη κίνηση, τότε το σύστημα του υπολογιστή ειδοποιείται και προβαίνει σε περαιτέρω προσαρμογές. Αυτή η συνεχής μέτρηση των δραστηριοτήτων του ρομπότ ονομάζεται ανατροφοδότηση και είναι υψίστης σημασίας για τη διασφάλιση του ακριβούς έλεγχου των κινήσεων του. Η τρισδιάστατο γεωμετρία είναι η κύρια μαθηματική προσέγγιση που χρησιμοποιείται για να καθορίσει τη δυναμική των ρομπότ. Οι αναπαραστάσεις matrix της περιστροφής και η μεταγραφική κίνηση είναι ο επιλεγμένος τρόπος προγραμματισμού των απαιτούμενων κινήσεων του βραχίονα και του άκρου-τελεστή (Angelo, 2007).

Συχνά, ένας αρκετά μικρός υπολογιστής είναι υπεύθυνος για τη διαχείριση των κινήσεων ενός ρομπότ. Ωστόσο, σε μεγάλες εγκαταστάσεις που περιέχουν πολλά ρομπότ, είναι επίσης απαραίτητο να συντονιστούν οι συλλογικές ενέργειες τους αποτελεσματικά. Αυτό σημαίνει ότι οι υπόλοιποι υπολογιστές θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν σε εποπτικό ρόλο. Το εποπτικό σύστημα του υπολογιστή λειτουργεί σε ένα πιο αφηρημένο επίπεδο, εξασφαλίζοντας ότι οι συνολικές διαδικασίες

παραγωγής μπορούν να πραγματοποιηθούν αποτελεσματικά. Μεταβιβάζει εντολές στους μεμονωμένους υπολογιστές που συνδέονται με τα ρομπότ, αφήνοντας τους να πραγματοποιούν τις λεπτομέρειες της κάθε ανατεθειμένης εργασίας. Ως παράδειγμα, ο εποπτικός υπολογιστής θα μπορούσε να λάβει ένα σχέδιο computer-aided design (CAD), ενός σύνθετου συγκροτήματος και να διαχωρίσει τα διάφορα μέρη από το σχέδιο, για την κατασκευή τους από μια ομάδα από μεμονωμένα ρομπότ. Τα ρομπότ μπορούν να φορτωθούν με νέα εργαλεία ώστε να καλύψουν αυτά τα νέα καθήκοντα και στη συνέχεια ο εποπτικός υπολογιστής μπορεί να αποστείλει τις συντεταγμένες για τους υπολογιστές και τις εντολές για τη λήψη, τη μετακίνηση, την κοπή, την συμπίεση ή ό, τι άλλο απαιτείται, άμεσα από τα σχέδια CAD (Κουμπουλής & Μέρτζιος, 2002).

Το μέλλον προσφέρει μια εξαιρετική ευκαιρία για την ρομποτική τεχνολογία. Διάφοροι τομείς της έρευνας κάνουν σιγά σιγά σημαντικά βήματα προς το να ακολουθήσουν το ρεύμα. Το όραμα της τεχνητής νοημοσύνης και των ρομπότ προσθέτει σε αυτά, νέα χαρακτηριστικά κάθε έτος. Προτείνεται επίσης ότι τα μικροσκοπικά ρομπότ θα μπορούσαν να αναπτυχθούν χρησιμοποιώντας τα αποτελέσματα των εξελίξεων στη νανοτεχνολογία, επεκτείνοντας το σημερινό ρόλο τους στην ιατρική επιστήμη, όπου ήδη βοηθούν στην εκτέλεση χειρουργικών επεμβάσεων (Bekey, 2008).

2.3. Ανθρωπομορφικά ρομπότ

Πολλά ρομπότ είναι ανθρωπόμορφα. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι φαίνονται, και λειτουργούν όπως ο άνθρωπος. Οι επιστήμονες και οι μηχανικοί συχνά σχεδιάζουν ρομπότ να μοιάζουν με ανθρώπους ή άλλα ζώα. Η κατασκευή μηχανών που λειτουργούν αυτόνομα είναι δύσκολο έργο, και έτσι οι ερευνητές ξεκινούν με τα ζώα και τους ανθρώπους ως μοντέλα, επειδή αποτελούν υποδείγματα των μηχανισμών εργασίας.

Το πρώτο ρομπότ βραχίονας κατασκευάστηκε για να είναι και να λειτουργεί σαν ένα χέρι. Το πρώτο κινητό ρομπότ είχε μια κεφαλή ανθρώπινου τύπου. Τα περισσότερα ρομπότ με πόδια βαδίζουν με άκρα που έχουν αντιγραφεί από θηλαστικά, έντομα, ή σαύρες. Πολλοί αισθητήρες είναι σχεδιασμένοι να χρησιμοποιούν τις ίδιες πληροφορίες που οι άνθρωποι χρησιμοποιούν: η όραση μέσω καμερών και

Εικόνα 12. Ανθρωπομορφικά ρομπότ

υπολογιστών επιτρέπει στα ρομπότ να βλέπουν.

Κεραίες και διακόπτες επαφής επιτρέπουν στο ρομπότ να αισθάνονται, και οι ερευνητές ακόμα εργάζονται στις ηλεκτρονικές συσκευές που θα επιτρέψουν στα ρομπότ να μυρίζουν (Κανάραχος, 2001).

Ωστόσο, τα ρομπότ δεν πρέπει να είναι ανθρωπόμορφα. Καθώς οι μηχανικοί σχεδιάζουν ρομπότ από το μηδέν, μπορούν να τα προσαρμόσουν για οποιαδήποτε δουλειά χρειάζονται. Έτσι, ένα ρομπότ καθαρισμού σωλήνων θα μπορούσε να έχει σφιγκτήρες που του επιτρέπουν να ανιχνεύσουν το εσωτερικό κατά μήκος ενός σωλήνα. Πολλά ρομπότ έχουν αισθητήρες φάσματος που τους επιτρέπει να μετρήσουν την ακριβή απόσταση μεταξύ ενός αντικειμένου και κάποιου άλλου.



2.4. Ρομπότ για στρατιωτική χρήση

Ρομποτική τεχνολογία παίζει σημαντικό ρόλο στον στρατό και ιδιαίτερα

στις Ηνωμένες Πολιτείες. Οι τρέχουσες εκτιμήσεις ανεβάζουν τον αριθμό των ρομπότ στο έδαφος του Αφγανιστάν σε πάνω από 2.000. Αυτά τα ρομπότ εξυπηρετούν διάφορους σκοπούς και συχνά είναι το κλειδί για την επιτυχία πολλών στρατιωτικών αποστολών.

Επί του παρόντος, ο στρατός των Ηνωμένων Πολιτειών χρησιμοποιεί δέκα διαφορετικούς τύπους ρομπότ για μάχη. Τα πιο διάσημα από αυτά τα ρομπότ είναι τα Predator Drone.

General Atomics MQ-1 Predator

Το MQ-1 Predator τέθηκε για πρώτη φορά σε λειτουργία το 1995 από την Κεντρική Υπηρεσία Πληροφοριών και την Πολεμική Αεροπορία των Ηνωμένων Πολιτειών. Ήταν τα πρώτα ρομπότ που ήταν επιφορτισμένα με την αρμοδιότητα να πετούν πάνω από το εχθρικό έδαφος για αποστολές αναγνώρισης, αλλά αργότερα αναβαθμίστηκαν προκειμένου να καλύπτουν την μεταφορά πυραύλων. Αυτός ο τύπος drone έχει



χρησιμοποιηθεί σε διάφορα μέρη της Ανατολικής Ευρώπης, της Μέσης Ανατολής και σε βόρειες περιοχές της Αφρικής (Corke, 2011).

DRDO Daksh

Το Daksh είναι ένα τηλεχειριζόμενο ρομπότ που χρησιμοποιείται κυρίως για την ανακάλυψη, την ανάκτηση ή την καταστροφή βομβών.

Ενώ αυτό το ικανό ρομπότ έχει μια απλοϊκή σχεδίαση, οι δυνατότητές του είναι απίστευτες. Μπορεί να παράγει ακτινογραφίες



ύποπτων αντικειμένων, να ανοίξει κλειδαριές με όπλο και ακόμη να εκτονώσει μια βόμβα. Το ρομπότ αποτελείται επίσης από τρεις άξονες που το καθιστούν ικανή να ανεβαίνει σκάλες για να φτάσει στο στόχο του.

Μια από τις σημαντικότερες συνεισφορές

της ρομποτικής είναι η ικανότητα χρήσης της σε σκηνές εγκλήματος και σε πεδία βομβαρδισμών. Παρέχουν τα ρομπότ αυτά το απίστευτο όφελος της διαφύλαξης αμέτρητων ζωών. Αυτό το είδος εξοπλισμού είναι απαραίτητο στις στρατιωτικές και αστυνομικές δυνάμεις. Επιπλέον, τα ρομπότ σε σκηνές εγκλήματος βοηθούν επίσης στην συγκέντρωση πληροφοριών. Λέγοντας αυτό, εννοούνται τα ρομπότ που μπορούν να εντοπίσουν τις πληροφορίες που υπερβαίνουν τις αισθήσεις μας. Σε πιο προηγμένο τεχνολογικό επίπεδο, τα ρομπότ διαθέτουν ακτίνες χ, υπέρυθρες ακτίνες και σόναρ (Dudek & Jenkin, 2010)



2.5. Ρομποτική για τεχνητά άκρα

Οι περισσότεροι από τους ρομποτικούς βραχίονες που χρησιμοποιούνται σήμερα από ορισμένα ακρωτηριασμένα άτομα είναι περιορισμένης πρακτικότητας, καθώς έχουν μόνο δύο έως τρεις βαθμούς ελευθερίας, επιτρέποντας στο χρήστη να κάνει μια απλή κίνηση κάθε φορά. Ελέγχονται με συνειδητή προσπάθεια, που σημαίνει ότι ο χρήστης δεν μπορεί να κάνει τίποτε άλλο, ενώ κινείται το άκρο.

Μια νέα γενιά πολύ πιο εξελιγμένων και ζωντανών προσθετικών βραχιόνων, που χρηματοδοτήθηκε στις Ηνωμένες Πολιτείες από την Υπηρεσία Project Εξελιγμένης Έρευνας (DARPA), μπορεί να είναι διαθέσιμα μέσα στα επόμενα πέντε έως 10 χρόνια. Δύο διαφορετικά πρωτότυπα που κινούνται με την επιδεξιότητα ενός φυσικού

Εικόνα 15. Ρομποτικό τεχνητό άκρο άκρου και μπορούν θεωρητικά να ελέγχονται μόνο διαισθητικά, δηλαδή με ηλεκτρικά σήματα που καταγράφονται απευθείας από τον εγκέφαλο, αρχίζουν τώρα να δοκιμάζονται κλινικά σε ανθρώπους (Matarić, 2010).

Τα πρώτα αποτελέσματα από μία από αυτές τις μελέτες, τις πρώτες δηλαδή δοκιμές ενός παράλυτου ανθρώπου στον έλεγχο ενός ρομποτικού βραχίονα με πολλούς βαθμούς ελευθερίας, παρουσιάστηκε στο συνέδριο της Εταιρείας Νευροεπιστημών το Νοέμβριο του 2010.

Τα νέα σχέδια έχουν περίπου 20 βαθμούς ανεξαρτησίας στην κίνηση, ένα σημαντικό άλμα όσον αφορά την υπάρχουσα τεχνολογία, και μπορούν να λειτουργούν με μια ποικιλία διεπαφών. Μια συσκευή, που αναπτύχθηκε από τη εταιρεία DEKA Έρευνα και Ανάπτυξη, μπορεί να ελεγχθεί συνειδητά χρησιμοποιώντας ένα σύστημα μοχλών σε ένα παπούτσι (Thrun, et al, 2012).

Σε μια περισσότερο επεμβατική, αλλά και πιο διαισθητική προσέγγιση, οι ακρωτηριασμένοι υποβάλλονται σε χειρουργική επέμβαση για να μετακινηθούν τα υπόλοιπα νεύρα από τα άκρα που έχουν χάσει στους μυς του στήθους. Η σκέψη της κίνησης του βραχίονα, προκαλεί συσπάσεις στους μύες του στήθους, το οποίο με τη σειρά του κινεί το πρόσθετο μέλος. Αλλά αυτή η προσέγγιση λειτουργεί μόνο σε εκείνους με αρκετά υπολειπόμενη χωρητικότητα νεύρων, και αυτό παρέχει ένα περιορισμένο επίπεδο ελέγχου. Για να επωφεληθούν πλήρως από την δεξιοτεχνία αυτών των προσθετικών μελών, και να τα κάνουν να λειτουργήσουν σαν ένα πραγματικό χέρι, οι επιστήμονες θέλουν να τα ελέγχουν με τα σήματα του εγκεφάλου (Sciavicco & Villani, 2009).

Περιορισμένος έλεγχος των νευρικών εμφυτευμάτων σε σοβαρά παράλυτους ασθενείς ήταν σε εξέλιξη τα τελευταία πέντε χρόνια. Σε περίπου πέντε άτομα έχουν εμφυτευθεί τσιπ μέχρι σήμερα, και έχουν τη δυνατότητα να ελέγχουν τους δρομείς σε μια οθόνη υπολογιστή, να οδηγούν μια αναπηρική πολυθρόνα, και ακόμη ανοίξουν και να κλείσουν μια πένσα με ένα πολύ απλό ρομποτικό βραχίονα. Πιο εκτεταμένες δοκιμές σε πιθήκους στους οποίους εμφυτεύθηκες τσιπ δείχνει ότι τα ζώα μπορούν να μάθουν να ελέγχουν ένα σχετικά απλό προσθετικό χέρι σε ένα χρήσιμο τρόπο, χρησιμοποιώντας το για να αρπάζει και να φάει ένα κομμάτι φαγητού (Thrun, et al, 2012).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΡΟΜΠΟΤΙΚΗ ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗ

3.1. Εισαγωγή

Τα ρομπότ είναι ανοικτές κινηματικές αλυσίδες στερεών σωμάτων που ονομάζονται σύνδεσμοι (links), συνδεδεμένων σειριακά μέσω ανεξάρτητα κινούμενων αρθρώσεων (joints). Το ένα άκρο, η βάση του ρομπότ, είναι σταθερά στερεωμένο στο έδαφος, ενώ το άλλο άκρο, στο οποίο είναι συνήθως προσαρτημένο ένα εργαλείο (tool) ή ένα τελικό στοιχείο δράσης (end-effector), μπορεί να κινείται ελεύθερα στο χώρο και να ασκεί δυνάμεις ή/και ροπές σε αντικείμενα που χειρίζεται το ρομπότ κατά την εκτέλεση εργασιών. Κάθε ζεύγος συνδέσμου-άρθρωσης αποτελεί ένα βαθμό ελευθερίας (BE, Degree-Of-Freedom - DOF). Ένας BE μπορεί να είναι περιστροφικός (δηλαδή να εκτελεί περιστροφή γύρω από έναν άξονα) ή γραμμικός-πρισματικός (δηλαδή να εκτελεί μετατόπιση κατά μήκος ενός άξονα). Σήμερα έχουν αναπτυχθεί διάφοροι τύποι υβριδικών μηχανισμών αρθρώσεων, όπως σφαιρικοί, κοχλιωτοί (δηλαδή, πρισματικοί και περιστροφικοί ταυτόχρονα), κ.ά.

Το πρόβλημα του ρομποτικού ελέγχου επικεντρώνεται στο σχεδιάσμά ευσταθών (stable), σθεναρών (εύρωστων - robust) και υπολογιστικά αποδοτικών αλγορίθμων που συντονίζουν την κίνηση των αρθρώσεων και επιτρέπουν στο ρομπότ να ακολουθεί μία συγκεκριμένη τροχιά που περιγράφεται συνήθως σε ένα καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων (cartesian coordinate system). Το σταθερό αυτό σύστημα, καλείται απόλυτο (universal, global) και ισοδυναμεί με ένα ακίνητο σύστημα

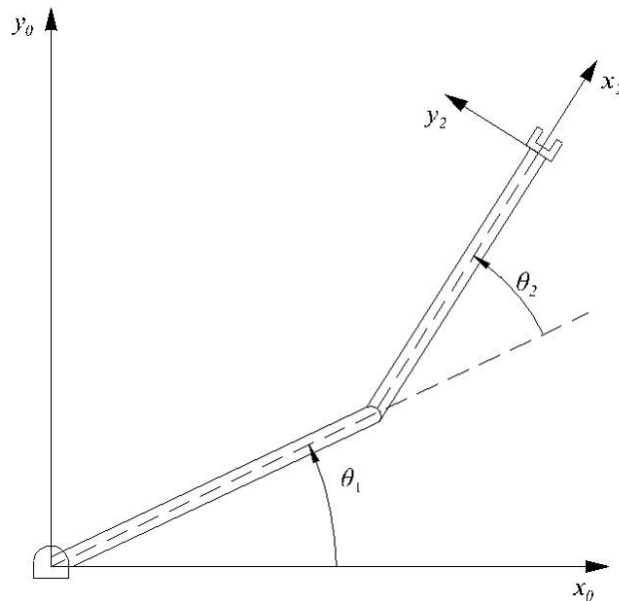
αναφοράς στο οποίο αναφέρονται όλα τα αντικείμενα του χώρου καθώς και το ίδιο το ρομπότ.

Η κινηματική (kinematics) ασχολείται με τη βασική γεωμετρία των μηχανισμών. Εάν ένας αρθρωτός χειριστής (articulated manipulator) θεωρηθεί ως ένας μηχανισμός που παράγει μία θέση (position) και ένα προσανατολισμό (orientation), πρέπει να προσδιορισθούν οι σχέσεις μεταξύ αυτών των ποσοτήτων και των μετατοπίσεων των αρθρώσεων, δηλαδή των μετρήσιμων και ελέγξιμων μεταβλητών. Ως θέση νοείται η θέση του άκρου του μηχανισμού στο χώρο, ενώ ως προσανατολισμός νοείται η κατεύθυνση της προσέγγισης του τελευταίου συνδέσμου ή του τελικού στοιχείου δράσης. Η θέση και ο προσανατολισμός μαζί, συγκροτούν την έννοια της τοποθέτησης (pose). Ενώ η θέση είναι εύκολα αντιληπτή και σε χώρους μεγαλύτερης διάστασης, η έννοια του προσανατολισμού, όπως και της περιστροφής, περιπλέκονται. Για το λόγο αυτό εξετάζονται πρώτα επίπεδοι μηχανισμοί. Σε δύο διαστάσεις, όπως θα δειχθεί και στη συνέχεια, απαιτούνται δύο ΒΕ για την παραγωγή οποιασδήποτε θέσης μέσα σε ένα δεδομένο χώρο εργασίας, ενώ για την επίτευξη και προσανατολισμού του τελευταίου συνδέσμου απαιτείται ένας ακόμη ΒΕ.

3.2. Ορθή κινηματική

Ορίζουμε ένα σύστημα συντεταγμένων βάσης. Οι συντεταγμένες (x,y) του ρομποτικού βραχίονα εκφράζονται ως προς το σύστημα βάσης ως:

$$\begin{aligned}x &= a_1 \cos(\theta_1) + a_2 \cos(\theta_1 + \theta_2) \\y &= a_1 \sin(\theta_1) + a_2 \sin(\theta_1 + \theta_2)\end{aligned}$$



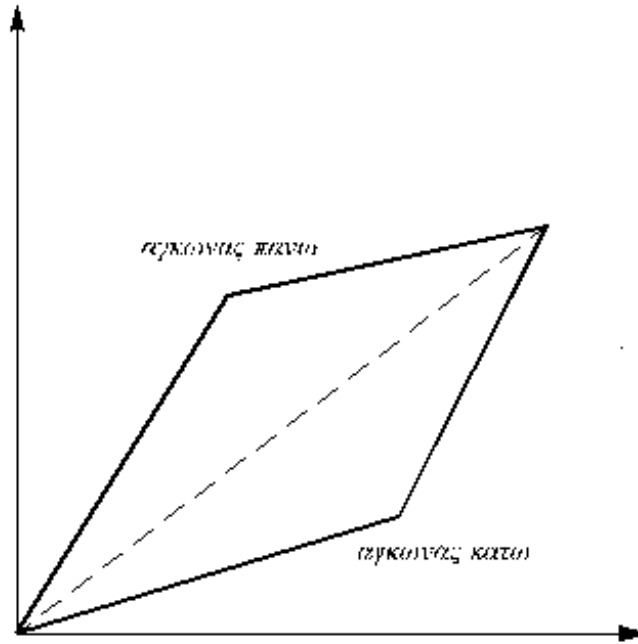
Εικόνα 16. Σύστημα συντεταγμένων βάσης (base or world frame)

Ο προσανατολισμός του ρομποτικού βραχίονα εκφράζεται ως προς το σύστημα βάσης ως:

$$\begin{aligned}
 i_2 i_0 &= \cos(\theta_1 + \theta_2) \\
 i_2 j_0 &= -\sin(\theta_1 + \theta_2) \\
 j_2 i_0 &= \sin(\theta_1 + \theta_2) \\
 j_2 j_0 &= \cos(\theta_1 + \theta_2)
 \end{aligned}
 \quad
 \begin{bmatrix}
 i_2 i_0 & j_2 i_0 \\
 i_2 j_0 & j_2 j_0
 \end{bmatrix}
 =
 \begin{bmatrix}
 \cos(\theta_1 + \theta_2) & -\sin(\theta_1 + \theta_2) \\
 \sin(\theta_1 + \theta_2) & \cos(\theta_1 + \theta_2)
 \end{bmatrix}$$

3.3. Αντίστροφη κινηματική

Η αντίστροφη κινηματική είναι ο προσδιορισμός των γωνιών των συνδέσμων θ_1, θ_2 δεδομένων των συντεταγμένων (x, y) στις οποίες επιθυμούμε να οδηγηθεί το άκρο του ρομπότ. Εάν οι συντεταγμένες (x, y) είναι εκτός του χώρου κίνησης του ρομπότ τότε δεν υπάρχει λύση. Για κάποια θέση στο χώρο κίνησης του ρομπότ μπορεί να υπάρχουν μία ή και περισσότερες λύσεις.



Εικόνα 17. Ρομπότ 2 βαθμών ελευθερίας και δύο πιθανές λύσεις του προβλήματος ανάστροφης κινηματικής

Για την «κάτω» θέση ισχύει:

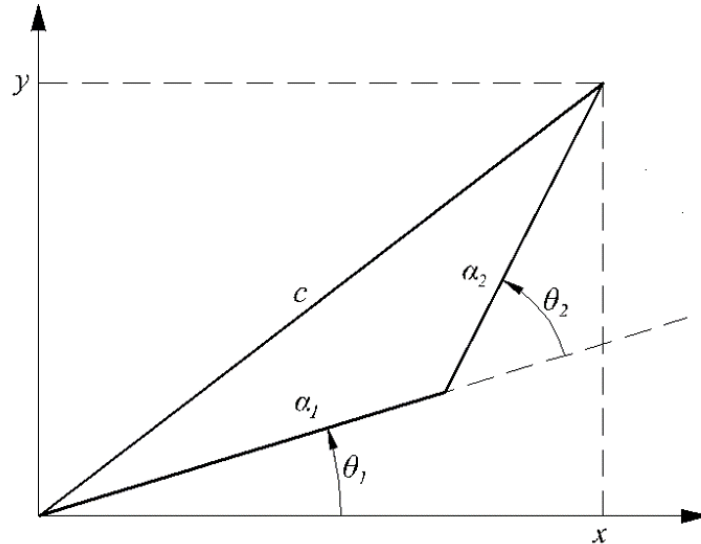
$$\cos(\theta_2) = \frac{x^2 + y^2 - a_1^2 - a_2^2}{2a_1 a_2} := D$$

$$\theta_2 = \cos^{-1}(D)$$

Επιπλέον, ισχύει ότι:

$$\sin(\theta_2) = \pm\sqrt{1 - D^2}$$

$$\theta_2 = \tan^{-1} \frac{\pm\sqrt{1 - D^2}}{D} \quad \theta_1 = \tan^{-1}(y/x) - \tan^{-1}\left(\frac{a_2 \sin \theta_2}{a_1 + a_2 \cos \theta_2}\right)$$



Εικόνα 18. Η γεωμετρία της «κάτω» θέσης

Η τελευταία σχέση καλύπτει και τις δύο πιθανές λύσεις για αγκώνα «πάνω» ή «κάτω».

Έστω ότι ο πίνακας $U = (u_{ij}) \in SO(3)$ δίνεται και ότι R_3^6 είναι ο μετασχηματισμός Euler ($R_0^1 = R_{z,\varphi}R_{y,\theta}R_{z,\psi}$). Το ζητούμενο είναι να βρεθούν οι γωνίες Euler φ, θ, ψ οι οποίες ικανοποιούν την ακόλουθη εξίσωση:

$$\begin{bmatrix} C\phi C\theta C\psi - S\phi S\psi & -C\phi C\theta S\psi - S\phi C\psi & C\phi S\theta \\ S\phi C\theta C\psi + C\phi S\psi & -S\phi C\theta S\psi + C\phi C\psi & S\phi S\theta \\ -S\theta C\psi & S\theta S\psi & C\theta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u_{11} & u_{12} & u_{13} \\ u_{21} & u_{22} & u_{23} \\ u_{31} & u_{32} & u_{33} \end{bmatrix}$$

Αν τα u_{13} και u_{23} δεν είναι ταυτόχρονα μηδέν και $u_{33} \neq \pm 1$ τότε έχουμε:

$$C_\theta = u_{33}, S_\theta = \pm \sqrt{1 - u_{33}^2}$$

Συνεπώς, ισχύουν οι ακόλουθες σχέσεις:

$$\theta = A \tan(u_{33}, \sqrt{1 - u_{33}^2})$$

$$\theta = A \tan(u_{33}, -\sqrt{1 - u_{33}^2})$$

Αν επιλέξουμε την πρώτη τιμή για το θ τότε $\sin\theta > 0$ και

$$\phi = A \tan(u_{13}, u_{23})$$

$$\psi = A \tan(-u_{31}, u_{32})$$

Αν επιλέξουμε την δεύτερη τιμή για το θ τότε $\sin\theta < 0$ και

$$\phi = A \tan(-u_{13}, -u_{23})$$

$$\psi = A \tan(u_{31}, -u_{32})$$

Αν $u_{13} = u_{23} = 0$ τότε το γεγονός ότι ο U είναι ορθογώνιος συνεπάγεται ότι $u_{33} = \pm 1$ και ότι $u_{31} = u_{32} = 0$. Συνεπώς, ο U έχει τη μορφή:

$$U = \begin{bmatrix} u_{11} & u_{12} & 0 \\ u_{21} & u_{22} & 0 \\ 0 & 0 & \pm 1 \end{bmatrix}$$

Αν $u_{33} = 1$ τότε $\cos\theta = 1$ και $\sin\theta = 0$ έτσι ώστε $\theta = 0$ οπότε σε αυτή την περίπτωση έχουμε:

$$\begin{bmatrix} C\phi C\psi - S\phi S\psi & -C\phi S\psi - S\phi C\psi & 0 \\ S\phi C\psi + C\phi S\psi & -S\phi S\psi + C\phi C\psi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_{\phi+\psi} & -S_{\phi+\psi} & 0 \\ S_{\phi+\psi} & C_{\phi+\psi} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u_{11} & u_{12} & 0 \\ u_{21} & u_{22} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Υπολογίζουμε το άθροισμα:

$$\phi + \psi = A \tan(u_{11}, u_{21})$$

$$= A \tan(u_{11}, -u_{12})$$

Αν θέσουμε το $\varphi=0$ μπορούμε να υπολογίσουμε το ψ . Αν $u_{33}=-1$ τότε $\cos\theta=-1$ και $\sin\theta=0$ έτσι ώστε $\theta=\pi$ άρα:

$$\begin{bmatrix} -C_{\phi-\psi} & -S_{\phi-\psi} & 0 \\ S_{\phi-\psi} & C_{\phi-\psi} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u_{11} & u_{12} & 0 \\ u_{21} & u_{22} & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix}$$

Τελικά $\phi - \psi = A \tan(-u_{11}, -u_{12}) = A \tan(-u_{21}, -u_{22})$ οπότε και έχουμε άπειρες λύσεις.

Με δεδομένο τον πίνακα ομογενούς μετασχηματισμού:

$$H = \begin{bmatrix} R & d \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \in E(3) \quad R \in SO(3)$$

Πρέπει να προσδιοριστούν (μία ή όλες) οι λύσεις της εξίσωσης:

$$T_0^n(q_1, \dots, q_n) = H \quad T_0^n(q_1, \dots, q_n) = A_1 \dots A_n$$

Καταλήγουμε σε 12 μη γραμμικές εξισώσεις με n αγνώστους:

$$T_{ij}(q_1, \dots, q_n) = h_{ij} \quad i = 1, 2, 3 \quad j = 1, \dots, 4$$

Εξετάζουμε τον ρομποτικό βραχίονα Stanford. Η θέση και η κατεύθυνση του άκρου του ρομπότ δίνεται από το μετασχηματισμό:

$$T_0^6 = A_1 \dots A_6 = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & d_x \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & d_y \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & d_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Για να προσδιορίσουμε τις αντίστοιχες παραμέτρους των συνδέσμων $\theta_1, \theta_2, d_3, \theta_4, \theta_5, \theta_6$ πρέπει να λύσουμε το ακόλουθο σετ μη γραμμικών τριγωνομετρικών εξισώσεων:

$$\begin{aligned}
 r_{11} &= c_1 [c_2 (c_4 c_5 c_6 - s_4 s_6) - s_2 s_5 c_6] - s_1 (s_4 c_5 c_6 + c_4 s_6) \\
 r_{21} &= s_1 [c_2 (c_4 c_5 c_6 - s_4 s_6) - s_2 s_5 c_6] + c_1 (s_4 c_5 c_6 + c_4 s_6) \\
 r_{31} &= -s_2 (c_4 c_5 c_6 - s_4 s_6) - c_2 s_5 c_6 \\
 r_{12} &= c_1 [-c_2 (c_4 c_5 s_6 + s_4 c_6) + s_2 s_5 s_6] - s_1 (-s_4 c_5 s_6 + c_4 c_6) \\
 r_{22} &= s_1 [-c_2 (c_4 c_5 s_6 + s_4 c_6) + s_2 s_5 s_6] + c_1 (-s_4 c_5 s_6 + c_4 c_6) \\
 r_{32} &= s_2 (c_4 c_5 s_6 + s_4 c_6) + c_2 s_5 s_6 \\
 r_{13} &= c_1 (c_2 c_4 s_5 + s_2 c_5) - s_1 s_4 s_5 \\
 r_{23} &= s_1 (c_2 c_4 s_5 + s_2 c_5) + c_1 s_4 s_5 \\
 r_{33} &= -s_2 c_4 s_5 + c_2 c_5 \\
 d_x &= c_1 s_2 d_3 - s_1 d_2 + d_6 [c_1 c_2 c_4 s_5 + c_1 c_5 s_2 - s_1 s_4 s_5] \\
 d_y &= s_1 s_2 d_3 + c_1 d_2 + d_6 [c_1 s_4 s_5 + c_2 c_4 s_1 s_5 + c_5 s_1 s_2] \\
 d_z &= c_2 d_3 + d_6 [c_2 c_5 - c_4 s_2 s_5]
 \end{aligned}$$

Οι προηγούμενες εξισώσεις είναι δύσκολο να λυθούν απευθείας σε κλειστή μορφή. Αναπτύσσουμε συστηματικές μεθόδους επίλυσης οι οποίες εκμεταλλεύονται την εκάστοτε κινηματική δομή του ρομπότ. Το πρόβλημα της ανάστροφης κινηματικής δεν έχει πάντοτε λύση (αντίθετα με το πρόβλημα της ορθής κινηματικής). Αν υπάρχει λύση μπορεί να μην είναι η μοναδική. Το ζητούμενο είναι να βρεθεί μία λύση σε κλειστή μορφή ως:

$$q_k = f_k(h_{11}, \dots, h_{34}) \quad k = 1, \dots, n$$

Έστω βραχίονας 6 βαθμών ελευθερίας με σφαιρικό καρπό όπου οι τρεις τελευταίοι σύνδεσμοι τέμνονται σε ένα σημείο (π.χ. ρομποτικός βραχίονας Stanford)

Το πρόβλημα της ανάστροφης κινηματικής μπορεί να αναλυθεί σε δύο απλούστερα προβλήματα:

- Εύρεση της θέσης της τομής των αξόνων του καρπού, η οποία θα αποκαλείται κέντρο του καρπού
- Εύρεση του προσανατολισμού του καρπού
- Υποθέτουμε 6 βαθμούς ελευθερίας με τους 3 τελευταίους να τέμνονται στο σημείο (οι άξονες z_4, z_5, z_6 τέμνονται στο o)
- Εκφράζουμε την σχέση $T_0^n(q_1, \dots, q_n) = H$ σε δύο σετ εξισώσεων

$$R_0^6(q_1, \dots, q_6) = R$$

$$d_0^6(q_1, \dots, q_6) = d$$

όπου d και R είναι η δεδομένη θέση και ο προσανατολισμός του άκρου του ρομπότ.

Η κίνηση των τριών τελευταίων βραχιόνων γύρω από τους άξονες αυτούς δεν αλλάζει την θέση του κέντρου του καρπού, η οποία είναι συνάρτηση μόνο των μεταβλητών των τριών πρώτων συνδέσμων.

Το κέντρο o_6 του συστήματος συντεταγμένων του άκρου του ρομπότ δίνεται από μία μετατόπιση d_6 κατά μήκος του άξονα z_5 από το o . Το διάνυσμα o_6 στο σύστημα συντεταγμένων $o x_0 y_0 z_0$ είναι:

$$o_6 - o = -d_6 Rk$$

Έστω ότι p_c είναι το διάνυσμα από την αρχή του συστήματος συντεταγμένων βάσης έως το κέντρο του καρπού. Για να έχουμε το άκρο του ρομπότ στο σημείο d με τον προσανατολισμό του άκρου να δίνεται από τον πίνακα R αρκεί το κέντρο του καρπού o να βρίσκεται στο σημείο:

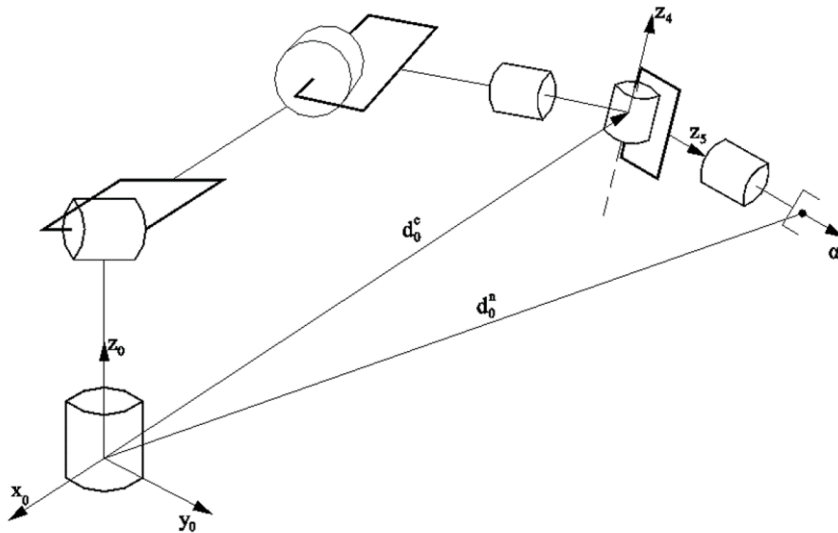
$$p_c = d - d_6 Rk$$

Η προηγούμενη σχέση γράφεται ως:

$$\begin{bmatrix} p_x \\ p_y \\ p_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} d_x - d_6 r_{13} \\ d_y - d_6 r_{23} \\ d_z - d_6 r_{33} \end{bmatrix}$$

οπότε και υπολογίζουμε τις τιμές των παραμέτρων των τριών πρώτων συνδέσμων. Προσδιορίζουμε έτσι τον μετασχηματισμό R_0^3 ο οποίος εξαρτάται μόνο από τις τρεις αυτές μεταβλητές. Ο προσανατολισμός του άκρου του ρομπότ σε σχέση με το σύστημα συντεταγμένων $ox_3y_3z_3$ δίνεται από τη σχέση:

$$R = R_0^3 R_3^6 \quad R_3^6 = (R_0^3)^{-1} R = (R_0^3)^T R$$



Εικόνα 19. Ρομποτικός βραχίονας Stanford - Απόξευξη κινηματικών εξισώσεων

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΤΟ ΜΕΛΛΟΝ ΤΗΣ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗΣ

Καθώς οι κατασκευές έχουν αναπτυχθεί και γίνονται ολοένα και περισσότερο περίπλοκες, η ανάγκη για νέες και διευρυμένες δυνατότητες, ιδιαίτερα σε αυτοματοποιημένα συστήματα συναρμολόγησης, έχει καταστεί προφανής. Καθώς και τα εξαρτήματα γίνονται μικρότερα, όπως στην κατασκευή μικροτσιπ, μεγαλύτερη ακρίβεια σε όλη την κατασκευή, μεγαλύτερη ευελιξία και υψηλότερη απόδοση απαιτούνται για την απόκτηση ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος. Η χειροκίνητη συναρμολόγηση δεν αρκεί πλέον για ένα μεγάλο αριθμό από τις τρέχουσες απαιτήσεις του μεταποιητικού τομέα. Χωρίς βιομηχανικά ρομπότ, πολλές εργασίες κατασκευής, θα ήταν απλά αδύνατες, ή η απόδοσή τους θα είναι απαγορευτικά ακριβή.

Κατά τα πρώτα στάδια της ρομποτικής ανάπτυξης, η αυτοκινητοβιομηχανία ήταν η κύρια αγορά για τους κατασκευαστές ρομπότ. Στις αρχές της δεκαετίας του 1980, 70% των παραγγελιών ρομπότ ήταν για χρήση στην αυτοκινητοβιομηχανία. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, οι κατασκευαστές ρομπότ βελτίωσαν ταυτόχρονα την αξιοπιστία και την απόδοσή τους και προσπάθησαν να μειώσουν την εξάρτησή τους από την αυτοκινητοβιομηχανία, εστιάζοντας σε εξειδικευμένες αγορές. Με την

επικέντρωση σε εφαρμογές εκτός των συγκολλήσεων, των βαφών και της διανομής, η ρομποτική βιομηχανία βρέθηκε σε θέση να αναπτύξει προϊόντα που θα μπορούσαν με επιτυχία να χειριστούν όχι μόνο τη συναρμολόγηση, αλλά και τα υλικά και την αφαίρεση υλικών. Οι συγκολλήσεις, που για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα ήταν η κύρια εφαρμογή της ρομποτικής, τελικά επισκιάστηκαν από το χειρισμό υλικών (Thrun, et al, 2012).

Ενώ η αυτοκινητοβιομηχανία παραμένει ο μεγαλύτερος χρήστης της ρομποτικής, οι άλλες βιομηχανίες αυξανόμενη χρήση τους της ρομποτικής. Η ανάπτυξη των υλικών-χειρισμού ρομπότ ήταν μια σαφής ένδειξη ότι η βιομηχανία ρομποτικής είχε γίνει



λιγότερο εξαρτημένη από την αυτοκινητοβιομηχανία, αφού το χειρισμό υλικών που χρησιμοποιούνται σε ένα ευρύ και ποικίλο φάσμα βιομηχανιών. Επιπλέον, οι εφαρμογές μη-παραγωγής άρχισαν να καθίστανται βιώσιμες σε τομείς όπως η

ασφάλεια, η υγειονομική περίθαλψη, ο καθαρισμός του περιβάλλοντος, και η υποθαλάσσια και διαστημική εξερεύνηση. Σύμφωνα με δημοσιεύματα από το Σύνδεσμο Βιομηχανιών Ρομποτικής (RIA), βιομηχανίες όπως ημιαγωγών και ηλεκτρονικών, μετάλλων, πλαστικών και καουτσούκ, τροφίμων και καταναλωτικών αγαθών, επιστημών της ζωής και φαρμακευτικών προϊόντων, και αεροδιαστημικής έχουν βρει τρόπους με τους οποίους οι υπηρεσίες τους να μπορούν να ενισχυθούν και να βελτιωθούν μέσω της ρομποτικής (Mataric, 2010).

Ορισμένοι κατασκευαστές έχουν, επίσης, βελτιώσει την ποιότητα των προϊόντων τους, με τη χρήση ρομπότ με ισχυρό εξοπλισμό ελέγχου μηχανικής όρασης ή συνδέοντας τα ρομπότ τους σε στατιστικά συστήματα ελέγχου διαδικασίας. Τα

Εικόνα 20. Το μέλλον της ρομποτικής

ρομπότ μπορούν να κινηθούν γρήγορα και

ομαλά, χωρίς να επηρεάζεται η ακρίβεια. Οι τοποθετητές τύπου servo μπορούν να προγραμματιστούν για να χειριστούν περισσότερα από ένα μοντέλα στην ίδια

γραμμή, κάτι ιδιαίτερα σημαντικό για πολλές επιχειρήσεις. Αυτή η δυνατότητα προγραμματισμού επιτρέπει επίσης στους χρήστες του να δημιουργήσουν συστήματα ξανά και ξανά για διαφορετικές εφαρμογές. Στις περισσότερες περιπτώσεις, η μετατροπή των ρομπότ από τη μία εφαρμογή στην άλλη μπορεί να ολοκληρωθεί σε ελάχιστο διάστημα, απαιτώντας μόνο αλλαγές στον προγραμματισμό. Τα οφέλη περιλαμβάνουν μειωμένες κεφαλαιουχικές δαπάνες (μια επιχείρηση δεν χρειάζεται να αγοράσει νέο εξοπλισμό για τις νέες αιτήσεις), καθώς και μειωμένες απαιτήσεις χώρου, χρόνου, εξόδων, και επενδύσεων για επαγγελματική εκπαίδευση (Corke, 2011).

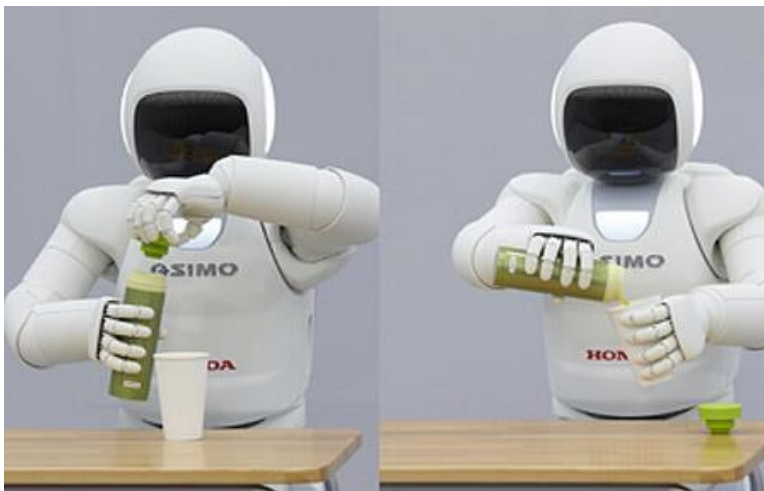
Η ρομποτική τεχνολογία αναπτύχθηκε για πρώτη φορά στις Ηνωμένες Πολιτείες, αλλά και οι Ιάπωνες κατασκευαστές ήταν οι πρώτοι που συνδυάστηκαν πλήρως με την ιδέα της ρομποτικής. Οι παρατηρητές το θεωρούν αυτό ως ένα σημαντικό παράγοντα στην εμφάνιση της Ιαπωνίας ως παγκόσμιας δύναμης της παραγωγής. Σήμερα η Ιαπωνία δεν είναι μόνο ένας από τους κυριότερους χρήστες ρομποτικής, αλλά είναι επίσης ο κυρίαρχος κατασκευαστής των βιομηχανικών ρομπότ.

Η ρομποτική βιομηχανία έχει αυξηθεί κατά τον εικοστό πρώτο αιώνα. Ο Σύνδεσμος Βιομηχανιών Ρομποτικής (RIA) αναφέρει ότι περίπου 178.000 βιομηχανικά ρομπότ είναι σε χρήση στις Ηνωμένες Πολιτείες από το 2008, πάνω από 82.000 σε σχέση με το 1998. Το 2007, οι κατασκευαστές της Βόρειας Αμερικής αγόρασαν σχεδόν 16.000 ρομπότ που αποτιμώνται σε πάνω από 1 δισεκατομμύρια δολάρια, αύξηση 24% σε σχέση με το προηγούμενο έτος. Οι βασικοί παράγοντες που καθορίζουν την τρέχουσα ανάπτυξη της ρομποτικής είναι η μαζική προσαρμογή των ηλεκτρονικών προϊόντων (ειδικά του εξοπλισμού επικοινωνιών), τη σμίκρυνση των ηλεκτρονικών ειδών και των εσωτερικών εξαρτημάτων τους, και η επαναπροσαρμογή της βιομηχανίας ημιαγωγών. Η βιομηχανία τροφίμων και ποτών είναι επίσης εν μέσω μιας έκρηξης δαπανών εξοπλισμού σε μια προσπάθεια να βελτιωθεί η λειτουργική αποδοτικότητα. Οι εγκαταστάσεις ρομπότ για εργασίες όπως συσκευασία, παλετοποίηση, και πλήρωση αναμένεται να δουν συνεχή ανάπτυξη. Επιπλέον, οι αυξήσεις αναμένονται στις αγορές αεροδιαστημικής, συσκευών, και μη-παραγωγής (Thrun, et al, 2012).

Αν και λιγότερο εξαρτημένη από την αυτοκινητοβιομηχανία, από ό, τι στο παρελθόν, η ρομποτική βιομηχανία εξακολουθεί να βρίσκει ευρύτερη εφαρμογή στην εν λόγω

αγορά. Οι αγορές το 2013 ήταν ιδιαίτερα υψηλές στην αυτοκινητοβιομηχανία, με 100% αύξηση των παραγγελιών για ρομπότ σημειακής συγκόλλησης και μια αύξηση 38% στις επενδύσεις και τη ρομπότ διανομής. Ωστόσο, ωθούμενες από την ανάγκη για αυξημένη αποδοτικότητα παραγωγής, οι αυτοκινητοβιομηχανίες και οι βιομηχανίες που σχετίζονται με το αυτοκίνητο απομακρύνονται από την σκληρή αυτοματοποίηση υπέρ της ευέλικτης αυτοματοποίησης. Οι αναλυτές προβλέπουν μεγαλύτερη χρήση των ρομπότ για τη συναρμολόγηση, τα συστήματα βαφής, το τελικό κόψιμο, και την μεταφορά των μερών στην αυτοκινητοβιομηχανία. Η ρεαλιστική προσομοίωση ρομπότ έχει σημαντικό αντίκτυπο στην ενσωμάτωση του σχεδιασμού και της μηχανικής των οχημάτων στην κατασκευή (Dudek & Jenkin, 2010).

Ένας λόγος για την αυξημένη πρακτικότητα του ρομπότ είναι η διαθεσιμότητα για έλεγχο μηχανημάτων και συστημάτων μέσα από τους προσωπικούς υπολογιστές ή τους υπολογιστές laptop. Μερικές πρόοδοι στα καθοδηγούμενα από υπολογιστές



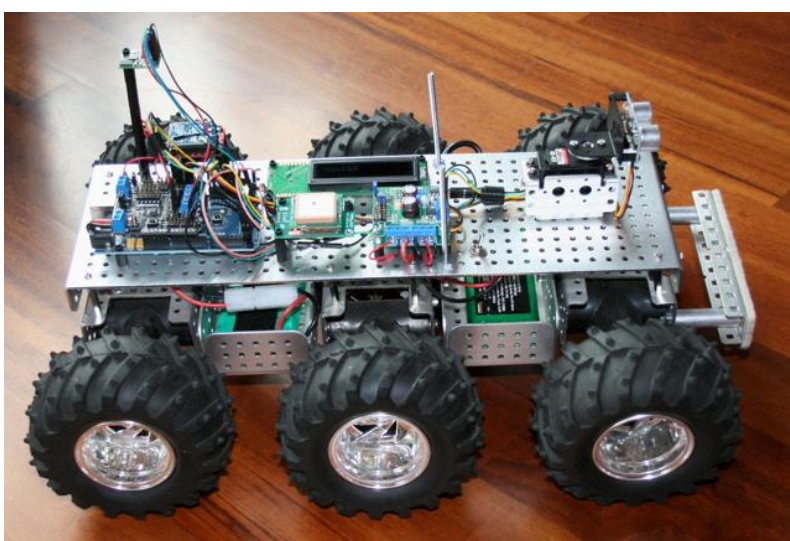
συστήματα είναι ρομπότ με τη ικανότητες δυναμικής αίσθησης και δυνατότητες τρισδιάστατης ή δισδιάστατης όρασης. Η NASA χρησιμοποιεί εξελιγμένους ελεγκτές ρομπότ καθοδηγούμενους από

υπολογιστή για το διαστημικό λεωφορείο Endeavor και το σκάφος προσγείωσης στον Άρη. Κάθε ένα από αυτά τα συστήματα χρησιμοποιούν έλεγχο υπολογιστή κάποιου είδους, που κυμαίνονται από απλό μηχανήμα παρακολούθησης ως και ολόκληρη συλλογή δεδομένων σε μια ποικιλία μηχανημάτων και μέσων για την παρακολούθηση μέχρι και γαλαξιακό έλεγχο σε ένα μοναδικό, διαστημικό χώρο (Sciavicco & Villani, 2009).

Για κάποιους, το μέλλον της ρομποτικής ποτέ δεν έδειχνε πιο λαμπρό. Ενώ τα ρομπότ είναι πλέον ένα προσάρτημα σε εργοστάσια, οι εμπειρογνώμονες ρομποτικής

αναμένουν να δουν την ποικιλία τους να αυξάνεται. . Ο συγγραφέας της Θεωρίας της Εφαρμοσμένης Ρομποτικής: Κινηματική, Δυναμική και Ελέγχος (2007) αναφέρει, «Τα ρομπότ είναι μηχανές των οποίων η περιοχή εφαρμογή; διευρύνεται.». Άλλοι παρατηρητές είναι ακόμα πιο ενθουσιασμένοι, αναμένοντας τα ρομπότ να οδηγηθούν από το εργοστάσιο και σε άλλους τομείς της ζωής σχετικά σύντομα (Craig, 2008).

Η παραγωγή δίποδων ρομπότ που μιμούνται την ανθρώπινη κίνηση δημιουργούνται σε όλο τον κόσμο. Το ρομπότ ASIMO (Advanced Step in Innovative Mobility) της Εταιρείας Honda Motors θεωρείται το πιο προηγμένο ανθρωποειδές ρομπότ στον



κόσμο. Μπορεί να ανέβει σκάλες, να περπατήσει, να μιλήσει, να χορέψει, και ακόμη να επικοινωνεί και να αλληλεπιδρά μέσω της φωνής και των συστημάτων αναγνώρισης προσώπου. Η Honda σχεδιάζει να εισάγει

στην αγορά ρομπότ ως συντρόφους υποβοηθούμενης διαβίωσης για άτομα με ειδικές ανάγκες ή ηλικιωμένους. Άλλα ρομπότ που μιμούνται την ανθρώπινη κίνηση έχουν δημιουργηθεί στο Πανεπιστήμιο Cornell, στο Ινστιτούτο Τεχνολογίας της Μασαχουσέτης (MIT) και στο Πανεπιστήμιο της Τεχνολογίας Delft στην Ολλανδία (Corke, 2011).

Εικόνα 22. Ρομπότ που λειτουργεί με GPS

Ο Stuart Brown αναφέρει ότι οι τεχνολογίες πλοήγησης όπως το παγκόσμιο σύστημα εντοπισμού θέσης (GPS) επιτρέπει σε βιομηχανικά ρομπότ να μετακινούνται στον κόσμο. Τα GPS σε συνδυασμό με τα συστήματα αδρανειακής πλοήγησης (INS) και την άνθηση στον τομέα των μικρό-ηλεκτρομηχανικών συστημάτων πυριτίου (MEMS) που επηρεάζουν τη ρομποτική από απλές αυτοματοποιημένες μηχανές κουρέματος γκαζόν σε πολύπλοκα συστήματα ελέγχου αεροσκάφους. Η ρομποτική έχει φθάσει σε μικρο-

επίπεδο με την εξερεύνηση ρομποτικών εντόμων νερού που είναι εξοπλισμένα με εμβιομηχανικούς αισθητήρες που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ως περιβαλλοντικές οθόνες. Το τρέχον πρωτότυπο ζυγίζει λιγότερο από ένα γραμμάριο και αντλεί δύναμη από υπέρ-λεπτά ηλεκτρικά καλώδια. Μια προσιτή εναλλακτική λύση που εξοικονομεί χρόνο για τον εντοπισμό διαρροών αερίου έχει αναπτυχθεί σε ένα ερπυστριοφόρο ρομπότ ελέγχου σωλήνα, που είναι εξοπλισμένο με πολλαπλές αρθρώσεις και βιντεοκάμερες, πλοηγείται εύκολα σε απότομες στροφές και στενούς σωλήνες, ενώ προβάλλει εικόνες από το εσωτερικό του σωλήνα σε μια οθόνη. Σχέδια για το μέλλον περιλαμβάνουν έναν αισθητήρα που θα ανιχνεύει τη διάβρωση και τις ρωγμές στις σωληνώσεις που δεν εμφανίζονται στις εικόνες βίντεο (Matarić, 2010).

Τα ρομπότ έχουν ωριμάσει. Ενώ αρχικά είχαν χρησιμοποιηθεί για αρκετά απλές εργασίες όπως συγκόλληση και βαφή αυτοκινήτων, αυτές οι μηχανές έχουν αναπτυχθεί σημαντικά σε ικανότητες κατά την τελευταία δεκαετία, φθάνοντας πέρα από απλές εφαρμογές αυτοκινήτων. Η ρομποτική θα παραμείνει ζωτικής σημασίας στις επόμενες δεκαετίες λόγω της επέκτασης των επιστημονικών πεδίων και της αυξανόμενης ζήτησης για πιο προσιτές και πιο εξελιγμένες μεθόδους πραγματοποίησης κοινών εργασιών. Αν οι εμπειρογνώμονες και οι προγνώστες της ρομποτικής είναι σωστοί, οι άνθρωποι θα δουν σύντομα τα ρομπότ από το εργοστάσιο και παίρνουν τη θέση τους ανάμεσα στην κοινωνία, στην εκτέλεση των καθηκόντων που είχε κάποτε οραματιστεί η επιστημονική φαντασία.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Πιο πρόσφατα, το λογισμικό που επιτρέπει σε ένα ρομπότ να διαμορφωθεί με ακρίβεια στην εικονική πραγματικότητα έχει καταστήσει δυνατές νέες κατασκευαστικές λύσεις με τη χρήση της ρομποτικής τεχνολογίας, ώστε να αναπτυχθεί παράλληλα με την ανάπτυξη προϊόντων και τη μείωση του χρόνου που απαιτείται. Αυτό έχει περάσει κατά κάποιο τρόπο στην αντιμετώπιση της ανησυχίας ότι τα ρομπότ μπορεί να είναι δυσκίνητα εκτός του ότι είναι ακριβά, και δίνει τη δυνατότητα σχεδιασμού για τεχνικές κατασκευής που πρέπει να χρησιμοποιούνται όπου η αυτοματοποιημένη επεξεργασία πρόκειται να εγκριθεί.

Η τελευταία προσέγγιση για την τεχνολογία προσομοίωσης επιτρέπει στο χρήστη να διαμορφώσει πλήρως το ρομπότ, και οτιδήποτε βρίσκεται κοντά σε αυτό. Με τη βελτίωση της ενσωμάτωσης στο στάδιο του σχεδιασμού των συστημάτων, τα ρομπότ μπορούν τώρα να ρυθμιστούν εκ νέου ώστε να γίνουν τα νέα προϊόντα πιο αποτελεσματικά. Τα καθήκοντα προγραμματισμού για τα νέα προϊόντα μπορούν να πραγματοποιούνται offline με το ρομπότ και ως εκ τούτου, έχει αρχίσει να αποκαθίσταται η ευελιξία σε αυτή τη δυναμικά ισχυρή τεχνολογία.

Ο νέος ευέλικτος προγραμματισμός σε συνδυασμό με την τελευταία γενιά ρομπότ φιλικών προς το χρήστη έχει δει μια νέα ανάπτυξη στην πρόσληψη των αυτοματοποιημένων λύσεων στα προβλήματα παραγωγής.

Πρόσφατη έρευνα και ανάπτυξη έχει αντιμετωπίσει μια σειρά από πτυχές της ρομποτικής. Έχουν αναπτυχθεί ρομποτικοί βραχίονες οι οποίοι προσφέρουν μεγαλύτερη επιδεξιότητα και ευελιξία, και έχουν γίνει βελτιώσεις καθώς και σε οπτικούς αισθητήρες. Οι προηγούμενες γενιές οπτικών αισθητήρων έχουν σχεδιαστεί για χρήση σε τηλεόραση και βίντεο στο σπίτι, και δεν επεξεργάζονται πληροφορίες γρήγορα για βέλτιστη απόδοση σε πολλές εφαρμογές ρομποτικής. Κατά συνέπεια, οι αισθητήρες όρασης στερεάς κατάστασης τέθηκαν σε αυξημένη χρήση, και υπήρξαν εξελίξεις επίσης στις οπτικές ίνες. Η χρήση των υπεραγωγίων υλικών, εν τω μεταξύ, προσφέρει τη δυνατότητα ουσιαστικών βελτιώσεων στους ηλεκτρικούς κινητήρες που οδηγούν ρομποτικούς βραχίονες. Προσπάθειες έχουν γίνει επίσης για την ανάπτυξη ελαφρύτερων ρομποτικών βραχιόνων και αύξηση της ακαμψίας τους. Η τυποποίηση του λογισμικού και του υλικού για τη διευκόλυνση της συγκέντρωσης των συστημάτων ελέγχου έχει επίσης σημαντική ανάπτυξη τα τελευταία χρόνια.

Η έρευνα στον τομέα της ρομποτικής είναι μια μεγάλη και ακμάζουσα επιχείρηση που πιάνεται από μελέτες τεχνητής νοημοσύνης που προσπαθούν να αποσυνθέσουν τις διεργασίες της ανθρώπινης σκέψης, έτσι ώστε αυτές να μπορούν να τις μηχανοποιήσουν και να τις τοποθετήσουν σε ρομπότ αλλά και από σύνθετες και ανεξάρτητες κινήσεις που απαιτούνται για να μετατραπούν τα βιομηχανικά ρομπότ σε ανθρώπινες προσομοιώσεις που μιλούν, περπατούν και χειρίζονται αντικείμενα. Η επικοινωνία μεταξύ ανθρώπων αλλά και μεταξύ ρομπότ κινείται ως προς αυτή την κατεύθυνση. Προκύπτουν κίνητρα για τη δημιουργία ρομπότ από τον τομέα της ιατρικής, όπου τα ρομπότ έχουν αναπτυχθεί για να ενεργούν ως βοηθητικό νοσηλευτικό προσωπικό από τη μία πλευρά και ως ευφυής μικρογραφία από την άλλη. Περιβαλλοντικά θέματα έχουν εμπλέξει τους σχεδιαστές ρομποτικής, όπως η αποσυναρμολόγηση ηλεκτρονικού εξοπλισμού που είναι μια μορφή τοξικών αποβλήτων και η διαχείριση των πυρηνικών αποβλήτων. Τα ρομπότ ανθρακωρύχοι μπορούν κάποια μέρα να αντικαταστήσουν τους ανθρώπους σε επικίνδυνα περιβάλλοντα. Και, φυσικά, η ρομποτική αποτελεί ένα σημαντικό τομέα της έρευνας σε εφαρμογές άμυνας.

Η συμμετοχή σε αυτήν την επιχείρηση από τις μικρές επιχειρήσεις έχει επικεντρωθεί γύρω από την έρευνα και την ανάπτυξη, είτε άμεσα στην ανάπτυξη εφαρμογών είτε στην παροχή υπηρεσιών υποστήριξης. Τα υψηλά επίπεδα δεξιοτήτων στην μηχανική,

την ηλεκτρονική και την εφαρμοσμένη πληροφορική είναι τα κλειδιά της εισόδου στην κατανόηση αλλά και στην εξέλιξη της ρομποτικής.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Κανάραχος, Α., (2001), Μηχανισμοί και ρομποτικά συστήματα, Εκδόσεις: Παπασωτηρίου
- Κουμπουλή, Φ., Μέρτζιος, Β., (2002), Εισαγωγή στη ρομποτική, Εκδόσεις: Παπασωτηρίου
- Angelo, J., (2007), Robotics: A Reference Guide to the New Technology, Εκδόσεις: Libraries Unlimited
- Arkin, R., (1998), Behavior-based Robotics, Εκδόσεις: MIT Press
- Bekey, G., (2008), Robotics: State of the Art and Future Challenges, Εκδόσεις: Imperial College Press
- Caldwell, D., (2012), Robotics and Automation in the Food Industry: Current and Future Technologies, Εκδόσεις: Elsevier
- Campbell, J., Kenealy, D., Campbell, K., (2009), Animal Sciences: The Biology, Care, and Production of Domestic Animals, Εκδόσεις: Waveland Press

- Corke, P., (2011), Robotics, Vision and Control: Fundamental Algorithms in MATLAB, Εκδόσεις: Springer
- Craig, J., (2008), Εισαγωγή στη ρομποτική, Εκδόσεις: Τζιόλα
- Dudek, G., Jenkin, M., (2010), Computational Principles of Mobile Robotics, Εκδόσεις: Cambridge University Press
- Fuller, J., (1999), Robotics: introduction, programming, and projects, Εκδόσεις: Prentice Hall
- Giralt, G., (1997), Η ρομποτική, Εκδόσεις: Τραυλός
- Gray, J., Caldwell, D., (1996), Advanced Robotics & Intelligent Machines, Εκδόσεις: IET
- Hunt, D., (1983), Industrial Robotics Handbook, Εκδόσεις: Industrial Press
- Kutz, M., (2013), Handbook of Farm, Dairy and Food Machinery Engineering, Εκδόσεις: Academic Press
- Matarić, M., (2007), The Robotics Primer, Εκδόσεις: MIT Press
- Matarić, M., (2010), Βασικές αρχές ρομποτικής, Εκδόσεις: Κλειδάριθμος
- Niku, S., (2010), Introduction to Robotics, Εκδόσεις: John Wiley & Sons
- Thrun, S., Burgard, W., Fox, D., (2012), Πιθανοτική ρομποτική, Εκδόσεις: Κλειδάριθμος
- Sandler, B., (1999), Robotics: Designing the Mechanisms for Automated Machinery, Εκδόσεις: Academic Press
- Sciavicco, L., Villani, L., (2009), Robotics: Modelling, Planning and Control, Εκδόσεις: Springer

- Siciliano, B., Khatib, O., (2008), Springer Handbook of Robotics, Εκδόσεις: Springer

- Wall, J., (2003), Robotics, Εκδόσεις: Creative Teaching Press