

ΔΙΠ  
1.2.31

## ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ



Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής & Διοίκησης

Διπλωματική Εργασία

### Εφαρμογή Γενετικού Αλγορίθμου για την πλοήγηση έντροχου ρομπότ σε άγνωστο στατικό περιβάλλον

Κοράκη Ευδοκία 9711000

2/9



Επιβλέπων :

Βαλαβάνης Κίμων

Εξεταστική επιτροπή:

Βαλαβάνης Κίμων

Νικολός Ιωάννης

Τσουρβελούδης Νικόλαος

## Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup>

Εισαγωγή.....	3
1.1 Γενικά.....	3
1.2 Πλοήγηση.....	4
1.3 Ορισμός του προβλήματος .....	6
1.4 Δομή της διπλωματικής .....	7

## Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>

2.1 Γενετικοί αλγόριθμοι.....	8
2.1.1 Γενετικές διαδικασίες .....	10
2.1.2 Γενετικοί τελεστές .....	11

## Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup>

3.1 Τεχνικές προδιαγραφές του ATRVMini.....	14
3.2 Το λογισμικό mobility.....	16
3.3 Σύστημα ελέγχου ATRVMini.....	17
3.4 Κινηματικά μοντέλα.....	18
3.4.1 Περιστροφή γύρω από ένα άξονα.....	19
3.4.2 Περιστροφή γύρω από δύο άξονες.....	20
3.4.3 Στροφή με ολίσθηση τροχών.....	21
3.5 Γενικά για οχήματα που στρίβουν με ολίσθηση.....	23
3.6 Σύστημα αξόνων του ATRVmini .....	24
3.7 Αισθητήρες υπερήχων (sonar).....	25
3.8 Κίνηση.....	28
3.9 Οδομέτρηση.....	30

## Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup>

4.1 Αντιμετώπιση του θέματος .....	32
4.2 Στοιχεία γενετικού.....	33
4.3 Παρατηρήσεις .....	36
4.4 Λογικό διάγραμμα προσομοίωσης .....	37

4.5 Παρουσίαση αποτελεσμάτων προσομοίωσης.....	38
Κεφάλαιο 5°	
5.1 Εφαρμογή σε πραγματικό χρόνο.....	43
5.2 Περιγραφή του αλγορίθμου.....	43
5.3 Παρουσίαση αποτελεσμάτων.....	44
5.4 Παρατηρήσεις .....	50
Κεφάλαιο 6°	
6.1 Συμπεράσματα.....	51
6.2 Μελλοντικές επεκτάσεις .....	52
Βιβλιογραφία.....	54

## Κεφάλαιο 1ο

Ξ 15αψηή

## Εισαγωγή

Η ανάπτυξη της επιστήμης προκύπτει από την επιθυμία του ανθρώπου να καταλάβει και να ελέγξει τον κόσμο. Η εφεύρεση και ανάπτυξη των ηλεκτρονικών υπολογιστών είναι η επαναστατικότερη ανακάλυψη στην ιστορία της επιστήμης και εφοδίασε τον άνθρωπο με ένα σημαντικό εργαλείο για την εξέλιξη των επιστημών.

## 1.1 Γενικά

Στην τεχνολογία και την επιστήμη οι γενετικοί αλγόριθμοι έχουν χρησιμοποιηθεί ως προσαρμοστικοί αλγόριθμοι για την επίλυση πρακτικών προβλημάτων και ως υπολογιστικά μοντέλα φυσικών εξελικτικών συστημάτων. Το πεδίο των γενετικών αλγορίθμων και γενικότερα των εξελικτικών αλγορίθμων είναι σχετικά νέο και τα περισσότερα σημαντικά θέματα είναι υπό εξερεύνηση.

Οι γενετικοί αλγόριθμοι επινοήθηκαν από τον John Holland στις αρχές του '70 αναπτύχθηκαν από τον ίδιο και τους συνεργάτες του στο Πανεπιστήμιο του Michigan. Ο αρχικός στόχος ήταν η μελέτη του φαινομένου της προσαρμογής έτσι όπως εμφανίζεται στην φύση, και η ανάπτυξη τεχνικών με τις οποίες οι μηχανισμοί αυτοί θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν από υπολογιστές.

**Ρομπότ**, μια μηχανή ικανή να εξάγει πληροφορίες από το περιβάλλον της και να χρησιμοποιεί την γνώση αυτή για τον γύρω κόσμο για να κινείται με ασφάλεια και με τρόπο που να έχει νόημα και σκοπό.

Ένας από τους κύριους στόχους που έχουν τεθεί στον τομέα της ρομποτικής είναι η δημιουργία αυτόνομων ρομπότ, δηλαδή, ρομπότ που



να μπορούν να εκτελέσουν εργασίες υψηλού επιπέδου χωρίς την παρέμβαση του ανθρώπου. Τέτοια ρομπότ είναι ικανά να λειτουργούν έχοντας ως δεδομένα το τι πρέπει να γίνει και όχι το πώς θα γίνει.

Κάθε ρομπότ είναι εξοπλισμένο με αισθητήρες, όπως αισθητήρες υπερήχων (sonar), οπτικοί αισθητήρες (vision) ή αισθητήρες laser, από τους οποίους και λαμβάνει τις πληροφορίες για το περιβάλλον στο οποίο κινείται.

Σημαντικός παράγοντας στην ανάπτυξη ενός αυτόνομα κινούμενου ρομπότ είναι η **πλοήγησή του**, το σχέδιο κίνησης (σχεδιασμός τροχιάς) ώστε να μπορεί να κινείται με επιτυχία εκμεταλλευόμενο τις πληροφορίες που παίρνει από τους αισθητήρες του.

Τα αυτόνομα ρομπότ βρίσκουν πολλές εφαρμογές στον τομέα της παραγωγής, της διαχείρισης αποβλήτων, της ιατρικής αλλά και σε περιβάλλοντα επικίνδυνα για τον άνθρωπο (παρουσία τοξικών αποβλήτων, υψηλών θερμοκρασιών, ραδιενέργειας, εκρηκτικών) καθώς και σε συνθήκες απαγορευτικές για τον άνθρωπο όπως η εξερεύνηση του διαστήματος, ηφαιστειών, του βυθού, κτλ.

## 1.2 Πλοήγηση

Ο σχεδιασμός τροχιάς αφορά τρεις ερωτήσεις: που βρίσκομαι, που πάω, πως θα πάω.

Αρκεί λοιπόν το ρομπότ να γνωρίζει τις απαντήσεις στις δύο πρώτες ερωτήσεις και να μπορεί να υπολογίσει με επιτυχία την τρίτη.

Το σχέδιο πλοήγησης που θα χρησιμοποιηθεί εξαρτάται από πολλούς παράγοντες κυρίως από την ποσότητα πληροφορίας για το περιβάλλον στο οποίο κινείται (workspace) και τον τρόπο με τον οποίο κινείται.

Το ρομπότ έχει ως δεδομένα την θέση του και την θέση του στόχου (σε ειδικές περιπτώσεις μπορεί ο στόχος να μην είναι γνωστός). Στην

περίπτωση που είναι πλήρως γνωστό και καθορισμένο το περιβάλλον κίνησης (καθώς και οι θέσεις των εμποδίων), ο σχεδιασμός της τροχιάς μπορεί να γίνει πριν το ρομπότ αρχίσει να κινείται στο χώρο (**off -line**).

Στην περίπτωση όπου οι πληροφορίες για το περιβάλλον λαμβάνονται από αισθητήρες καθώς το ρομπότ κινείται μέσα σ' αυτό, ο σχεδιασμός της πορείας του γίνεται κατά την κίνηση του ρομπότ (**on line**). Συνήθως γίνεται συνδυασμός και υπάρχει μια αρχική πορεία η οποία διορθώνεται καθώς το ρομπότ αρχίζει να αντιλαμβάνεται το περιβάλλον.

Οι παράμετροι που αφορούν το σχεδιασμό της κίνησης περιλαμβάνουν:

- τον τρόπο μοντελοποίησης των εμποδίων ,  
το είδος: τους ακίνητα (στατικά), κινούμενα( δυναμικά) ,
- την μοντελοποίηση του χώρου κίνησης (δυο διαστάσεων, τρισδιάστατος, χωρισμένος σε κελιά ),
- το είδος της τροχιάς(καμπύλες, συνεχόμενα ευθύγραμμα τμήματα).

Η πλοήγηση ρομποτικού οχήματος διακρίνεται σε γενική (global) και τοπική (local). Η γενική πλοήγηση απαιτεί γενική πληροφορία για το περιβάλλον μέσα από κάποιου είδους χάρτη, ενώ η τοπική δεν προϋποθέτει ούτε χρησιμοποιεί καμιά γενική πληροφορία. Αυτού του είδους η πλοήγηση είναι βασισμένη σε τοπική πληροφορία και σε πεπερασμένων αποστάσεων αισθητηριακές ανιχνεύσεις .

Οι μέθοδοι που έχουν χρησιμοποιηθεί περισσότερο είναι roadmap, cell decomposition, potential field[2].

### 1.3 Ορισμός προβλήματος

Το πρόβλημα αφορά στην πλοήγηση έντροχου ρομπότ σε άγνωστο περιβάλλον με χρήση γενετικών αλγορίθμων (γ.α).

Στο πρόβλημα που εξετάζεται τα εμπόδια είναι στατικά, ο χώρος περιορισμένος και η μόνη πληροφορία που δίνεται στο ρομπότ είναι οι συντεταγμένες του στόχου(τελικού σημείου). Ο προτεινόμενος γενετικός αλγόριθμος υπολογίζει τους ενδιάμεσους κόμβους από στους οποίους κινείται το ρομπότ για να φτάσει στο στόχο χωρίς να συγκρουστεί με τα τυχόν υπάρχοντα εμπόδια. Η τροχιά που ακολουθείται (προκύπτει από την εφαρμογή γενετικών αλγορίθμων) δεν είναι η συντομότερη δυνατή αλλά είναι πάντα ασφαλής και φτάνει στο στόχο (τελικό σημείο).

Οι περισσότερες μελέτες([5],[6]) για την πλοήγηση αυτόνομων ρομπότ χρησιμοποιούν γενετικούς (ή εξελικτικούς) αλγορίθμους σε συνδυασμό με άλλες τεχνικές όπως ασαφή λογική (fuzzy logic) και νευρωνικά δίκτυα (neural networks). Η παρούσα εργασία περιορίζεται στη χρήση γενετικών αλγορίθμων.

Το έντροχο ρομπότ που χρησιμοποιήθηκε για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων είναι το ATRV-Mini.

Το ρομποτικό αυτό όχημα φέρει 4 τροχούς με διαφορική κίνηση και είναι εξοπλισμένο με 24 αισθητήρες υπερήχων περιφερειακά διατεταγμένους, έγχρωμη οπτική κάμερα, ηλεκτρονική πυξίδα προσανατολισμού και σύστημα παγκόσμιου προσδιορισμού θέσης (GPS –Ground Positioning System ).

#### 1.4 Δομή της διπλωματικής

Η παρούσα εργασία μελετά το πρόβλημα της πλοήγησης ρομποτικού οχήματος σε εσωτερικό περιβάλλον με ταυτόχρονη αποφυγή συγκρούσεων με εμπόδια.

Στο 2ο κεφάλαιο αναλύεται το θέμα και γίνεται περιγραφή του ρομποτικού οχήματος και των χαρακτηριστικών του.

Στο 3ο κεφάλαιο γίνεται παρουσίαση των γενετικών αλγορίθμων, δίνονται οι βασικές αρχές τους και τα κύρια χαρακτηριστικά τους. Γίνεται αναφορά στους υπόλοιπους όρους που χρησιμοποιούνται σε αυτή την εργασία και παρουσιάζονται βασικές περιγραφές τους.

Στο 4ο κεφάλαιο παρουσιάζεται η μεθοδολογία του σχεδιασμού τροχιάς του ρομποτικού οχήματος σε γνωστό περιβάλλον. Περιγράφεται ο αλγόριθμος και ο τρόπος που αναπτύχθηκε.

Το 5ο κεφάλαιο αναφέρεται στην μέθοδο που αναπτύχθηκε για πλοήγηση σε άγνωστο περιβάλλον και σε πραγματικό χρόνο.

Στο 6ο κεφάλαιο γίνεται η παρουσίαση των αποτελεσμάτων, ο σχολιασμός τους και η αξιολόγηση της μεθόδου.

## Κεφάλαιο 2°

Ιδιο format  
62 slides της  
Θεωρία εξελικτικών αλγορίθμων  
Κεφαλαίο

## 2.1 Γενετικοί αλγόριθμοι

Οι γενετικοί αλγόριθμοι είναι μορφή κατευθυνόμενης τυχαίας αναζήτησης, η οποία μιμείται τη διαδικασία της γενετικής εξέλιξης που συναντάται στη φύση, για να πραγματοποιήσει τεχνητή εξέλιξη.

Στη φύση παρατηρείται ότι τα μέλη ενός είδους δεν έχουν όλα τις ίδιες ικανότητες και συνεπώς την ίδια πιθανότητα για επιβίωση. Σύμφωνα με την εξελικτική θεωρία του Δαρβίνου, στην φύση επιβιώνουν και συνεχίζουν την διαίωνιση του είδους τα ικανότερα μέλη, αυτά δηλαδή που είναι καλύτερα προσαρμοσμένα στο περιβάλλον τους. Κατά συνέπεια κάθε επόμενη γενιά τείνει να έχει βελτιωμένα χαρακτηριστικά αφού τα μέλη της έχουν κληρονομήσει τα γονίδια των ικανότερων προγόνων τους.

Οι γ.α λειτουργούν με βάση αυτή τη αρχή, στοχεύοντας στην επιβίωση εκείνων των λύσεων που έχουν τα καλύτερα (επιθυμητά) χαρακτηριστικά και στην δημιουργία νέων λύσεων από συνδυασμό καλών λύσεων.

Κάθε ζωντανός οργανισμός αποτελείται από εκατομμύρια κύτταρα. Τα κύτταρα στον πυρήνα τους περιέχουν τα χρωμοσώματα (chromosomes) των οποίων δομικός λίθος είναι τα γονίδια (genes). Τα χρωμοσώματα είναι μια αλληλουχία χαρακτήρων DNA και περιέχουν τις πληροφορίες για την ανάπτυξη του οργανισμού. Κάθε χρωμόσωμα αποτελείται από γονίδια, τα οποία καθορίζουν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά των οργανισμών. Κάθε γονίδιο είναι υπεύθυνο για κάποιο χαρακτηριστικό του οργανισμού

όπως το χρώμα των ματιών. Τα διαφορετικά φυσικά χαρακτηριστικά από οργανισμό σε οργανισμό οφείλονται στις διαφορετικές τιμές των γονιδίων. Οι διαφορές στα χαρακτηριστικά όπως χρώματα των ματιών, μαλλιά ονομάζονται αλληλόμορφα (alleles) και είναι αποτέλεσμα των διαφορετικών τιμών των γονιδίων. Κάθε γονίδιο έχει την δική του θέση (locus) μέσα στο χρωμόσωμα. Έτσι το σύνολο των εξωτερικών και πνευματικών χαρακτηριστικών (φαινότυπος) ενός οργανισμού κωδικοποιείται από γονίδια. Στη φύση υπάρχουν δυο κατηγορίες οργανισμών, οι απλοειδής (haploid) και οι διπλοειδής (diploid), στους οποίους τα χρωμοσώματα βρίσκονται σε ζευγάρια μέσα στα κύτταρα. Οι ανώτεροι οργανισμοί ανήκουν στην δεύτερη κατηγορία. Στον άνθρωπο κάθε κύτταρο αποτελείται από 23 ζευγάρια χρωμοσωμάτων.

Κατά τη διαδικασία της αναπαραγωγής, τα χρωμοσώματα των οργανισμών που συμμετέχουν ανταλλάσσουν γονίδια σχηματίζοντας με αυτό τον τρόπο το γαμέτη (gamete). Το φαινόμενο αυτό της ανταλλαγής γονιδίων μεταξύ των χρωμοσωμάτων των οργανισμών ονομάζεται διασταύρωση. Οι απόγονοι που προκύπτουν, υφίστανται μετάλλαξη, στην οποία τα νουκλεοτίδια (πρωταρχικά στοιχεία του DNA) μεταβάλλονται για να αποκαταστήσουν κάποια λάθη που συνήθως γίνονται κατά την φάση της αναπαραγωγής.

Η ορολογία που χρησιμοποιείται στους γ.α και γενικά στους εξελικτικούς αλγόριθμους είναι σε αντιστοιχία με αυτή της φυσικής διαδικασίας που περιγράφηκε πιο πάνω.

Στους γ.α κάθε γενιά έχει ένα πληθυσμό που αποτελείται από άτομα τα οποία αντιπροσωπεύουν πιθανές εκδοχές του τρόπου δράσης (λύσεις του προβλήματος). Κάθε άτομο έχει ένα χρωμόσωμα, την κωδικοποιημένη μορφή της λύσης. Κάθε χρωμόσωμα αποτελείται από έναν αριθμό

διατεταγμένων γονιδίων. Ο αριθμός γονιδίων σε ένα χρωμόσωμα μπορεί να είναι είτε σταθερός είτε μεταβλητός ανάλογα με τον τρόπο κωδικοποίησης της λύσης. Κάθε γονίδιο είναι ένας αριθμός ο οποίος μπορεί να είναι δυαδικός ( 0 ή 1 ) , πραγματικός ή ακέραιος [3].

### 2.1.1 Γενετικές διαδικασίες

Οι γ.α δημιουργήθηκαν για να μοντελοποιήσουν μια προσαρμοστική διαδικασία κυρίως λειτουργώντας σε δυαδικούς (αλφαριθμητικούς) χαρακτήρες και χρησιμοποιώντας ένα συνδυασμό διασταύρωσης και μετάλλαξης .

Η επιλογή, η διασταύρωση (crossover) και μετάλλαξη (mutation) αποτελούν τους βασικότερους γενετικούς τελεστές για την δημιουργία νέων ατόμων.

Η μετάλλαξη αλλάζει ένα ψηφίο (γονίδιο) σε ένα χρωμόσωμα ενώ η διασταύρωση ανταλλάσσει γενετικό υλικό (σειρά γονιδίων) ανάμεσα σε δυο άτομα (γονείς ).

Τα βασικά συστατικά ενός γ.α είναι:

- Μηχανισμός αναπαράστασης
- Αρχικός πληθυσμός
- Μηχανισμός αξιολόγησης
- Γενετικοί τελεστές
- Παράμετροι ελέγχου

Ο **μηχανισμός αναπαράστασης** αφορά στην επιλογή του τρόπου με τον οποίο θα μοντελοποιηθούν οι λύσεις του φυσικού προβλήματος ως καθορισμένου μήκους χρωμοσώματα με συγκεκριμένο αλφάβητο.

**Αρχικός πληθυσμός:** Στη συνέχεια παράγεται ένας αρχικός πληθυσμός που να ικανοποιεί τους περιορισμούς του προβλήματος. Παράγονται

δηλαδή γονίδια τα οποία παίρνουν τυχαίες τιμές από ένα σύνολο επιτρεπτών τιμών (search space).

**Αξιολόγηση:** Για να αξιολογηθεί κάθε άτομο του πληθυσμού, χρησιμοποιείται μια συνάρτηση, η συνάρτηση προσαρμογής (fitness function) η οποία συνήθως επιλέγεται έτσι ώστε να παίρνει μεγάλες τιμές για τα χρωμοσώματα με τα πιο επιθυμητά χαρακτηριστικά (καλύτερες λύσεις) και μικρές τιμές σε αντίθετη περίπτωση. Έτσι σε κάθε άτομο του πληθυσμού αντιστοιχίζεται μια τιμή, αυτή που προκύπτει από την συνάρτηση προσαρμογής και είναι ανάλογη της ποιότητας της λύσης που αντιπροσωπεύεται από το χρωμόσωμα.

Για την δημιουργία του πληθυσμού της επόμενης γενιάς χρησιμοποιούνται γενετικοί τελεστές.

### 2.1.2 Γενετικοί τελεστές

**Επιλογή(selection):** είναι ο τελεστής που εξομοιώνει την φυσική διαδικασία επιλογής ή επιβίωση του ικανότερου. Υπάρχουν διάφοροι μέθοδοι επιλογής των ατόμων που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν για την δημιουργία της επόμενης γενιάς. Η πιο διαδεδομένη είναι η μέθοδος της 'ρουλέτας' (roulette wheel). Στη μέθοδο αυτή αθροίζονται οι τιμές της συνάρτησης προσαρμογής όλων των ατόμων,  $\sum f = \sum f_i$  όπου  $f_i$  είναι η τιμή της συνάρτησης προσαρμογής. Στην συνέχεια αποδίδεται σε κάθε άτομο ένας αριθμός ο οποίος ισούται με  $f_i / \sum f$  (σχετική συνάρτηση

προσαρμογής). Όμως  $f_i / \sum f < 1$  και άρα

$$\sum_{i=1}^n f_i / \sum f = 1$$

→ roulette

Κάθε ένας από αυτούς τους αριθμούς αντιστοιχεί σε ένα τμήμα κύκλου (το άθροισμα τους αντιστοιχεί σε όλο τον κύκλο και είναι ίσο με 1) του



οποίου το μέγεθος είναι ανάλογο της τιμής της σχετικής συνάρτησης προσαρμογής. Επιλέγεται τυχαία ένας αριθμός ανάμεσα στο 0 και 1 που αντιστοιχεί σε ένα τμήμα του κύκλου και άρα σε ένα χρωμόσωμα. Όσο πιο μεγάλη η τιμή της σχετικής συνάρτησης προσαρμογής τόσο πιο πιθανό είναι να επιλεγεί το χρωμόσωμα.

Άλλες μέθοδοι επιλογής είναι ο ελιτισμός (elitism) επιλογή δηλαδή μόνο των καλύτερων, rank selection, sigma scaling.

**Διασταύρωση(crossover):** Θεωρείται το πιο σημαντικό στοιχείο ενός γ.α και ανασυνδυάζει τα χρωμοσώματα δυο ατόμων της προηγούμενης γενιάς, γονείς,(parents) σχηματίζοντας δυο νέα άτομα, γόνους, (offsprings).

Οι παραλλαγές του τελεστή διασταύρωσης αποτελούν βασικό χαρακτηριστικό διάκρισης των γ.α. Στην απλή του μορφή ο τελεστής αυτός εφαρμόζεται σε ένα μόνο σημείο του χρωμοσώματος (single point). Επιλέγεται το σημείο διασταύρωσης σε κάθε γονέα (άτομα) και ακολουθεί ανταλλαγή των τμημάτων μετά το σημείο αυτό για τον σχηματισμό δυο νέων απογόνων : έστω ότι οι γονείς αναπαρίστανται από πέντε αλφαριθμητικά στοιχεία (0 0 0 0 0 ) και (1 1 1 1 1 ) τότε οι απόγονοι που θα προκύψουν από διασταύρωση στο δεύτερο σημείο, θα είναι (0 0 1 1 1) και ( 1 1 0 0 0 ).

Άλλοι τρόποι διασταύρωσης είναι, δυο σημείων, cyclic , uniform crossover.

**Μετάλλαξη(mutation):** Ένα από τα βασικά προβλήματα που παρουσιάζονται σε μεθόδους βελτιστοποίησης, είναι η πιθανή παγίδευση της λύσης σε τοπικό βέλτιστο με αποτέλεσμα να μην υπάρχει δυνατότητα διερεύνησης των άλλων πιθανών βέλτιστων οπότε η λύση που προκύπτει δεν είναι η επιθυμητή.

Η μετάλλαξη είναι η διαδικασία κατά την οποία ένα γονίδιο του χρωμοσώματος μεταβάλλει τυχαία την τιμή του μέσα στα επιτρεπτά όρια. Στην περίπτωση της δυαδικής αναπαράστασης του χρωμοσώματος η αλλαγή γίνεται από 0 σε 1 και αντίστροφα. Συνήθως η μετάλλαξη συμβαίνει μετά την διαδικασία της διασταύρωσης με σκοπό να βελτιωθεί η τιμή της συνάρτησης προσαρμογής των ατόμων του πληθυσμού της νέας γενιάς.

**Εναλλαγή (swap):** Το χρωμόσωμα χωρίζεται σε δύο μέρη τα οποία αλλάζουν θέση μεταξύ τους .

**Εισαγωγή (insertion):** προστίθενται ένα ή περισσότερα καινούργια γονίδια σε μια τυχαία θέση ενός χρωμοσώματος.

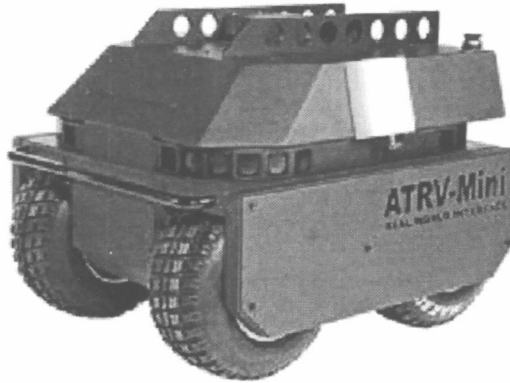
**Αφαίρεση(deletion):** αφαιρούνται ένα ή περισσότερα γονίδια από μια τυχαία θέση ενός χρωμοσώματος.

**Παράμετροι ελέγχου:** Πρέπει να καθορίζεται ένα σύνολο από παραμέτρους που να ελέγχουν τον τρόπο που θα συνδυασθούν τα στοιχεία ενός γ.α καθώς και την λειτουργία αυτού. Οι πιο σημαντικοί από αυτούς είναι :

- Μέγεθος πληθυσμού
- Αριθμός γενεών μέχρι την περάτωση του αλγορίθμου
- Πιθανότητα εφαρμογής διασταύρωσης
- Πιθανότητα εφαρμογής μετάλλαξης

## Κεφάλαιο 3ο

## Τεχνικές Προδιαγραφές του οχήματος ATRV-Mini



Σχήμα 3.1. Το όχημα ATRV-Mini της RWI

Το όχημα που χρησιμοποιήθηκε είναι το ATRV-Mini της εταιρίας Real World Interface (RWI). Πρόκειται για ένα όχημα με πολλές δυνατότητες κυρίως σε ανοικτό χώρο. Το όχημα ανήκει στην κατηγορία των οχημάτων που στρίβουν με ολίσθηση των τροχών. Διαθέτει 24 περιμετρικά sonars, παγκόσμιο σύστημα συντεταγμένων (GPS), πυξίδα, κάμερα και 2 προφυλακτήρες (bumpers) εξοπλισμένους με αισθητήρες κρούσης. Η κίνηση του στηρίζεται σε τέσσερις τροχούς που τροφοδοτούνται από δύο σερβοκινητήρες συνεχούς ρεύματος. Κάθε ένας ηλεκτροκινητήρας συνδέεται με τους τροχούς της μίας πλευράς του οχήματος. Η στροφή του οχήματος επιτυγχάνεται με τη διαφορική κίνηση των τροχών του. Διαθέτουν δύο μπαταρίες 288W-hr που τους παρέχουν αυτονομία τεσσάρων ωρών. Η μέγιστη ευθεία μεταφορική ταχύτητα είναι 1.5 m/sec, ενώ η μέγιστη γωνιακή ταχύτητα φθάνει τις 250°/sec. Ζυγίζει 38,6 Kg και οι διαστάσεις του είναι 45cm ύψος, 62.2cm μήκος και 53,3cm πλάτος.

Ο ενσωματωμένος στο ATRV-Mini υπολογιστής αποτελείται από έναν επεξεργαστή INTEL PENTIUM III 500MHz, 64 MB SDRAM, 6 GB IDE HD, 100Mbps Ethernet και λειτουργεί σε περιβάλλον Linux\*. Η διαχείριση και ο

έλεγχος των συστημάτων του ATRV-Mini πραγματοποιείται από το περιβάλλον MOBILITY της RWI .

Το ATRV-Mini διαθέτει οθόνη υγρών κρυστάλλων στην οποία εμφανίζονται βασικές λειτουργίες όπως ενδείξεις στάθμης μπαταρίας, έλεγχος sonar και μοτέρ. Οι λειτουργίες αυτές ελέγχονται με το rFlex της RWI[1].

3.1 Τεχνικές Προδιαγραφές του οχήματος ATRV-Mini

Οι τεχνικές προδιαγραφές του οχήματος δίνονται στον Πίνακα 3.1 . Το όχημα έχει, εκτός από τον εξοπλισμό ο οποίος προσφέρεται από τη εταιρία, και κάποιες τροποποιήσεις κατά παραγγελία από την εταιρία έτσι ώστε να καλύπτει τις ερευνητικές ανάγκες του εργαστηρίου Ευφυών Συστημάτων και Ρομποτικής. Στον επιπλέον εξοπλισμό του περιλαμβάνονται κάμερα, επιπλέον αισθητήρες υπερήχων και GPS.

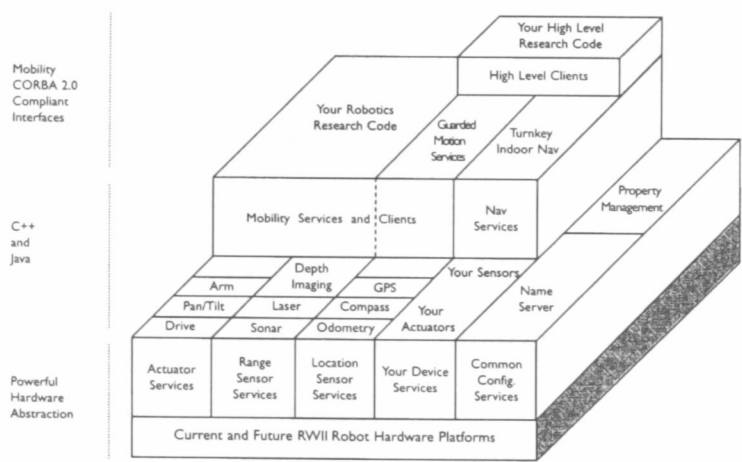
Section 1.01 Μήκος	62.2 cm
Πλάτος	53.3 cm
Ύψος	45 cm
Βάρος	38.6 kg
Σώμα	Αλουμίνιο
Ταχύτητα	0-1.5 $\frac{m}{sec}$
Ωφέλιμο φορτίο	9 kg
Χρόνος λειτουργίας	3-6 hr (εξαρτάται από το έδαφος)
Κίνηση	4-wheel, PWM
Τρόπος Κατεύθυνσης	Skid steering
Γωνία στροφής	0 (στρίβει στο κέντρο)
Μπαταρίες	Δύο 12 V, 12 amp/hr
Κινητήρες	Δύο 0.1 HP, 24V DC servo motors
Υπολογιστής	Pentium III EBX
I/O Ports	Ethernet, RS-232, Joystick
Αισθητήρες	24 Sonar
Κάμερα	Sony EVI D30
GPS	

Πίνακας 3.1 Τεχνικά χαρακτηριστικά του οχήματος ATRV-Mini.

3.2 Το λογισμικό Mobility [1]

Το MOBILITY είναι ένα αντικειμενοστραφές εργαλείο που παρέχεται από την RWI για την δημιουργία προγραμμάτων ελέγχου για συστήματα ενός ή περισσότερων έντροχων οχημάτων. Αποτελείται από ένα σύνολο λογισμικών εργαλείων, το αντικείμενο του μοντέλου του έντροχου οχήματος, βασικές μονάδες (modules) ελέγχου του έντροχου ρομπότ (κίνηση, sonar, κάμερα, GPS) και ένα αντικειμενοστραφές περιβάλλον εργασίας για την απλοποίηση της ανάπτυξης κώδικα.

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.2, το Mobility προσδιορίζει το αντικείμενο του έντροχου ρομπότ χρησιμοποιώντας το CORBA standard, το οποίο του δίνει τη δυνατότητα να υποστηρίζει πολλές γλώσσες προγραμματισμού σε διάφορες πλατφόρμες. Το περιβάλλον του Mobility επιτρέπει στο χρήστη να τροποποιήσει βασικά μέρη του συστήματος του ρομπότ και να προσθέσει νέα, ανάλογα με τις εφαρμογές του.



Σχήμα 3.2. Το περιβάλλον του Mobility της RWI

Το αντικείμενο του έντροχου οχήματος αποτελείται από μια σειρά άλλων αντικειμένων. Καθένα από αυτά αντιπροσωπεύει μέρη του οχήματος όπως

τους αισθητήρες και το μηχανισμό κίνησης. Τα αντικείμενα αυτά μπορούν να τροποποιηθούν ή να χρησιμοποιηθούν ως συναρτήσεις σε νέους αλγορίθμους. Το Mobility υποστηρίζει γλώσσες προγραμματισμού όπως η Java και η C++.

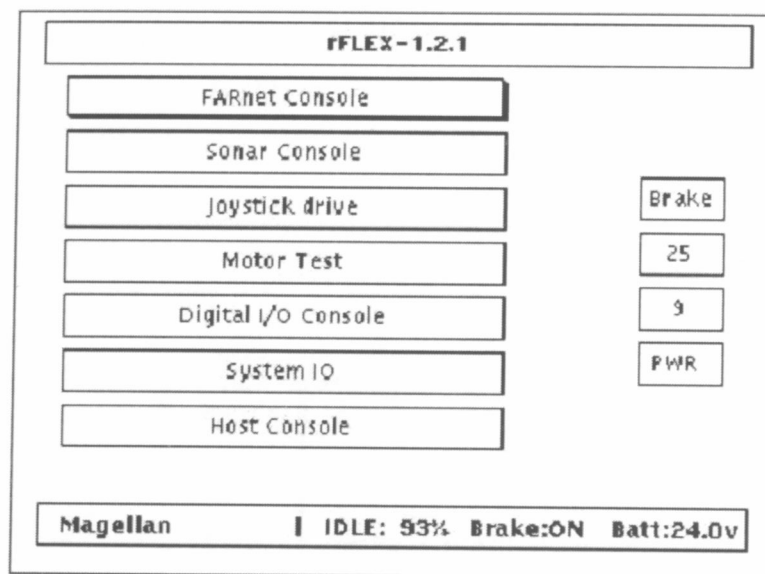
### 3.3 Σύστημα ελέγχου του ATRV-Mini [1]

Το rFlex είναι το σύστημα ελέγχου του έντροχου ρομπότ και των περιφερειακών του που λειτουργεί χωρίς την χρήση υπολογιστικής μονάδας και βρίσκεται πάνω στο όχημα. Αποτελείται από ένα απλό αλληλεπιδραστικό περιβάλλον εργασίας με το οποίο πραγματοποιείται διαχείριση, διαμόρφωση και διάγνωση των περιφερειακών.

Οι κύριες λειτουργίες του rFlex είναι:

- Εκκίνηση – Τερματισμός λειτουργίας του οχήματος
- Ορισμός του τύπου του δικτύου στο οποίο μετέχει το όχημα
- Ενεργοποίηση και έλεγχος των αισθητήρων υπερήχων
- Ενεργοποίηση της οδήγησης με χειριστήριο
- Έλεγχος των κινητήρων
- Ενεργοποίηση ή απενεργοποίηση των φρένων
- Ένδειξη στάθμης μπαταρίας
- Μεταφορά στην οθόνη του λειτουργικού συστήματος
- Έλεγχος των θυρών επικοινωνίας.

Οι πληροφορίες παρέχονται στον χρήστη μέσω μιας οθόνης υγρών κρυστάλλων που βρίσκεται στο πίσω μέρος της κορυφής του έντροχου ρομπότ.



Σχήμα 3.3. Η κεντρική οθόνη λειτουργιών του rFlex.

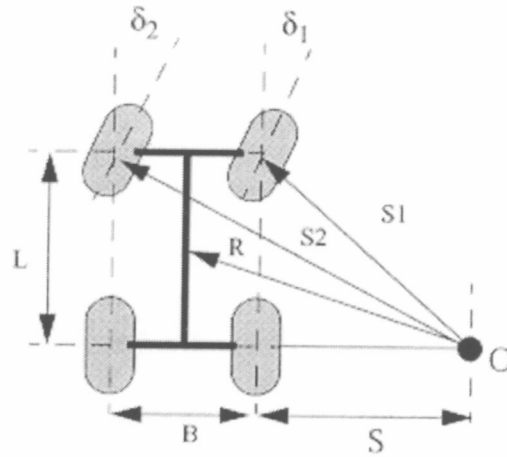
### 3.4 Κινηματικά μοντέλα

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα κινηματικά μοντέλα για τρεις τύπους οχημάτων. Για οχήματα τα οποία στρίβουν γύρω από ένα άξονα (Single Axis Steering), για οχήματα τα οποία στρίβουν γύρω από δύο άξονες (Double Axis Steering) και για οχήματα τα οποία στρίβουν με ολίσθηση των τροχών (Skid Steering).

#### 3.4.1 Περιστροφή γύρω από ένα άξονα

Για τα οχήματα τα οποία κινούνται στον δρόμο ο συνηθέστερος τρόπος στροφής είναι με την περιστροφή γύρω από ένα άξονα πάνω στον οποίο είναι προσαρμοσμένοι οι κατευθυντήριοι τροχοί. Προκειμένου να γίνει ελαχιστοποίηση πλευρικών δυνάμεων στους τροχούς κατά την στροφή, όλοι οι τροχοί θα πρέπει να είναι σε καθαρά περιστροφική κατάσταση. Οι τροχοί θα πρέπει να ακολουθούν καμπύλα μονοπάτια με διαφορετικές ακτίνες οι οποίες θα ξεκινούν από ένα κοινό κέντρο. Η σχέση μεταξύ της γωνίας στροφής του

μέσα μπροστά τροχού και του έξω μπροστά τροχού, μπορούν να εξαχθούν από την γεωμετρία (Σχήμα 3.4).



Σχήμα 3.4. Όχημα με ένα άξονα περιστροφής [9]

Παρατηρώντας το Σχήμα 3.4 ορίζουμε:

$\delta_1$  = Κατεύθυνση του εσωτερικού κατευθυντήριου τροχού (rad)

$\delta_2$  = Κατεύθυνση του εξωτερικού κατευθυντήριου τροχού (rad)

$R$  = Ακτίνα στροφής του οχήματος

$L$  = Μήκος του οχήματος

$B$  = Πλάτος του οχήματος

$O$  = Κέντρο περιστροφής

$S$  = Απόσταση του οχήματος από το κέντρο περιστροφής

$$S = \sqrt{R^2 - \left(\frac{L}{2}\right)^2} - \frac{B}{2} \quad (3.1)$$

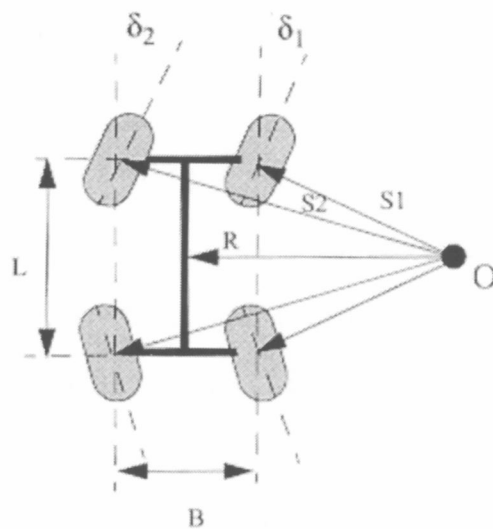
$$\delta_1 = \tan\left(\frac{L}{S}\right) \quad (3.2)$$

$$\delta_2 = \tan\left(\frac{L}{B + S}\right) \quad (3.3)$$



### 3.4.2 Περιστροφή γύρω από δύο άξονες

Η δυνατότητα στροφής και των τεσσάρων τροχών του οχήματος δίνει μεγαλύτερη ικανότητα στροφής από αυτή των δύο τροχών μετακινώντας το κέντρο στροφής κοντύτερα στο κέντρο του οχήματος. Ένα όχημα που στρίβει με τέσσερις τροχούς επιτυγχάνει την μισή ακτίνα στροφής σε σχέση με ένα όχημα που έχει δύο κατευθυντήριους τροχούς.



Σχήμα 3.5. Όχημα με περιστροφή γύρω από δύο άξονες [9]

Παρατηρώντας το Σχήμα 3.5 ορίζουμε:

$\delta_1$  = Κατεύθυνση του εσωτερικού κατευθυντήριου τροχού (rad)

$\delta_2$  = Κατεύθυνση του εξωτερικού κατευθυντήριου τροχού (rad)

$L$  = Μήκος του οχήματος

$B$  = Πλάτος του οχήματος

$O$  = Κέντρο περιστροφής

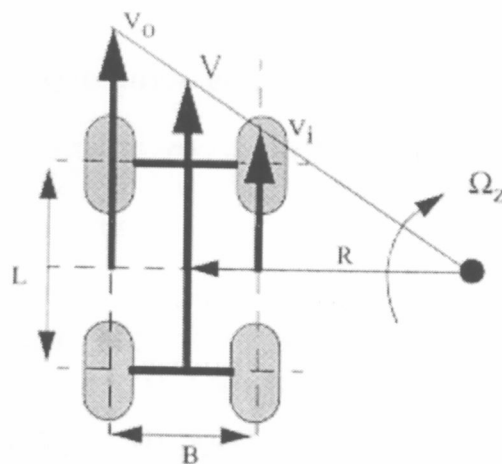
$R$  = Ακτίνα στροφής του οχήματος

$$\delta_1 = \tan\left(\frac{\frac{L}{2}}{R - \frac{B}{2}}\right) \quad (3.4)$$

$$\delta_2 = \tan\left(\frac{\frac{L}{2}}{R + \frac{B}{2}}\right) \quad (3.5)$$

### 3.4.3 Στροφή με ολίσθηση των τροχών

Η κινηματική ανάλυση ενός οχήματος που στρίβει με ολίσθηση των τροχών επιτρέπει μια προκαταρκτική εκτίμηση της ταχύτητας των τροχών δοθέντων των διαστάσεων του οχήματος, της επιθυμητής ακτίνας στροφής και του επιθυμητού ρυθμού στροφής. Παρόλα αυτά, όπως και στα προηγούμενα κινηματικά μοντέλα δεν μελετούνται οι δυνάμεις οι οποίες αναπτύσσονται. Έτσι η ολίσθηση (η οποία είναι πολύ σημαντικό στοιχείο στα skid steering οχήματα) δεν λαμβάνεται υπόψη γεγονός που έχει ως συνέπεια τα κινηματικά μοντέλα να είναι λιγότερο ακριβή.



Σχήμα 3.6. Όχημα που στρίβει με ολίσθηση των τροχών [9]

Παρατηρώντας το Σχήμα 3.6 ορίζουμε:

$v_0$  = Ταχύτητα του εξωτερικού τροχού (m/sec)

$v_i$  = Ταχύτητα του εσωτερικού τροχού (m/sec)

$V$  = Ταχύτητα του οχήματος

$\Omega_z$  = Γωνιακή ταχύτητα του οχήματος

$\Omega'_z$  = Γωνιακή ταχύτητα του οχήματος λαμβάνοντας υπόψη την ολίσθηση

$R$  = Ακτίνα στροφής του οχήματος (m)

$R'$  = Ακτίνα στροφής του οχήματος (m) λαμβάνοντας υπόψη την ολίσθηση

$L$  = Μήκος του οχήματος (m)

$B$  = Πλάτος του οχήματος (m)

Η ακτίνα στροφής μπορεί να υπολογιστεί από τα όμοια τρίγωνα.

$$\frac{v_0}{v_i} = \frac{R + \frac{B}{2}}{R - \frac{B}{2}} \quad (3.6)$$

$$R = \frac{\frac{B}{2} \left( \frac{v_0}{v_i} + 1 \right)}{\left( \frac{v_0}{v_i} - 1 \right)} = \frac{B}{2} \left( \frac{v_0 + v_i}{v_0 - v_i} \right) \quad (3.7)$$

Η ακτίνα αυτή θα επιτευχθεί μόνο εάν δεν υπάρχει ολίσθηση των τροχών στο έδαφος. Για να λάβουμε υπόψη την ολίσθηση των εξωτερικών τροχών  $i_0$  και των εσωτερικών τροχών  $i_i$  έχουμε :

$$R' = \frac{B}{2} \left( \frac{v_0(1-i_0) + v_i(1-i_i)}{v_0(1-i_0) - v_i(1-i_i)} \right) \quad (3.8)$$

Ο ρυθμός περιστροφής μπορεί να βρεθεί από την παρακάτω σχέση:

$$\Omega_z = \frac{v_0 + v_i}{2R} = \frac{v_i \left( \frac{v_0}{v_i} - 1 \right)}{B} \quad (3.9)$$

Αν θέλουμε να λάβουμε υπόψη και την ολίσθηση τότε έχουμε:

$$\Omega_z' = \frac{v_0(1-i_0) + v_i(1-i_i)}{2R'} = \frac{v_i \left( \frac{v_0(1-i_0)}{v_i} - (1-i_i) \right)}{B} \quad (3.10)$$

Έχοντας ένα ακριβές μοντέλο της ολίσθησης, οι κινηματικές εξισώσεις μπορούν να μας δώσουν ακριβή αποτελέσματα. Χωρίς ένα ακριβές μοντέλο της ολίσθησης, οι ταχύτητες των τροχών και ακτίνα στροφής μπορεί απλά να εκτιμηθούν χωρίς ακρίβεια.

### 3.5 Γενικά για οχήματα που στρίβουν με ολίσθηση

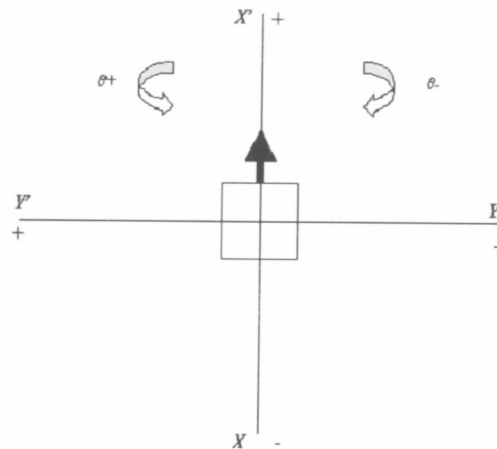


Τα πλεονεκτήματα των οχημάτων που στρίβουν με ολίσθηση είναι ότι είναι συμπαγή, απαιτούν λιγότερα εξαρτήματα για να κατασκευαστούν και επιδεικνύουν εξαιρετική ευελιξία στο να κινούνται χρησιμοποιώντας εξαρτήματα τα οποία απαιτούνται για να κινηθεί το όχημα σε ευθεία γραμμή [9]. Ένα άλλο πλεονέκτημα των οχημάτων αυτών είναι και ο τρόπος μετάδοσης της κίνησης. Η μετάδοση της κίνησης στους τροχούς γίνεται μόνο σε ένα άξονα γύρω από τον οποίο περιστρέφονται οι τροχοί. Στα οχήματα που έχουν κατευθυντήριο τροχό, η κίνηση γίνεται σε δύο άξονες. Αυτό κάνει δυσκολότερη την μετάδοση της κίνησης στους τροχούς.

Αξίζει να αναφερθεί ότι παρόλο ότι η μετάδοση της κίνησης με κατευθυντήριο τροχό είναι δυσκολότερη οι δυνάμεις οι οποίες αναπτύσσονται σε ένα τέτοιο σύστημα είναι σαφώς μικρότερες από αυτές που αναπτύσσονται σε ένα όχημα που στρίβει με ολίσθηση των τροχών.

### 3.6 Σύστημα αξόνων του ATRV-Mini

Το ATRV-Mini κινείται με βάση ένα ορθοκανονικό σύστημα αξόνων που έχει οριστεί από την κατασκευάστρια εταιρία και που έχει τον προσανατολισμό ο οποίος φαίνεται στο Σχήμα 3.7.

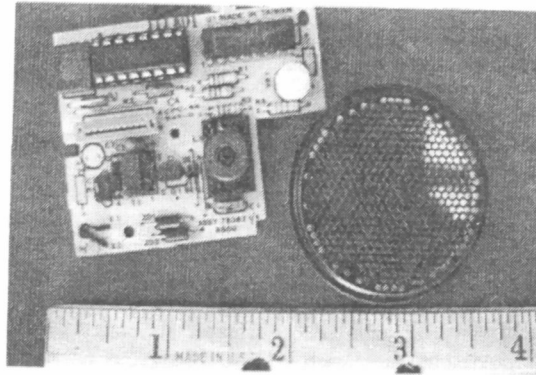


Σχήμα 3.7. Ορθοκανονικό σύστημα αξόνων του ATRV-Mini

Οι διαφορές του συστήματος αυτού σε σχέση με το καρτεσιανό σύστημα αξόνων είναι ο ορισμός των αξόνων X-Y. Ο άξονας Y του καρτεσιανού συστήματος αντιστοιχεί στον άξονα X του συστήματος του οχήματος και αντίστροφα. Διαφορετικά επίσης ορίζονται και τα θετικά και τα αρνητικά πρόσημα. Οι γωνίες στροφής και ο ορισμός τους σαν αρνητικές ή θετικές φαίνεται στο Σχήμα 3.7. Κατά την δημιουργία των προγραμμάτων ο σχεδιασμός έγινε με βάση το παραπάνω σύστημα αξόνων.

### 3.7 Αισθητήρες υπερήχων (sonar)[10]

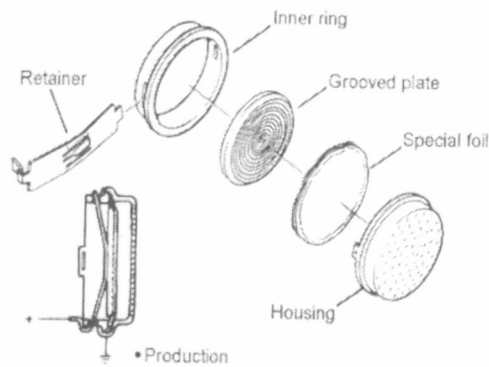
Οι αισθητήρες υπερήχων ανήκουν στην κατηγορία των Time-of-Flight Range Sensors (TOF Sensors) (Σχήμα 3.8).



Σχήμα 3.8 Αισθητήρες υπερήχων

Βασίζονται στη μέτρηση του χρόνου πτήσης του σήματος (ήχος) ενός παλμού του οποίου η ενέργεια ταξιδεύει στο χώρο, αντανακλάται στο αντικείμενο και επιστρέφει στο λήπτη. Οι μετρούμενοι παλμοί προέρχονται από μια υπερηχητική πηγή (Ultrasonic Source).

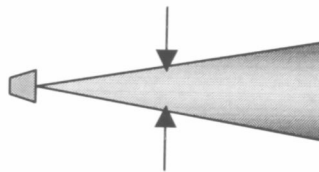
Γνωρίζοντας την ταχύτητα διάδοσης του ήχου στον αέρα και μετρώντας το χρόνο μεταξύ εκπομπής και λήψης του ανακλώμενου σήματος, προσδιορίζεται η απόσταση που διανύθηκε από το σήμα. Η απόσταση του εμποδίου είναι προφανώς η μισή της παραπάνω απόστασης. Κάθε αισθητήρας υπερήχων αποτελείται από ένα εσωτερικό δακτύλιο, ο οποίος περιέχει το ραβδωτό πιατίνι και την ειδική μεμβράνη-έλασμα που εκτελεί τις ταλαντώσεις. Το έλασμα αυτό προστατεύεται από μια καλύπτρα η οποία φέρει πόρους για τη διέλευση του κύματος (Σχήμα 3.9).



Σχήμα 3.9 Αισθητήρας υπερήχων

Εκπέμπει μια ζώνη ηχητικού κύματος σχήματος Κώνου, εύρους  $30^\circ$ .

Ο κώνος αυτός έχει εμβέλεια περί τα 4 - 5 μέτρα (Σχήμα 3.10). Η ελάχιστη απόσταση ανίχνευσης είναι περίπου 0.2 μέτρα



Γωνία Ανίχνευσης: 30 μοίρες = 0.523  
ακτίνια (Rad)  
Εμβέλεια: 0.2-4 μέτρα



Σχήμα 3.10 Εμβέλεια αισθητήρα υπερήχων

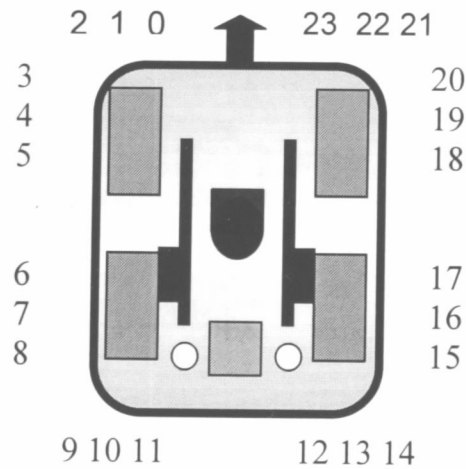
Οι αισθητήρες υπερήχων χρησιμοποιούνται κατά κόρον στα αντίστοιχα οχήματα λόγω του χαμηλού κόστους κατασκευής, των μικρών απαιτήσεων ενέργειας, του απλού τρόπου λειτουργίας τους και της ικανότητας ανίχνευσης σε πραγματικό χρόνο.

Συνοδεύονται όμως και από ορισμένα μειονεκτήματα, όπως

- Μη σταθερές τιμές στην ταχύτητα εκπομπής του ήχου λόγω δυναμικότητας των ενεργειακών πηγών.
- Έλλειψη μνήμης προηγούμενων ανιχνεύσεων.
- Αβεβαιότητες στον καθορισμό του ακριβούς χρόνου άφιξης του ανακλασμένου (πάνω στις επιφάνειες του εμποδίου) παλμού με συνέπεια την καθυστέρηση της ανάγνωσής του από το λήπτη.
- Οι αισθητήρες υπερήχων δεν μπορούν με κανένα τρόπο να ανιχνεύσουν την ακριβή γωνία του αντικειμένου. Αντικείμενα τοποθετημένα σε μεγάλες γωνίες σε σχέση με την ευθεία έλευσης του παλμού μπορεί να ανακλάσουν το κύμα (λόγω μεγάλης γωνίας πρόσπτωσης) προς εντελώς διαφορετική κατεύθυνση.
- Ένας αισθητήρας υπερήχων μπορεί επίσης να μπερδευτεί και να κάνει εσφαλμένες εκτιμήσεις απόστασης στην περίπτωση που ο ενεργειακός παλμός ανακλαστεί σε δυο κεκλιμένες επιφάνειες και επιστρέψει έχοντας σαφώς πραγματοποιήσει μεγαλύτερο χρόνο πτήσης. Το αποτέλεσμα είναι υπερεκτίμηση της υπολογιζόμενης απόστασης από το εμπόδιο, το φαινόμενο αυτό καλείται κατοπτρική ανάκλαση.(specular reflection)
- Εντελώς λείες επιφάνειες, όπως γυάλινες, μπορούν να ανακλάσουν πλήρως τον ενεργειακό παλμό προς τυχαίες κατευθύνσεις .
- Ακτινικό σφάλμα, όταν ο ενεργειακός παλμός χτυπήσει την επιφάνεια του αντικειμένου με μεγάλη γωνία πρόσπτωσης, οπότε ανακλάται και επιστρέφει η άκρη του κύματος και όχι η κεντρική ακτίνα. Η απόσταση του αντικειμένου σε αυτή την περίπτωση υποεκτιμάται.
- Στοχαστικοί παράγοντες στην ταχύτητα διάδοσης του κύματος προκαλούν εσφαλμένες εκτιμήσεις αποστάσεων.



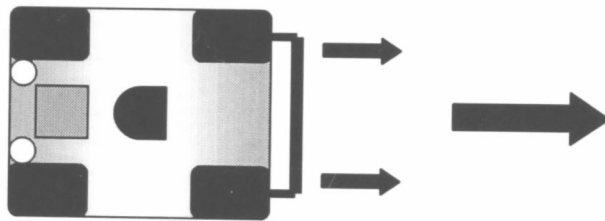
Η τοποθέτηση και η αρίθμηση των αισθητήρων υπερήχων του ρομποτικού οχήματος δίδεται στο Σχήμα 3.11



Σχήμα 3.11 Αρίθμηση των αισθητήρων υπερήχων

### 3.8 Κίνηση [10]

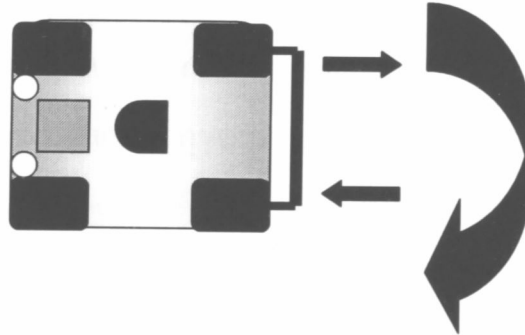
Το όχημα, όπως ήδη προαναφέρθηκε, χρησιμοποιεί διαφορική κίνηση των τροχών για να εκτελέσει στροφή, ενώ για την περίπτωση της ευθύγραμμης κίνησης οι τροχοί και των δύο πλευρών περιστρέφονται με την ίδια γωνιακή ταχύτητα.



Σχήμα 3.12 Εκτέλεση μεταφορικής κίνησης του οχήματος, με εφαρμογή ίσων ταχυτήτων στους δύο απέναντι τροχούς.

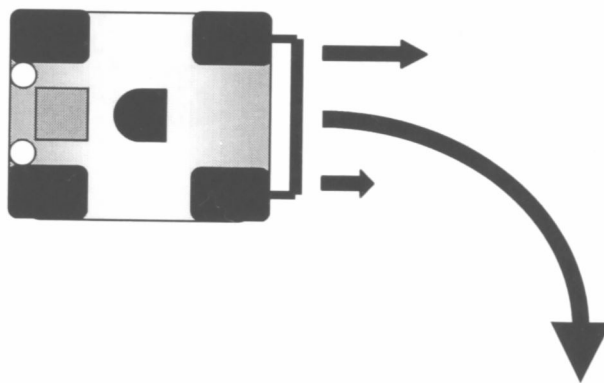
Στην περίπτωση που το όχημα επιβάλλεται να εκτελέσει επιτόπια στροφή, οι κινητήρες δίδουν ίσου μέτρου και αντίθετης φοράς γωνιακές ταχύτητες στους

αντίπλευρους τροχούς, με αποτέλεσμα την περιστροφή του οχήματος χωρίς μετατόπιση.



Σχήμα 3.13 Εκτέλεση επιτόπιας περιστροφής του οχήματος, με εφαρμογή αντίθετων ταχυτήτων στους δύο απέναντι τροχούς.

Στην περίπτωση που το όχημα πρέπει να περιστρέφεται και να μετατοπίζεται ταυτόχρονα τότε οι κινητήρες δίδουν διαφορετική ταχύτητα ίδιας φοράς στους αντίπλευρους τροχούς.



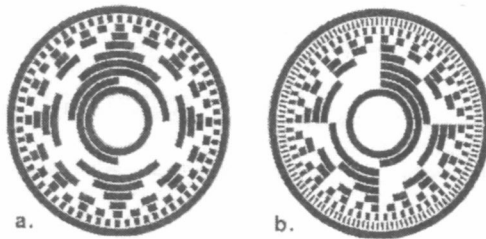
Σχήμα 3.14 Εκτέλεση συνδυασμένης μεταφορικής και περιστροφικής κίνησης του οχήματος, με εφαρμογή διαφορετικών ταχυτήτων (ίδιας φοράς) στους δύο απέναντι τροχούς.

Για να μπορέσει να κινηθεί το όχημα απαιτείται να είναι γνωστές από το κεντρικό σύστημα η γραμμική και η γωνιακή του ταχύτητα, λαμβάνοντας τις τιμές τους αυτές κάθε χρονική στιγμή.

### 3.9 Οδομέτρηση

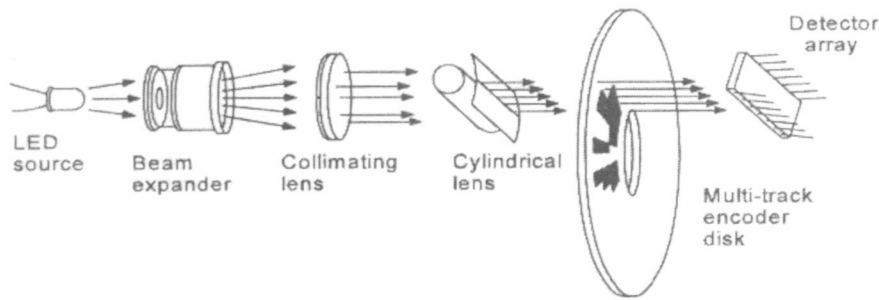
Ο προσδιορισμός της θέσης του οχήματος κάθε χρονική στιγμή γίνεται με τη μέθοδο της οδομέτρησης. Είναι γνωστό ότι η μέθοδος αυτή δίνει μια καλή ακρίβεια μετρήσεων, ενώ έχει μικρό κόστος εφαρμογής και λειτουργίας. Κύριο μειονέκτημα της μεθόδου είναι ότι τα σφάλματα υπολογισμού αθροίζονται και για μεγάλο χρόνο λειτουργίας οδηγούν σε σημαντικές αποκλίσεις μεταξύ υπολογιζόμενης και πραγματικής θέσης του οχήματος.

Η συγκεκριμένη μέθοδος στηρίζεται στη μέτρηση της γωνίας περιστροφής των τροχών του οχήματος και τη μετάφραση της εν λόγω γωνίας σε γραμμική απόσταση στο έδαφος ή σε γωνία στροφής του οχήματος. Ο υπολογισμός της γωνίας περιστροφής των τροχών γίνεται με χρήση οπτικών κωδικοποιητών, προσαρμοσμένων στους τροχούς του οχήματος (Σχήμα 3.15).



Σχήμα 3.15 Οπτικοί κωδικοποιητές

Οι κωδικοποιητές αυτοί είναι ειδικοί δίσκοι οι οποίοι φέρουν σκοτεινές και διαφανείς περιοχές. Μέσα από τις διαφανείς περιοχές περνά μία δέσμη φωτός φωτεινής πηγής η οποία ανιχνεύεται στο πίσω μέρος του δίσκου από κατάλληλο αισθητήρα (Σχήμα 3.16).



Σχήμα 3.16 Κωδικοποιητής

Η μέθοδος οδομέτρησης λόγω της αρχής λειτουργίας της μπορεί να εισάγει σφάλματα στον υπολογισμό της θέσης του οχήματος. Για παράδειγμα, στην περίπτωση που το όχημα τείνει να σταματήσει την κίνησή του και λόγω ολισθηρότητας του δαπέδου γλιστρήσει, τότε ενώ δεν γυρίζουν οι τροχοί το όχημα έχει μετατοπιστεί χωρίς να έχει ληφθεί υπ' όψιν η μετατόπιση από το μηχανισμό οδομέτρησης. Μερικοί παράγοντες που εισάγουν σφάλματα στη διαδικασία οδομέτρησης παρατίθενται στη συνέχεια:

- Άνισες διαμέτροι τροχών.
- Η μέση τιμή της διαμέτρου του ενεργού τροχού διαφέρει από την ονομαστική διάμετρο του τροχού.
- Η ενεργή βάση του τροχού διαφέρει από την ονομαστική (φθορά).
- Τζόγος (χαλάρωμα) των τροχών.
- Πεπερασμένη κωδικοποιητική ανάλυση.
- Πεπερασμένη κωδικοποιητική λήψη δείγματος.
- Πορεία σε τραχειά δάπεδα.
- Πορεία πάνω από αντικείμενα.
- Ολίσθηση τροχού οφειλόμενη σε:
  - Ολισθηρά δάπεδα.
  - Υπερεπιτάχυνση (σπινάρισμα).
  - Γρήγορη στροφή.

## Κεφάλαιο 4ο

Τίτλος κεφαλαίου

## 4.1 Αντιμετώπιση του θέματος

Για την επίλυση του προβλήματος σε στατικό περιβάλλον προτείνεται ένας γενετικός αλγόριθμος (off-line) ( τα εμπόδια είναι από την αρχή γνωστά) .

Στην προσομοίωση αυτή το ρομπότ γνωρίζει πριν αρχίσει να κινείται στο χώρο, πόσα εμπόδια υπάρχουν, που βρίσκονται, καθώς και το τελικό σημείο που πρέπει να φτάσει .

Στην συγκεκριμένη προσέγγιση του θέματος :

- Ο χώρος που κινείται το όχημα είναι περιορισμένος
- περιγράφεται από δύο διαστάσεις  $x, y$ .
- αρχή του χώρου (σημείο  $(0,0)$  ) θεωρείται η θέση του οχήματος
- τα εμπόδια περιγράφονται από κύκλους και στο ρομπότ δίνονται ο αριθμός τους, οι συντεταγμένες του κέντρου και η ακτίνα
- ο τελικός στόχος περιγράφεται επίσης από τις συντεταγμένες του σε  $(x,y)$ .

Ο αλγόριθμος υπολογίζει τους ενδιάμεσους κόμβους από τους οποίους θα περάσει το όχημα προκειμένου να φτάσει στο στόχο χωρίς να συγκρουσθεί με τα εμπόδια. Ο αριθμός των ενδιάμεσων κόμβων είναι σταθερός. Κάθε πιθανή λύση περιγράφεται από πέντε σημεία, με συντεταγμένες  $x, y$  .

## 4.2 Στοιχεία του γενετικού

### Αναπαράσταση :

Στο γενετικό κάθε χρωμόσωμα αποτελείται από **δέκα (2x5)** γονίδια.

Κάθε χρωμόσωμα αντιπροσωπεύει μια λύση , τη διάταξη δηλαδή των πέντε ενδιάμεσων κόμβων.

Έτσι κάθε γονίδιο αντιπροσωπεύει μια από τις συντεταγμένες  $x$  ή  $y$  και παίρνει τιμές μέσα στα ορισμένα όρια του χώρου κίνησης .

Το χρωμόσωμα έχει λοιπόν την μορφή:

$$X1 \ Y1 \ X2 \ Y2 \ X3 \ Y3 \ X4 \ Y4 \ X5 \ Y5$$

### Αρχικός πληθυσμός :

Αρχικά σε κάθε γονίδιο δίνονται τυχαίες τιμές από μια γεννήτρια τυχαίων αριθμών. Οι τιμές αυτές βρίσκονται μέσα στο ορθογώνιο που περιγράφει το χώρο κίνησης .

### Αξιολόγηση:

Για την λειτουργία του γ.α αναπτύσσεται μια κατάλληλη συνάρτηση, η οποία να ευνοεί τις καλές λύσεις και να τιμωρεί όσες δεν έχουν επιθυμητά χαρακτηριστικά.

Ξεκινώντας από την αρχή (0,0) και με τελικό σημείο τον στόχο, ορίζεται, ανά δυο διαδοχικούς κόμβους ένα ευθύγραμμο τμήμα (συνολικά δηλαδή έξι ευθύγραμμα τμήματα). Γίνετε έλεγχος για το αν το τμήμα αυτό τέμνει κάποιον από τους κύκλους .

Αν τα ευθύγραμμα τμήματα δεν έχουν κοινά σημεία με τους κύκλους (η διαδρομή δεν περνάει μέσα από εμποδία) το μήκος τους είναι ίσο με το πραγματικό .

Αν κάποιο από τα ευθύγραμμα τμήματα τέμνει κάποιον κύκλο τότε το τμήμα αυτό τιμωρείται και όσο πιο κοντά στο κέντρο του εμποδίου περνάει τόσο μεγαλύτερη τιμή παίρνει .

Στην συνέχεια υπολογίζεται το συνολικό μήκος της διαδρομής το οποίο είναι ίσο με το άθροισμα των μηκών των επιμέρους τμημάτων.

Η συνάρτηση προσαρμογής  $f$  είναι το αντίστροφο του αθροίσματος δυο όρων, πολλαπλασιασμένων με κατάλληλους συντελεστές στάθμισης. Ο ένας όρος είναι το μήκος της διαδρομής ( $\text{sum}_1$ ) που αντιπροσωπεύει το χρωμόσωμα και ο δεύτερος η τιμωρία ( $\text{sum}_2$ ) που του έχει επιβληθεί.

Η συνάρτηση προσαρμογής έχει λοιπόν την μορφή

$$F = \frac{1}{\text{sum}}$$

όπου:

$$\text{sum} = a_1 \text{sum}_1 + a_2 \text{sum}_2$$

Προσαλή : ευήθεια  
και ευήθεια  
ίδιος φόνος γραφώς  
εξισορροπεί

Ο γ.α μεγιστοποιεί την τιμή της συνάρτησης προσαρμογής και επομένως ελαχιστοποιεί το  $\text{sum}$  που είναι οι επιμέρους όροι, το μήκος της διαδρομής και η τιμωρία του. Όσο πιο μεγάλη τιμή παίρνει λοιπόν τόσο καλύτερη είναι η λύση. Οι συντελεστές  $a_1$ ,  $a_2$  παίρνουν τιμές ώστε να σταθμίζουν τους όρους του αθροίσματος. Αν κάποιος όρος θεωρείται σημαντικότερος από τον άλλο και πρέπει να ελαχιστοποιηθεί τότε του δίνουμε μεγάλο συντελεστή, ώστε το γινόμενο  $a_i \text{sum}_i$  να έχει μεγάλη τιμή.

Για μη εφικτές διαδρομές η συνάρτηση προσαρμογής παίρνει πολύ μικρές τιμές (μεγάλη τιμωρία) με αποτέλεσμα να είναι μικρή η πιθανότητα να επιλεγεί το συγκεκριμένο χρωμόσωμα για να περάσει στην επόμενη γενιά και να δώσει απογόνους.

Οι επιλογή των συντελεστών στάθμισης έγινε με δοκιμές της πορείας σύγκλισης και της ποιότητας των λύσεων. Η επιλογή των συντελεστών πρέπει να γίνεται με προσοχή και έχοντας κατανοήσει τις αρχές

λειτουργίας των γ.α. Η μη προσεχτική επιλογή των συντελεστών μπορεί είτε να κάνει πιο αργή την σύγκλιση ή να οδηγήσει σε μη ικανοποιητικές (ή μη αποδεκτές ) τελικές λύσεις.

### Τελεστές :

Εφόσον δημιουργηθεί και αξιολογηθεί κάθε χρωμόσωμα της πρώτης γενιάς εφαρμόζεται ο τελεστής της επιλογής για να βρεθούν τα χρωμοσώματα που θα σχηματίσουν την επόμενη. Στα χρωμοσώματα αυτά, γονείς, εφαρμόζονται αρχικά ο τελεστής της διασταύρωσης και έπειτα της μετάλλαξης και αν οι γόνοι, πληρούν τις προϋποθέσεις, τα άτομα αυτά θα αποτελούν την επόμενη γενιά.

Η πιθανότητα εφαρμογής της διασταύρωσης σε ένα χρωμόσωμα είναι προκαθορισμένη. Για κάθε χρωμόσωμα επιλέγεται τυχαία ένας αριθμός στο  $[0,1]$  και αν είναι μικρότερος από την πιθανότητα διασταύρωσης τότε το χρωμόσωμα δεν διασταυρώνεται ενώ αν είναι μεγαλύτερος τότε το χρωμόσωμα θα διασταυρωθεί .

Για τη εφαρμογή του τελεστή της μετάλλαξης απαιτείται να είναι γνωστός ο αριθμός των μεταλλάξεων που πρόκειται να συμβούν.

### Παράμετροι ελέγχου :

Οι παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν προέκυψαν έπειτα από δοκιμές με κριτήρια, τα αποτελέσματα και τον χρόνο σύγκλισης του αλγορίθμου. Προτιμήθηκε, για παράδειγμα, μεγάλο πλήθος χρωμοσωμάτων αντί για μεγάλο αριθμό γενεών μιας και περαιτέρω αύξηση του αριθμού γενεών δεν βελτίωνε σημαντικά την λύση ενώ αύξανε αρκετά τον χρόνο που απαιτούνταν για το πέρας του αλγορίθμου.



Στο συγκεκριμένο πρόβλημα

η πιθανότητα διασταύρωσης είναι ίση με **0.2**

η αναλογία μεταλλαγμένων μεταβλητών **0.05\***

ο αριθμός γενεών είναι **500**

το πλήθος χρωμοσωμάτων που απαρτίζουν την κάθε γενιά **100**

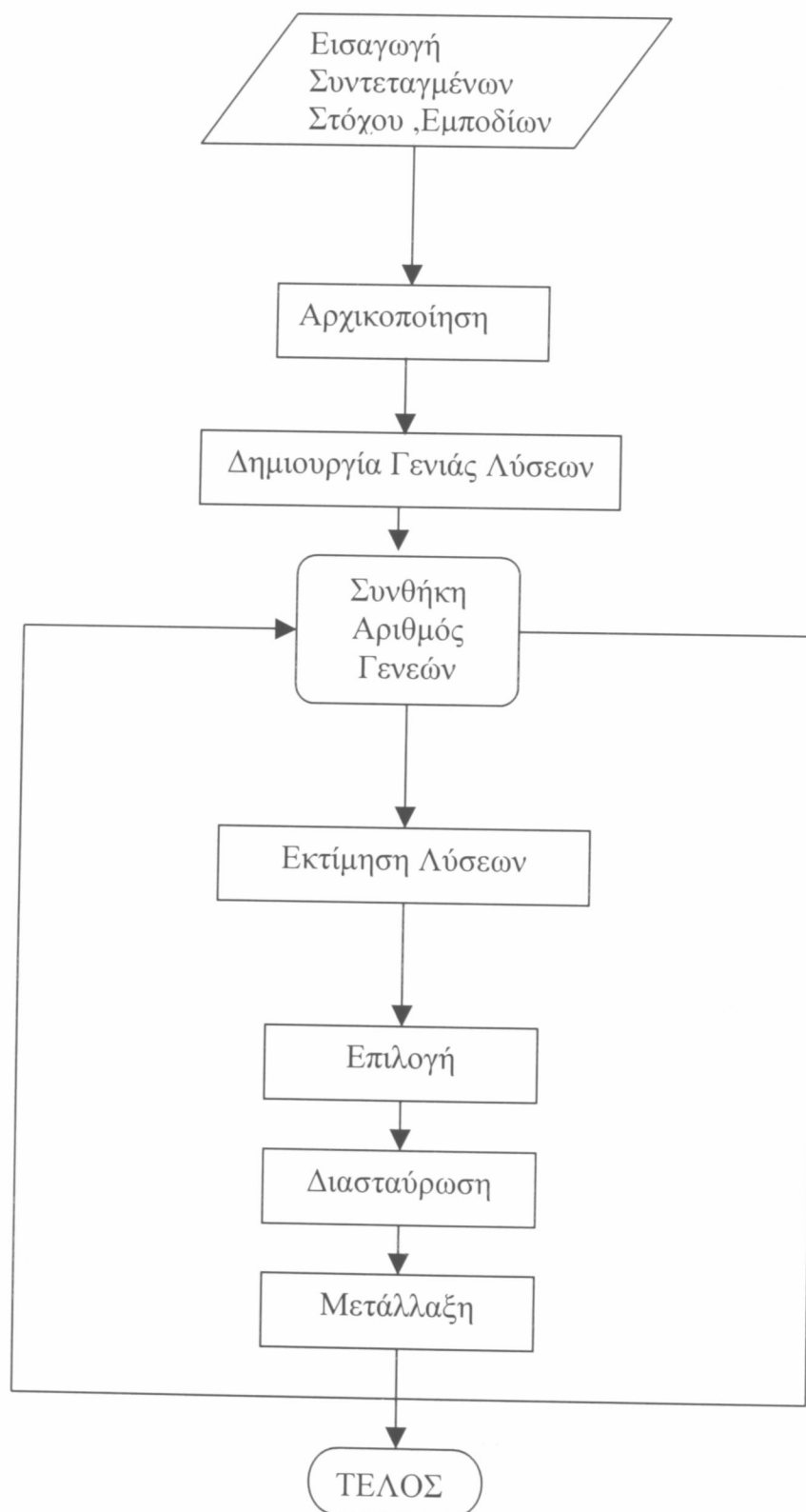
### 4.3 Παρατηρήσεις

- Ο έλεγχος για το αν ένα ευθύγραμμο τμήμα ανήκει σε ένα κύκλο γίνεται παίρνοντας την απόσταση του κέντρου του κύκλου από το τμήμα και συγκρίνοντάς το με την ακτίνα του κύκλου.
- Η λύση που προκύπτει δεν είναι η βέλτιστη (δεν είναι πάντα η συντομότερη διαδρομή) αλλά είναι ασφαλής .
- Ένας περιορισμός που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί είναι η απόσταση των ενδιάμεσων κόμβων από την ευθεία, αρχική θέση – στόχος. Η προσθήκη του επιπλέον αυτού όρου στην συνάρτηση προσαρμογής δεν έδωσε ικανοποιητικά αποτελέσματα.
- Μια παραλλαγή του αλγορίθμου είναι ο αριθμός των κόμβων που προκύπτουν από το γενετικό να είναι ίσος με αριθμό των εμποδίων.

### 4.4 Λογικό διάγραμμα

Παρακάτω παρουσιάζεται το λογικό διάγραμμα της προσομοίωσης για τον υπολογισμό της τροχιάς όταν δίνονται ο αριθμός εμποδίων, οι συντεταγμένες των κέντρων των κύκλων και οι συντεταγμένες του στόχου.

\*από την αναλογία των μεταλλαγμένων μεταβλητών υπολογίζεται ο αριθμός των μεταλλάξεων που θα συμβούν.



Σχήμα 4.1 Λογικό διάγραμμα ροής αλγορίθμου off line.

4.5 Παρουσίαση αποτελεσμάτων προσομοίωσης

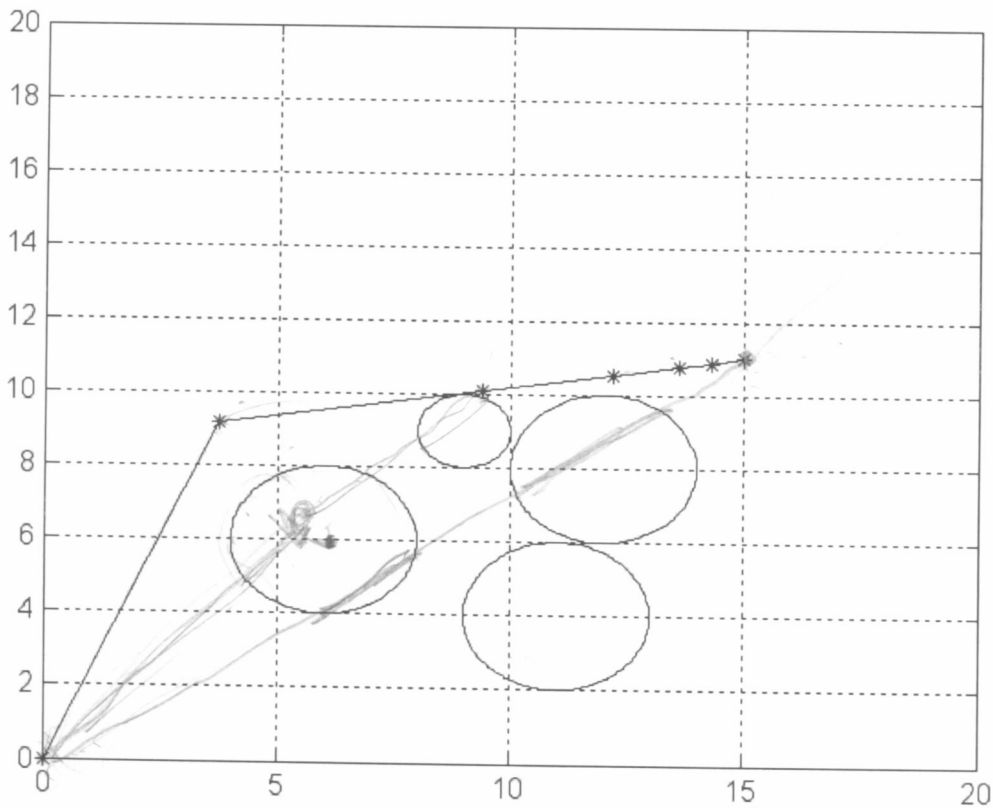
Αποτελέσματα της προσομοίωσης για τον off line σχεδιασμό πορείας παρουσιάζονται στις παραστάσεις που ακολουθούν. Το όχημα θεωρείται σημειακό και στην ακτίνα των εμποδίων έχει προστεθεί η ακτίνα του οχήματος ώστε η διαδρομή που προκύπτει να είναι ασφαλής.

Σενάριο 1

Υποθέτουμε 4 εμποδία με γνωστές συντεταγμένες .Το αρχικό σημείο είναι το ( 0,0 ) και τελικό σημείο ο στόχος. Στο διάγραμμα παρουσιάζονται με αστερίσκο οι ενδιάμεσοι κόμβοι, που προέκυψαν από το γενετικό, οι οποίοι αποτελούν την διαδρομή που θα ακολουθηθεί από το αρχικό σημείο ως τον στόχο .

Εμπόδια (x y r): ( 6 6 2 ) ( 11 4 2 ) ( 9 9 1 ) ( 8 8 2 )

Στόχος (x y): ( 15 , 11 )



διάγραμμα 4.1 *Ρεσουλ*  
*dx - f - 4.2*

Σενάριο 2

Αρχικό σημείο το  $(0,0)$  και τελικό ο στόχος με συντεταγμένες  $(18,15)$ .

Η διαδρομή που προέκυψε σε αυτή την περίπτωση από το γενετικό είναι η συντομότερη.

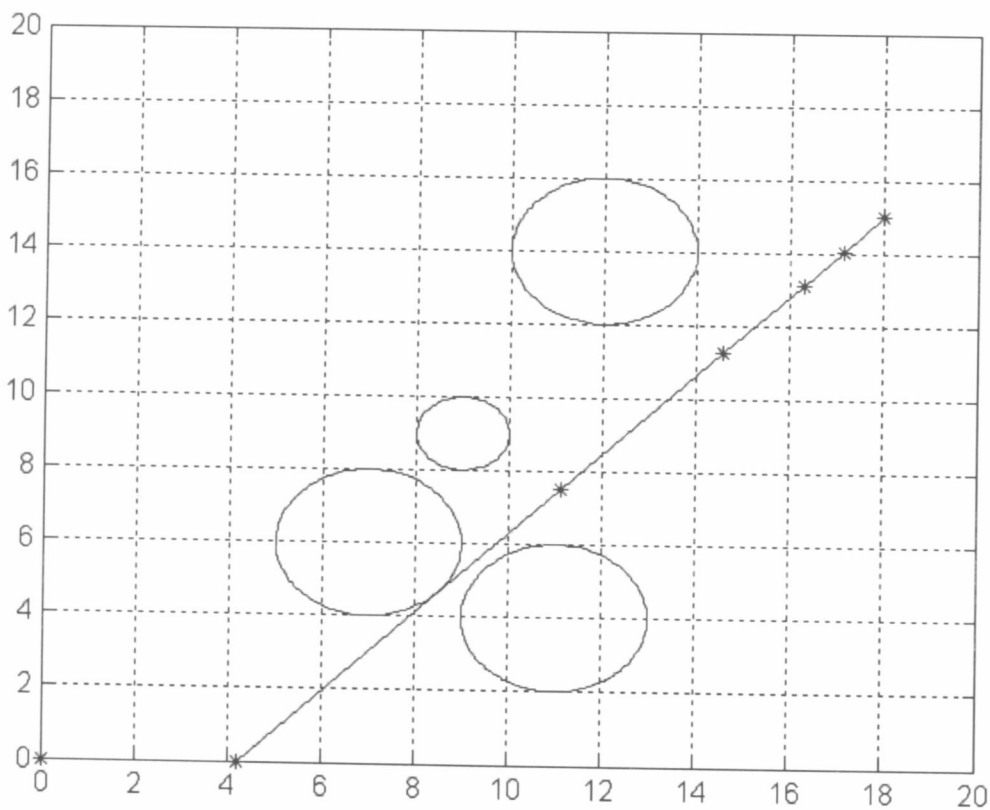
Εμπόδια  $(x \ y \ r)$ :  $(7 \ 6 \ 2)$

$(11 \ 4 \ 2)$

$(9 \ 9 \ 1)$

$(12 \ 14 \ 2)$

Στόχος  $(x \ y)$ :  $(18 \ , \ 15)$



διάγραμμα 4.2

$2 \times 4 < 4 \cdot 3$

Σενάριο 3

Σε αυτή την περίπτωση ο στόχος είναι περικυκλωμένος από τα εμπόδια.

Υπάρχουν 4 εμπόδια που οι συντεταγμένες τους δίνονται:

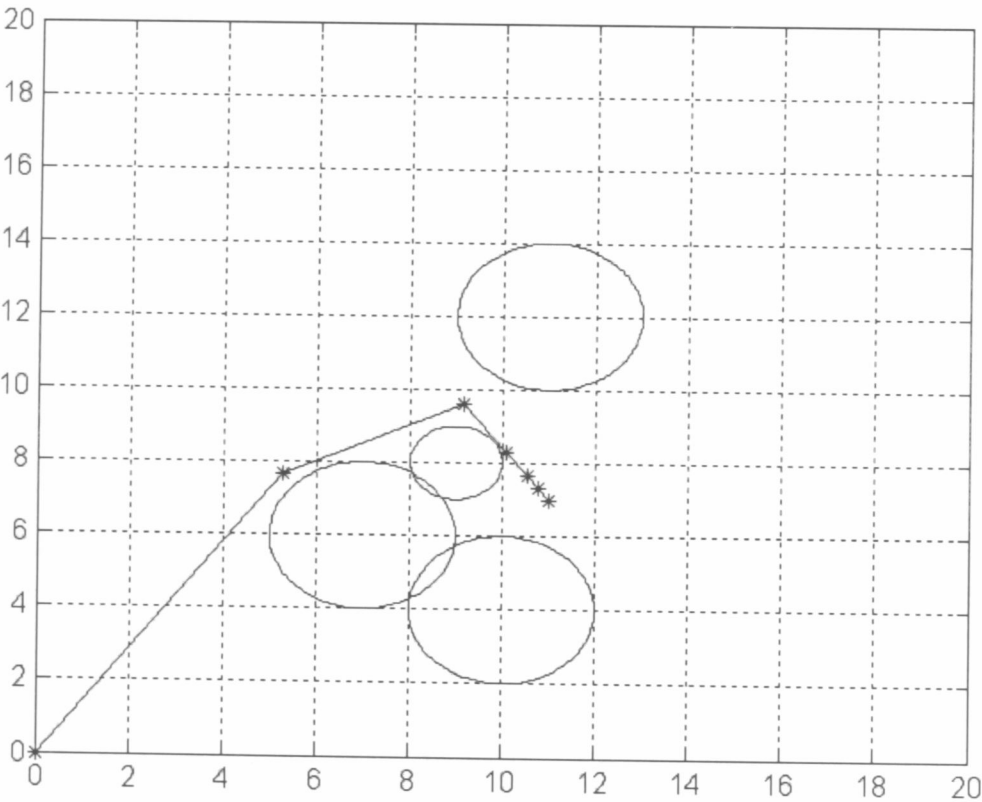
Εμπόδια (x y r): ( 7 6 2 )

( 9 8 1 )

( 11 12 2 )

( 10 4 2 )

Στόχος (x y): ( 11 , 7 )



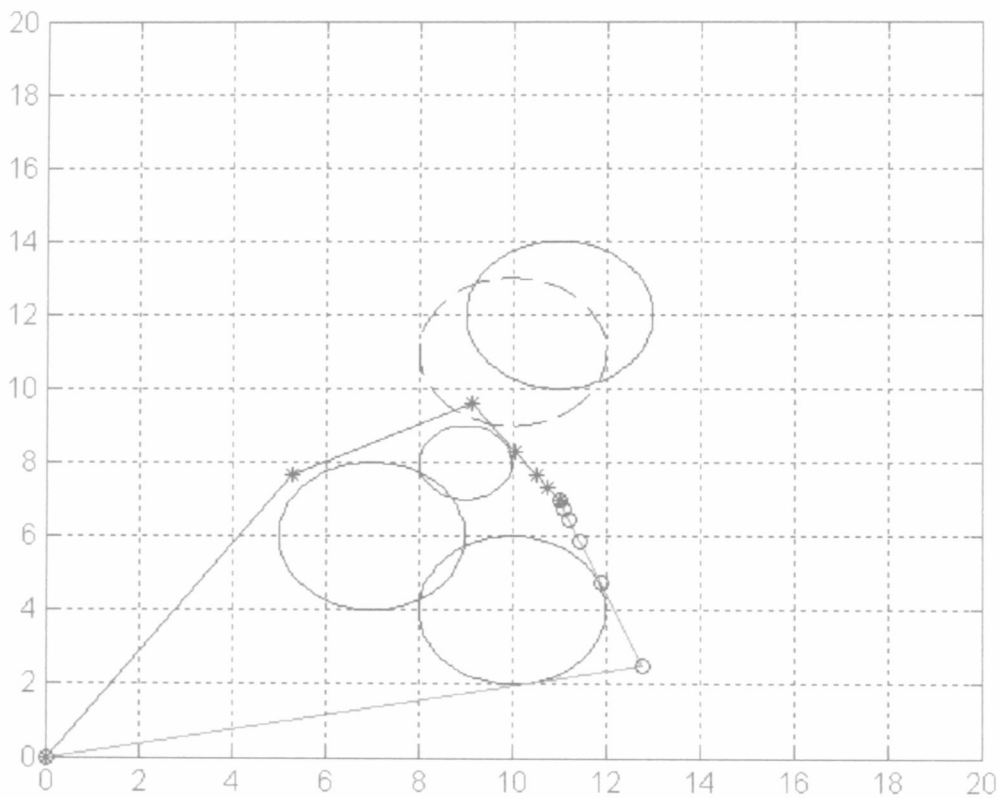
διάγραμμα 4.3

Σχήμα 4.4.

Σενάριο 4

Μεταφορά του εμποδίου ( 11 12 2 ) σε νέα θέση (10 11 2) πάνω στην τροχιά που είχε προκύψει στην προηγούμενη περίπτωση από το γενετικό . Στην γραφική παράσταση που ακολουθεί φαίνεται η προηγούμενη πορεία με μπλε ενώ το νέο εμπόδιο φαίνεται με διακεκομμένη γραμμή και η νέα πορεία που προέκυψε με πορτοκαλί και κύκλους στους κόμβους.

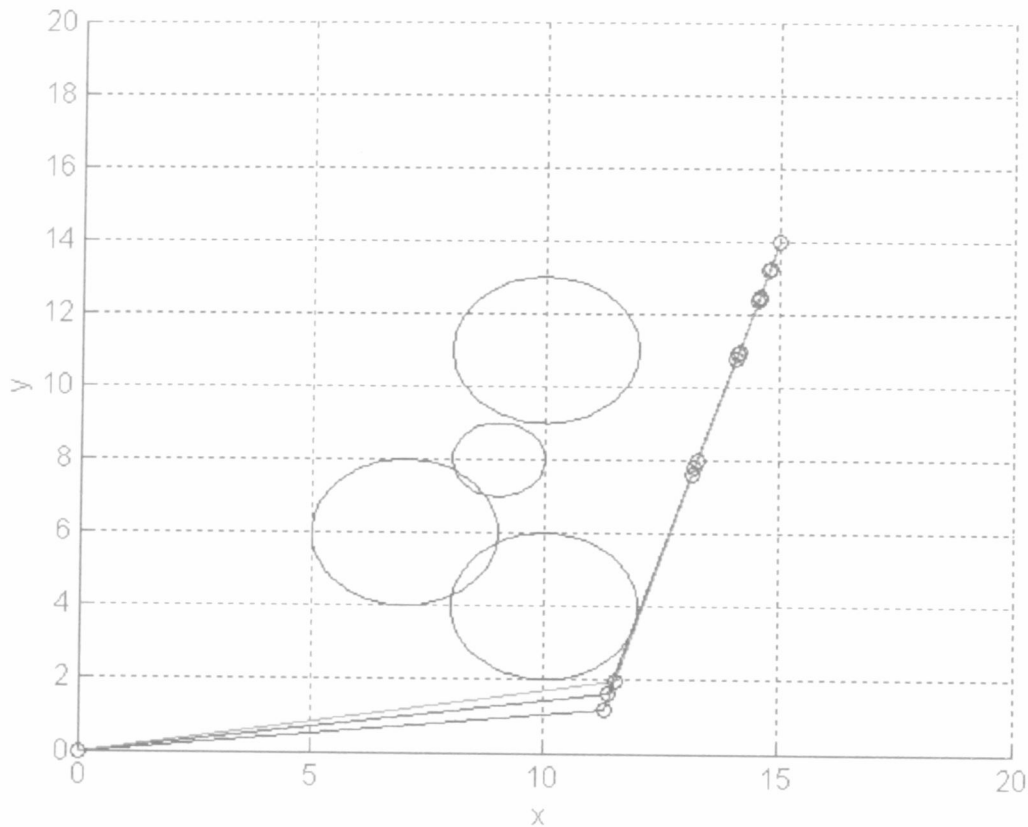
Στόχος : ( 11 7 )



διάγραμμα 4.4

όλα σωστά ...

## Μεταβολή στην παράμετρο αριθμός γενεών



διάγραμμα 4.5

Στο διάγραμμα παρουσιάζεται το ίδιο σενάριο με διαφορετικό αριθμό γενεών. Υπάρχουν τέσσερα εμπόδια. Αρχικό σημείο είναι το (0,0) και τελικό το (15,14).

Η μπλε διαδρομή αντιστοιχεί σε αριθμό γενεών 200 και ο χρόνος υπολογισμού είναι 5,600 msec.

Η κόκκινη διαδρομή αντιστοιχεί σε αριθμό γενεών 500 και ο χρόνος υπολογισμού είναι 5,614 msec.

Η πράσινη διαδρομή αντιστοιχεί σε αριθμό γενεών 1000 και ο χρόνος υπολογισμού είναι 6,248 msec.

Επιλέχθηκε ο αριθμός γενεών 500 διότι η διόρθωση της πορείας για μεγαλύτερο αριθμό γενεών είναι μικρή σε σχέση με τον χρόνο υπολογισμού που απαιτείται.

## Κεφάλαιο 5<sup>ο</sup>



### Εφαρμογή σε πραγματικό χρόνο

Ο αρχικός αλγόριθμος (off line) που παρουσιάστηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο χρησιμοποιήθηκε σαν βάση για την ανάπτυξη του αλγορίθμου πραγματικού χρόνου. Στην περίπτωση αυτή το ρομπότ καθώς κινείται στο χώρο παίρνει ενδείξεις από τους αισθητήρες με τους οποίους είναι εξοπλισμένο και χρησιμοποιεί τις τιμές αυτές για να σχεδιάσει την πορεία του.

#### 5.1 Μοντελοποίηση εμποδίων

Κατά την εφαρμογή του αλγορίθμου στο ρομποτικό όχημα για να γίνει η μοντελοποίηση των εμποδίων, από τους αισθητήρες που διαθέτει το ρομπότ χρησιμοποιούνται μόνο οι ενδείξεις από τα sonar. Για την μείωση των σφαλμάτων των ενδείξεων των αισθητήρων, θεωρείται σαν πραγματική η μικρότερη από τις ενδείξεις που δίνουν δυο γειτονικοί αισθητήρες. Σε κάθε ένδειξη αντιστοιχίζεται ένας κύκλος με κέντρο σε απόσταση από το όχημα ίση με την μετρούμενη από τον αισθητήρα, και ακτίνα ίση με το μισό του μήκους του οχήματος δηλαδή 0.3 m. Σε κάθε κόμβο λοιπόν το όχημα παίρνει τις ενδείξεις από τους 24 περιμετρικά διατεταγμένους αισθητήρες, θεωρεί σαν πραγματικές τις 12 μικρότερες και αντιστοιχίζονται σε όσες από αυτές είναι μικρότερες από 2m, κύκλοι οι οποίοι θα αποτελούν τα εμπόδια που θα εισαχθούν στο γενετικό.

#### 5.2 Περιγραφή του αλγορίθμου

Αρχικά δίνονται στο ρομπότ οι συντεταγμένες του στόχου, ο οποίος δεν πρέπει να βρίσκεται μέσα σε εμπόδιο. Όπως αναφέρθηκε η μοντελοποίηση των εμποδίων έγινε θεωρώντας κύκλους στα σημεία όπου τα sonar έδωσαν ένδειξη για αντικείμενο σε απόσταση από το όχημα μικρότερη από 2m. Στη συνέχεια



δίνονται στο γενετικό αλγόριθμο τα δεδομένα αυτά και υπολογίζεται μια εφικτή πορεία από το σημείο που βρίσκεται το όχημα έως τον στόχο. Δίνεται εντολή στο όχημα να προχωρήσει μέχρι τον πρώτο κόμβο της διαδρομής που προέκυψε από το γενετικό. Όταν το όχημα φτάσει στον κόμβο παίρνει και πάλι ενδείξεις από τα sonar. Υπολογίζεται το πιο κοντινό στο όχημα εμπόδιο. Αν η απόσταση του κοντινότερου εμποδίου είναι μεγαλύτερη από την απόσταση για τον επόμενο κόμβο, τότε το όχημα κινείται στον επόμενο κόμβο ενώ αν είναι μικρότερη δίνονται στο γενετικό τα νέα δεδομένα και προκύπτει μια νέα πορεία προσαρμοσμένη στις νέες ενδείξεις. Η διαδικασία αυτή συνεχίζεται μέχρι το ρομπότ να μπει στον κύκλο που περιβάλλει τον στόχο, αυτό αποτελεί και την τερματική συνθήκη του προγράμματος.

### 5.3 Παρουσίαση αποτελεσμάτων

Στην συνέχεια παρουσιάζονται αποτελέσματα της εφαρμογής του γενετικού αλγορίθμου για την πλοήγηση του έντροχου ρομπότ του εργαστηρίου, σε στατικό περιβάλλον. Το ρομπότ παρουσιάζεται σαν τετράγωνο στην θέση  $(0,0)$ .

Σενάριο1

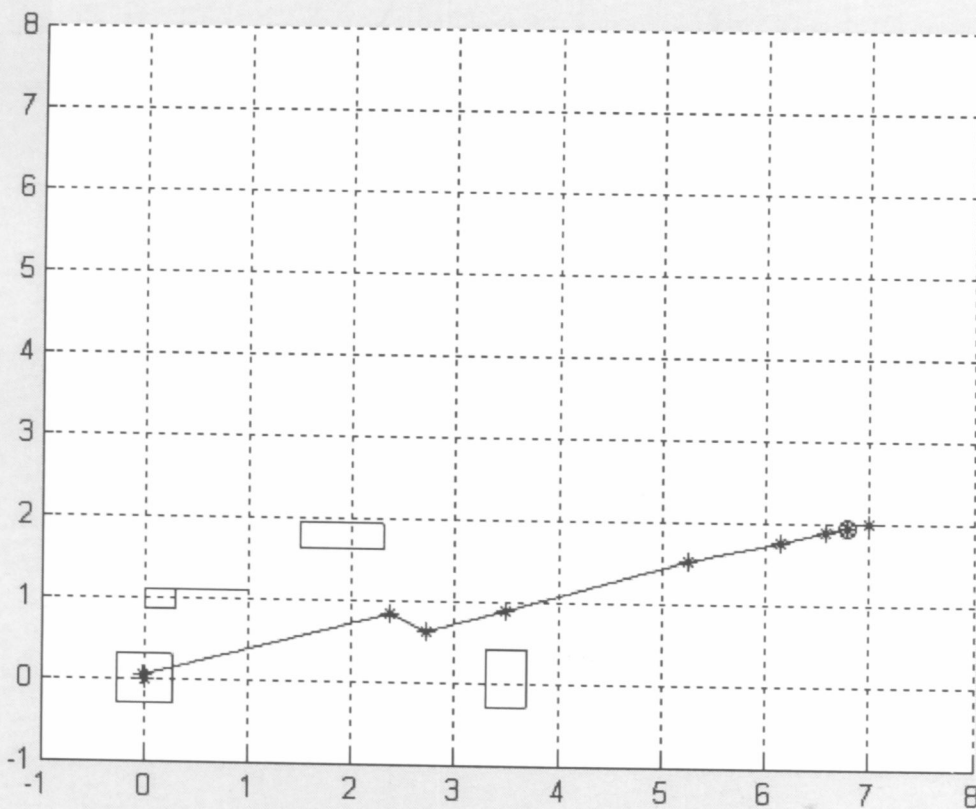
Η θέση στην οποία βρίσκεται αρχικά το όχημα (πριν αρχίσει να κινείται) θεωρείται σαν σημείο  $(0,0)$ . Ο σκοπός είναι να προσεγγιστεί ένα τελικό σημείο. Το τελικό σημείο (στόχος) εισάγεται στο πρόγραμμα πλοήγησης και ο αλγόριθμος αρχίζει εκτελείται με τον τρόπο που περιγράφηκε πιο πάνω.

Στην περίπτωση αυτή το όχημα έφτασε τον στόχο (βρέθηκε εντός του κύκλου που περιβάλλει τον στόχο). Το όχημα κινήθηκε από την αρχική θέση προς τον **στόχο**  $(7, 2)$  αποφεύγοντας την σύγκρουση με δυο εμπόδια. Στο διάγραμμα, που σχεδιάστηκε σε περιβάλλον Matlab, παρουσιάζονται τα εμπόδια που υπάρχουν στο χώρο, η πορεία που διέγραψε το όχημα. Ο στόχος, το σημείο που έπρεπε να προσεγγισθεί, είναι ο αστερίσκος.

Αρχική θέση:  $(0, 0)$

Στόχος :  $(7, 2)$

Ge 2x  
ya 151x



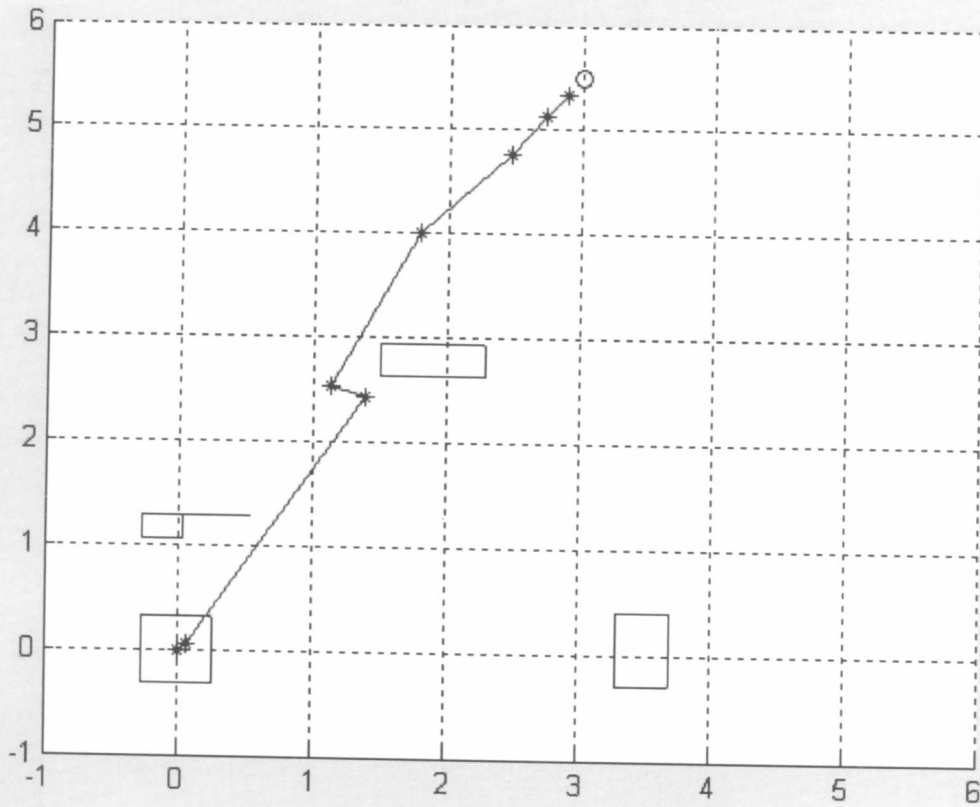
Σχίζα λήσασον?

Σενάριο 2

Το όχημα ξεκινάει από μια αρχική θέση  $(0,0)$  και κατευθύνεται προς τον στόχο. Στο διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζεται η πορεία που διέγραψε το όχημα και σημειώνονται με αστερίσκο οι κόμβοι από τους οποίους πέρασε. Στο χώρο υπάρχουν τέσσερα εμπόδια.

Αρχική θέση :  $(0,0)$

Στόχος :  $(3,5.5)$

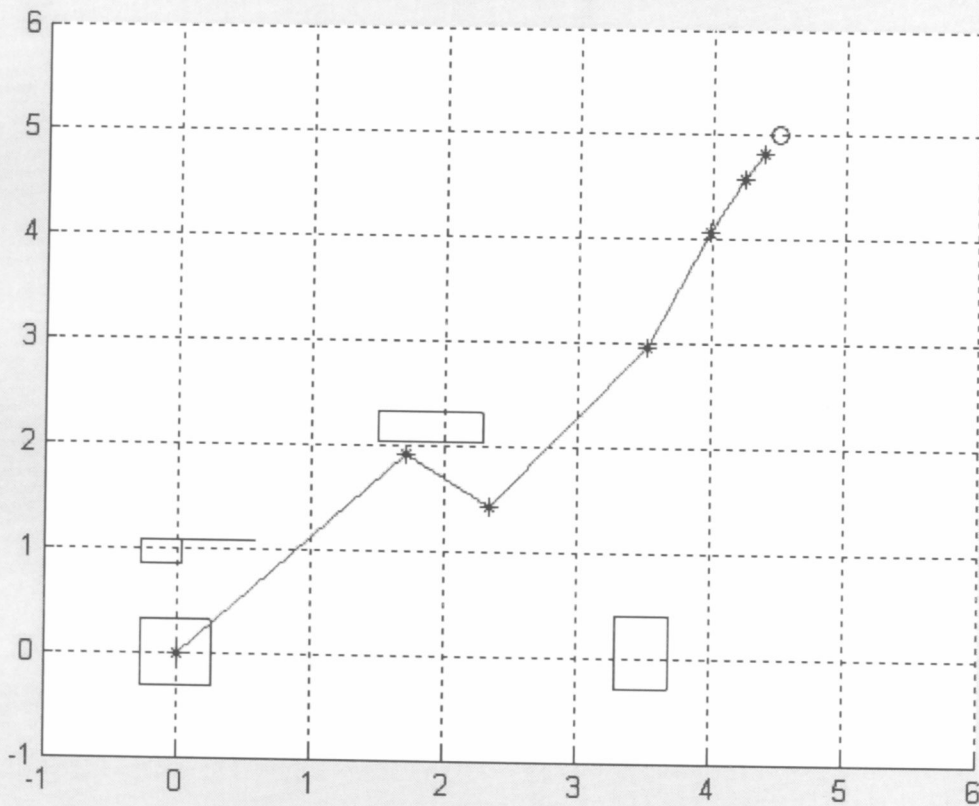


Σενάριο 3

Στην περίπτωση αυτή το όχημα πλησίασε αρκετά το δεύτερο εμπόδιο αλλά για τις περιπτώσεις αυτές ο αλγόριθμος τροποποιήθηκε έτσι ώστε όταν το όχημα βρίσκεται πολύ κοντά (απόσταση μικρότερη από 0,3 m) να μοντελοποιεί το εμπόδιο σαν κύκλο με ακτίνα 0.1 αντί ακτίνας 0,3, ώστε να αποφεύγεται η περίπτωση όπου το ρομπότ θεωρεί ότι βρίσκεται εντός του εμποδίου.

Αρχική θέση : ( 0,0 )

Στόχος : ( 4.5 5 )

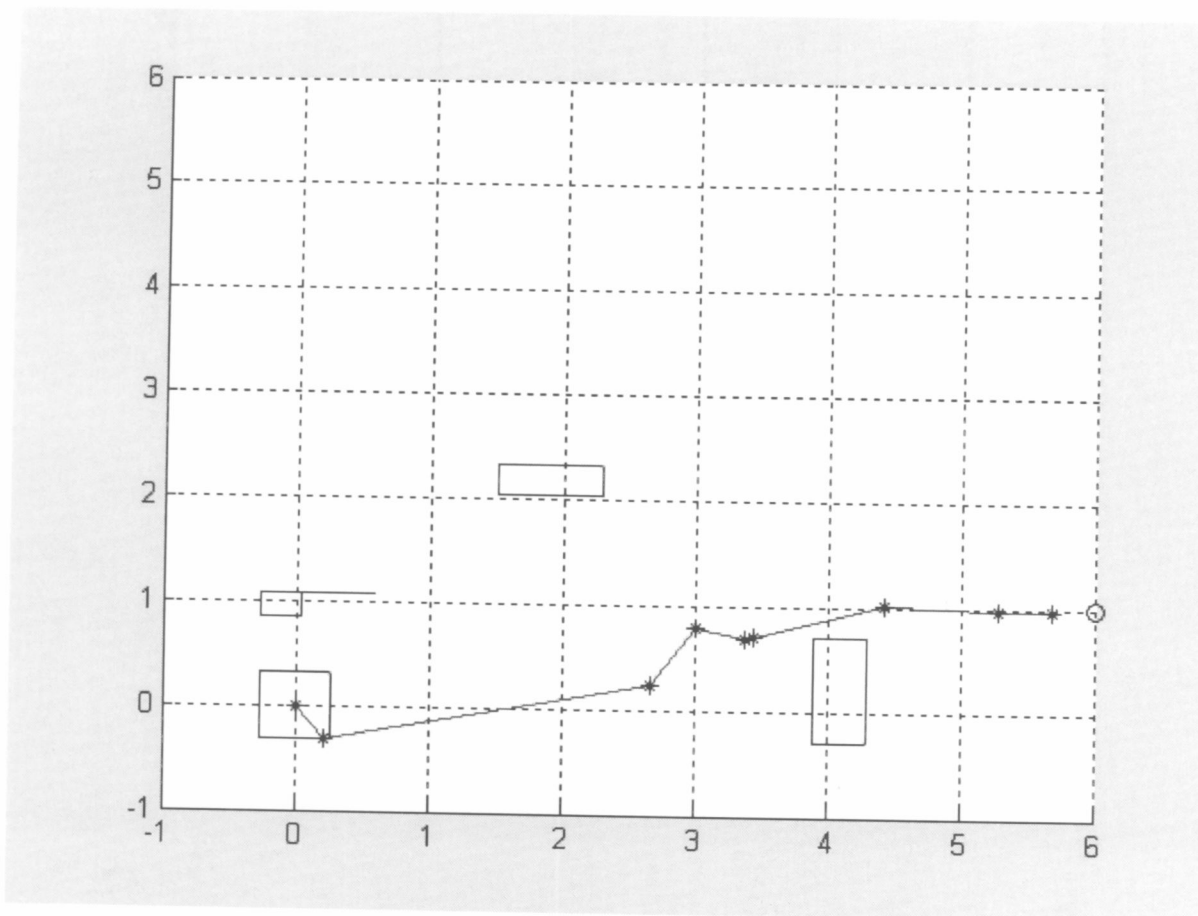


Σενάριο 4

Το ρομπότ πρέπει να προσεγγίσει το σημείο  $(6, 1)$ . Φτάνοντας στον δεύτερο κόμβο (τρίτο σημείο με αστερίσκο) παίρνει ένδειξη από τους αισθητήρες για ύπαρξη εμποδίου οπότε και προκύπτει από το γενετικό νέα πορεία.

Αρχική θέση :  $(0, 0)$

Στόχος :  $(6, 1)$

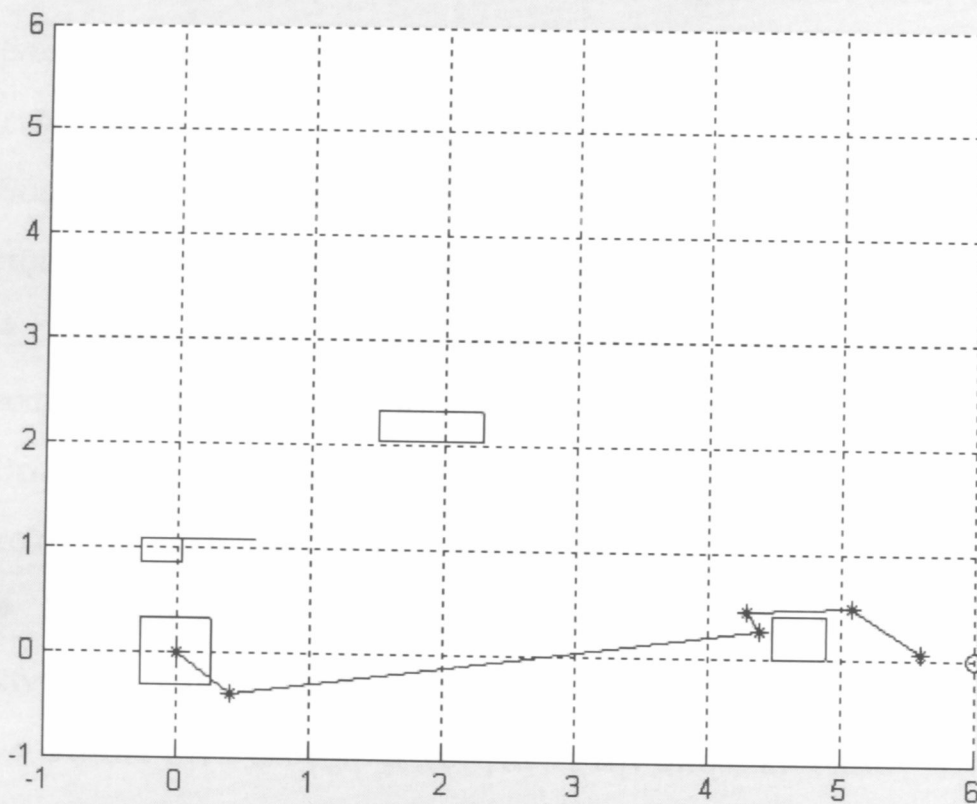


Σενάριο 5

Και εδώ το εμπόδιο μοντελοποιήθηκε με ακτίνα 0,1m αντί 0,3 και γι' αυτό φαίνεται το όχημα να περνά πολύ κοντά στο εμπόδιο.

Αρχική θέση : ( 0 , 0 )

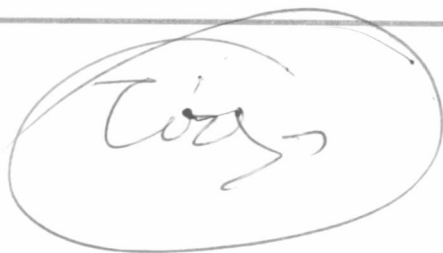
Στόχος : ( 6 0 )



#### 5.4 Παρατηρήσεις

- ♦ Το όχημα κινείται με σταθερή μεταφορική ταχύτητα ίση με  $0.5 \text{ m/s}$ . Για να κινηθεί του δίνεται ο χρόνος κίνησης καθώς και η γωνία κατεύθυνσης. Για να είναι πιο ελεγχόμενη η κίνηση του οχήματος, το όχημα πρώτα στρίβει κατά την γωνία κατεύθυνσης και στην συνέχεια κινείται ευθύγραμμα με σταθερή ταχύτητα για τον υπολογισμένο χρόνο.
- ♦ Αν ένας αισθητήρας δώσει ένδειξη μεγαλύτερη από  $2\text{m}$ , η ένδειξη θεωρείται ίση με μηδέν και δεν αντιστοιχίζεται σε αυτή εμπόδιο. Ο βασικός λόγος που οδήγησε σε αυτό τον περιορισμό είναι το ότι οι ενδείξεις πέραν των  $2\text{m}$  θεωρούνται ανακριβείς (μεγαλύτερος θόρυβος). Επιπλέον η απόσταση δυο διαδοχικών κόμβων που προκύπτουν από το γενετικό δεν είναι επιθυμητό να ξεπερνάει τα  $2\text{m}$ .
- ♦ Εξαιτίας σφαλμάτων δεν είναι εφικτό για το όχημα να φτάσει ακριβώς πάνω στο σημείο που αποτελεί τον στόχο. Για το λόγο αυτό θεωρείται κύκλος ακτίνας  $0.2\text{m}$  και με κέντρο τον στόχο. Αρκεί λοιπόν το όχημα να βρεθεί εντός του κύκλου.
- ♦ Σφάλμα επίσης παρατηρείται και στην περίπτωση που ο χρόνος κίνησης είναι μικρός διότι το όχημα δεν προλαβαίνει να επιταχύνει και να φτάσει την σταθερή ταχύτητα με την οποία κινείται.

## Κεφάλαιο 6ο



## 6.1 Συμπεράσματα

Στόχος της προτεινόμενης εργασίας είναι η ανάπτυξη αλγορίθμων ελέγχου πραγματικού χρόνου βάσει μετρήσεων από αισθητήρες και η πλοήγηση επίγειων αυτόνομων οχημάτων. Τα οχήματα που χρησιμοποιήθηκαν είναι οχήματα που στρίβουν με ολίσθηση των τροχών. Η μέθοδος επίλυσης του προβλήματος βασίστηκε στην ανάπτυξη γενετικού αλγορίθμου.

Το όχημα κατόρθωσε να κινηθεί με επιτυχία σε χώρο με στατικά εμπόδια.

Το όχημα έχει κατασκευαστεί για ανοικτό χώρο, και λόγω της μορφής των τροχών του ολισθαίνει σε λείο έδαφος όπως του εργαστηρίου. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα το οδόμετρο να δίνει λανθασμένες ενδείξεις, που επηρεάζουν την σωστή λειτουργία του ελεγκτή πλοήγησης του οχήματος. Ένα άλλο σημαντικό πρόβλημα ήταν οι ενδείξεις των αισθητήρων που πολλές φορές ήταν λανθασμένες. Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίστηκε με την ομαδοποίηση τους.

Προκειμένου να μελετηθεί η συμπεριφορά του οχήματος και το σφάλμα που παρατηρείται στην κίνηση κάτω από τις ίδιες συνθήκες, έγιναν πειράματα και εξάχθηκε το σφάλμα που υπάρχει κατά την κίνηση του. Το σφάλμα αυτό βρέθηκε ότι είναι σημαντικό.

Παρά τα προβλήματα η κίνηση του οχήματος είναι σύμφωνη με τις ενδείξεις των αισθητήρων, και το όχημα κατόρθωνε να επιτυγχάνει τον στόχο του, με κάποια ανεκτή απόκλιση.

Για την αντιμετώπιση αυτών των προβλημάτων στο μέλλον προτείνεται η τροφοδοσία του ελεγκτή με πληροφορία προερχόμενη και από άλλους αισθητήρες όπως είναι η κάμερα ή και για την περίπτωση του ανοικτού χώρου, από GPS.



## 6.2 Μελλοντικές επεκτάσεις

Μελλοντικές επεκτάσεις του θέματος περιλαμβάνουν τα εξής:

- *Ανίχνευση εμποδίων με την βοήθεια αισθητήρων όρασης (vision system).* Το όχημα είναι εφοδιασμένο με κάμερα που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την τροφοδότηση του ελεγκτή και με οπτικά ερεθίσματα. Τα ερεθίσματα αυτά θα μπορούσαν να συμβάλλουν σε καλύτερη κατανόηση του χώρου και δημιουργία καλύτερων στρατηγικών πλοήγησης και αποφυγής εμποδίων,
- *Επέκταση του αλγορίθμου για την πλοήγηση του οχήματος σε δυναμικό περιβάλλον.*
- *Συνεργασία οχημάτων.* Το όχημα κινείται σε ένα χώρο αυτόνομα και αποφεύγει τα εμπόδια πετυχαίνοντας κάποιο προκαθορισμένο στόχο. Σκόπιμα θα ήταν να διερευνηθεί η κίνηση του οχήματος και ο συνδυασμός της με την κίνηση ενός δεύτερου η και περισσότερων οχημάτων προκειμένου να επιτύχει κάποιο στόχο.
- *Σύγκριση των αποτελεσμάτων της πλοήγησης με γενετικό αλγόριθμο με τα αποτελέσματα άλλων μεθόδων στο ίδιο το όχημα.* Είναι δυνατή η χρήση άλλων μεθόδων ελέγχου, όπως κλασσικές μέθοδοι ελέγχου, ασαφής ελεγκτής κ.λ.π
- *Κίνηση του οχήματος στον εξωτερικό χώρο.* Μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζει η μελέτη της συμπεριφοράς του συγκεκριμένου οχήματος σε εξωτερικούς χώρους. Αυτό διότι λόγω της κατασκευής του συγκεκριμένου οχήματος ενδείκνυται η κίνηση του σε ανοικτούς χώρους. Το συγκεκριμένο όχημα με την βοήθεια της ειδικής κατασκευής των τροχών του και σε συνδυασμό με το GPS (Global Positioning System) με το οποίο είναι εφοδιασμένο θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σαν μια ιδανική

πλατφόρμα για πειράματα ανοικτού χώρου. Για την σωστή χρήση του όμως κρίνεται αναγκαία η χρήση ασύρματου Ethernet.

- Τροποποίηση της μοντελοποίησης των εμποδίων και της τεχνικής πλοήγησης .

## Βιβλιογραφία

- [1] *ATRV-Mini All-Terrain Mobile Robot User's Guide*, IS Robotics, Inc., Real World Interface Division, 2000.
- [2] Jean-Claude Latombe ,*"Robot Motion Planning"*, KAP 1991.
- [3] Melanie Mitchell ,*"An Introduction to Genetic Algorithms"*, MIT Press 1998.
- [4] Ronald C. Arkin ,*"Behavior-Based Robotics"*, MIT Press, 1998.
- [5] Nearchou Andreas, *"Adaptive navigation of autonomous vehicles using evolutionary algorithms "*, Artificial Intelligence in Engineering , vol .13 1999.
- [6] Dilip Kumar Pratihar ,Kalyanmoy Deb, Amitabha Ghosh , *"A genetic-fuzzy approach for mobile robot navigation among moving obstacles "* , International Journal of Approximate Reasoning vol. 20, 1999.
- [7] J. Gomez-Ortega , D. R Ramirez , D Limon , E. F . Camacho , *"Genetic Algorithms Based Predictive Control for Mobile Robot Navigation in Changing Environments "* Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation, Detroit, MI, USA, 1999.
- [8] Michalewicz Zbigniew ,*"Genetic Algorithms +Data Structures = Evolution Programs "*, Springer-Verlag 1994 .
- [9] Shamah, B., *"Experimental comparison of skid steering vs. explicit steering for wheeled mobile robot"*. M.Sc. Thesis, The Robotics Institute, Carnegie Mellon University, Pittsburgh Pennsylvania, 1999.
- [10] Τσαλατσάνης, Α., *"Οπτικό σύστημα του ATRV-MINI, λειτουργικότητα και εφαρμογές"*, Διπλωματική εργασία , Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης, Πολυτεχνείο Κρήτης, 2001.
- [11] Κωστάρας Ανάργυρος, *"Σχεδίαση 3D τροχιάς για την πλοήγηση μη-επανδρωμένου ιπτάμενου οχήματος με χρήση γενετικών αλγορίθμων "*, Διπλωματική εργασία, Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης, Πολυτεχνείο Κρήτης, 2001.

- [12] Δοιτσίδης Ε, *“Πλοήγηση και έλεγχος αυτόνομων επίγειων οχημάτων με πολλαπλούς αισθητήρες”*, Μεταπτυχιακή εργασία, Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης, Πολυτεχνείο Κρήτης, 2002.

