



Μάθημα: "Ρομποτική II: Ευφυή Ρομποτικά Συστήματα"

(8^ο εξάμηνο, Ακαδ. Έτος: 2022-23)

Διδάσκων: Κων/νος Τζαφέστας

2^η Σειρά Αναλυτικών Ασκήσεων

Άσκηση 2.1

Διακριτό φίλτρο Kalman για σύμμιξη αισθητηριακών δεδομένων και εκτίμηση θέσης κινητού ρομπότ
(Discrete Kalman filter for sensor fusion and mobile robot localisation)

Έστω ολόνομο (holonomic) ρομποτικό όχημα (βλ. Σχήμα). Η θέση του κέντρου του οχήματος σε κάθε χρονική στιγμή t περιγράφεται από το διάνυσμα:

$$\underline{x}^{(t)} = [x^{(t)} \quad y^{(t)}]^T$$

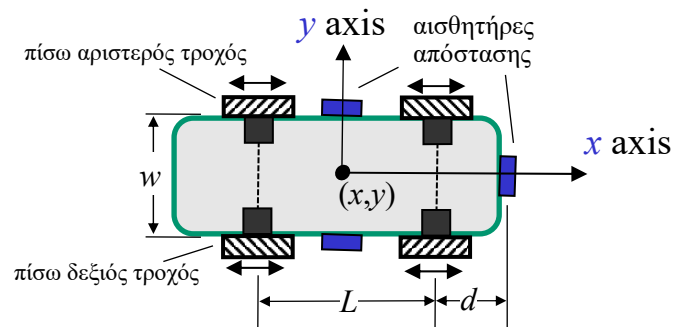
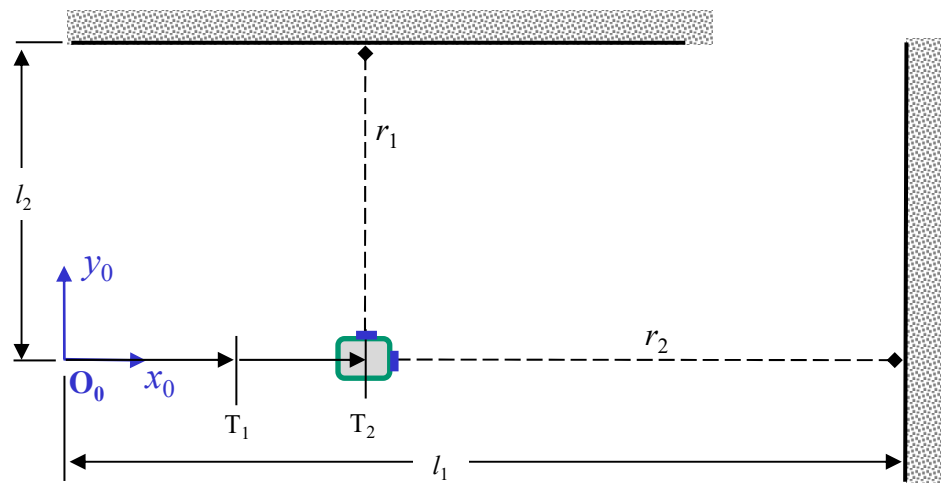
Έστω $\underline{v} = [v_x \quad v_y]^T$ η ταχύτητα του οχήματος. Υποθέτουμε ότι μια ένδειξη για την ταχύτητα του οχήματος παρέχεται από ένα σύστημα οδομετρίας, με σφάλματα μετρήσεων τα οποία ακολουθούν (ασυσχέτιστα) κανονική κατανομή μηδενικής μέσης τιμής και τυπικής απόκλισης $\sigma_v = 2 \text{ cm/sec}$.

Θεωρούμε ότι το όχημα βρίσκεται (με απόλυτη βεβαιότητα) στη θέση $[20, 0]^T \text{ (cm)}$ τη χρονική στιγμή $T_1 = 1 \text{ sec}$ και εκτελεί μια κίνηση κατά το χρονικό διάστημα $[T_1, T_2]$ (όπου $\Delta T = T_2 - T_1 = 1.0 \text{ sec}$), με ενδείξεις οδομετρίας

$$v_x^{(1)} = 20 \text{ cm/sec}$$

και

$$v_y^{(1)} = 10 \text{ cm/sec}.$$



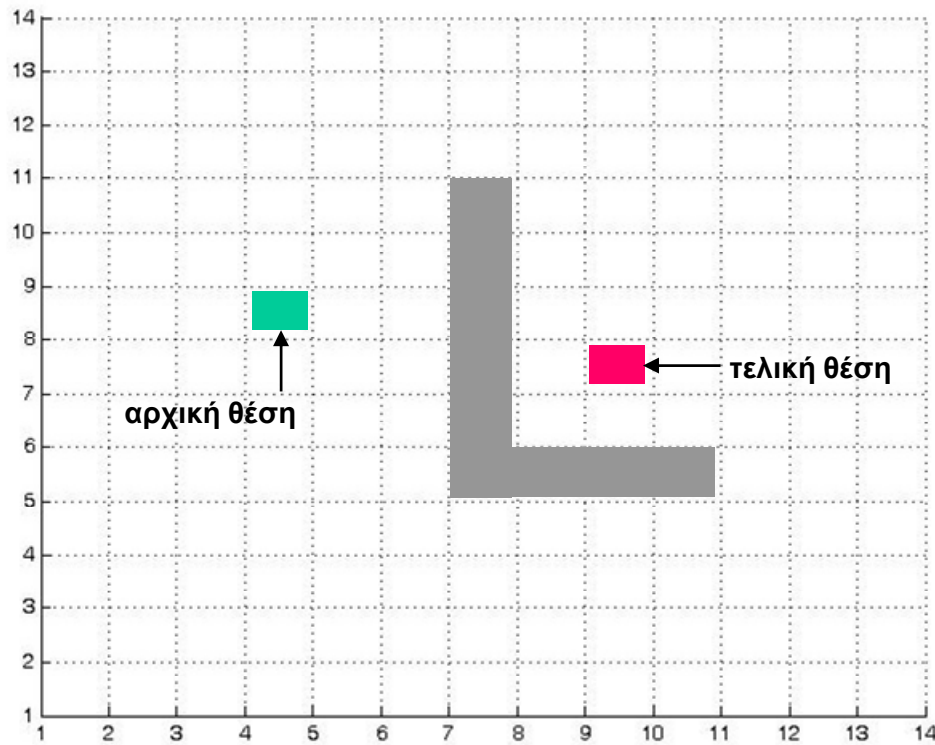
Έστω ότι το όχημα είναι εφοδιασμένο με αισθητήρες απόστασης (range sensors), τοποθετημένους επί του ρομποτικού οχήματος όπως στο Σχήμα (μετατρόχιο $w=20 \text{ cm}$, μεταξόνιο $L=30 \text{ cm}$ και $d=5 \text{ cm}$). Οι αισθητήρες αυτοί παρέχουν ενδείξεις απόστασης από γνωστούς τοίχους, όπως εικονίζεται στο Σχήμα (l_1 και l_2 γνωστές αποστάσεις, με $l_1=5\text{m}$ και $l_2=2\text{m}$). Υποθέτουμε ότι τα σφάλματα μετρήσεων απόστασης ακολουθούν κανονική κατανομή μηδενικής μέσης τιμής και τυπικής απόκλισης $\sigma_r=10 \text{ mm}$. Υποθέτουμε ότι τη χρονική στιγμή T_2 λαμβάνεται μια μέτρηση: $r_1^{(2)} = 185 \text{ cm}$ και $r_2^{(2)} = 450 \text{ cm}$.

Να περιγραφεί αναλυτικά η εφαρμογή ενός διακριτού φίλτρου Kalman εκτίμησης θέσης του ρομποτικού οχήματος (localisation) και να προσδιορισθεί η βέλτιστη εκτίμηση θέσης που επιστρέφει τη χρονική στιγμή T_2 .

Παρατήρηση: Όπου χρειάζεται, μπορούν να γίνουν υποθέσεις γραμμικοποίησης για να εφαρμοσθεί ένα γραμμικό Γκαουσιανό φίλτρο.

Άσκηση 2.2

Αλγόριθμος σχεδιασμού δρόμου κινητού ρομπότ (με χρήση τεχνητών δυναμικών πεδίων και επανιχνηλάτηση)
Mobile robot path planning (using artificial potential fields and backtracking)



Στο παραπάνω Σχήμα εικονίζεται το διακριτοποιημένο πλέγμα κάλυψης (occupancy grid) ενός κινητού ρομπότ στο επίπεδο. Σημειώνονται τα κελιά (cells) του χώρου κίνησης που αντιστοιχούν σε μη επιτρεπτές θέσεις (εμπόδια), καθώς και αυτά που αντιστοιχούν στην αρχική και τελική θέση μεταξύ των οποίων καλείται να μεταβεί το ρομποτικό όχημα. Συγκεκριμένα, θεωρούμε:

⇒ αρχική θέση $p_{start} = (4,8)$ και τελική θέση $p_{goal} = (9,7)$

Να επεξηγηθούν αναλυτικά τα **τρία (3) πρώτα βήματα εκτέλεσης** ενός αλγορίθμου σχεδιασμού δρόμου (path planning) του τύπου τάχιστης κατάβασης (steepest descent, best-first) βάσει **τεχνητών δυναμικών πεδίων** (artificial potential fields) με **επανιχνηλάτηση** (backtracking), επισημαίνοντας σε κάθε βήμα τις τιμές που παίρνουν οι ενδιαμέσες μεταβλητές και δομές δεδομένων που απαιτούνται κατά την εκτέλεση του αλγορίθμου.

Υποθέσεις: Θεωρούμε συνεκτικότητα 4 (4-connectivity για την κατασκευή του γράφου γειτνίασης μεταξύ των κελιών), Ευκλείδεια απόσταση και πλήρως κατειλημμένα κελιά για τον υπολογισμό ελάχιστης απόστασης από εμπόδια, καθώς και τις ακόλουθες παραμέτρους εκτέλεσης του αλγορίθμου: κατώφλι απόστασης από εμπόδια $\rho_0=2$, και σταθερές δυναμικών πεδίων $K_{att}=10$ και $K_{rep}=20$.

Να προσδιορισθεί το σύνολο των θέσεων τις οποίες θα έχει «επιλέξει» ο αλγόριθμος κατά τη διαδικασία αναζήτησης μέχρι την ολοκλήρωσή του, καθώς και η «βέλτιστη διαδρομή» την οποία θα επιστρέψει.