



Μάθημα: "Ρομποτική II: Ευφυή Ρομποτικά Συστήματα" (8^ο εξάμηνο, Ακαδ. Έτος: 2020-21)

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 1). Η θέση του κέντρου του οχήματος σε κάθε χρονική στιγμή t περιγράφεται από το διάνυσμα:

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

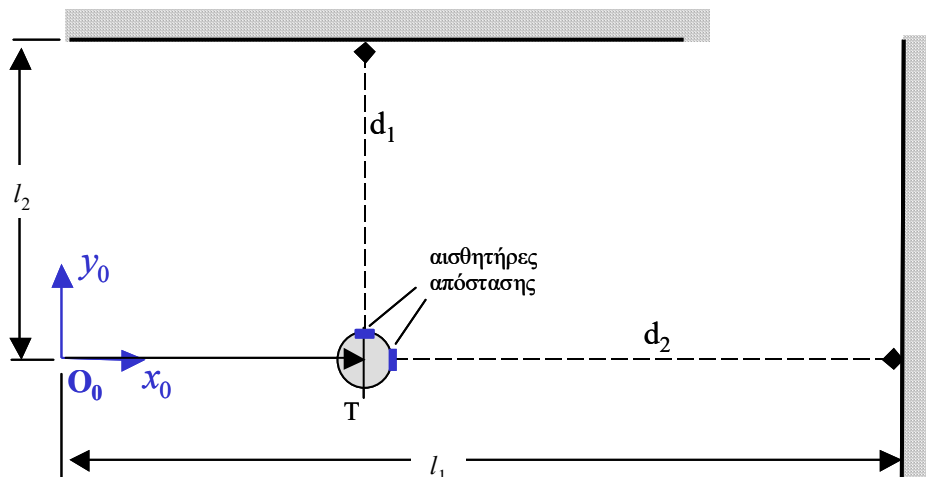
Έστω $\underline{v} = [v_x \quad v_y]^T$ η ταχύτητα του οχήματος. Υποθέτουμε ότι μια ένδειξη για την ταχύτητα του οχήματος παρέχεται από ένα σύστημα οδομετρίας, με σφάλματα μετρήσεων τα οποία ακολουθούν (ασυσχέτιστα) κανονική κατανομή μηδενικής μέσης τιμής και τυπικής απόκλισης 1 cm/sec.

Θεωρούμε ότι το όχημα ξεκινά (με απόλυτη βεβαιότητα) από τη θέση $[0, 0]^T$, και εκτελεί μια κίνηση κατά το χρονικό διάστημα $[0, T_1]$ (όπου $T_1=0.5\text{sec}$), με ενδείξεις οδομετρίας $v_x^{(1)}=30\text{ cm/sec}$ και $v_y^{(1)}=10\text{ cm/sec}$.

Έστω ότι το όχημα είναι εφοδιασμένο με αισθητήρες απόστασης (τοποθετημένους κυκλικά σε απόσταση $r=10\text{cm}$ από το κέντρο του ρομποτικού οχήματος). Οι αισθητήρες αυτοί παρέχουν ενδείξεις απόστασης από γνωστούς τοίχους, όπως εικονίζεται στο ακόλουθο σχήμα (l_1 και l_2 γνωστές αποστάσεις, με $l_1=4\text{m}$ και $l_2=1\text{m}$). Υποθέτουμε ότι τα σφάλματα μετρήσεων απόστασης ακολουθούν κανονική κατανομή μηδενικής μέσης τιμής και τυπικής απόκλισης 5 mm. Υποθέτουμε ότι τη χρονική στιγμή T_1 λαμβάνεται μια μέτρηση: $d_1^{(1)}=80\text{ cm}$ και $d_2^{(1)}=370\text{ cm}$.

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_1 .

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



Σχήμα 1: Κινούμενο ρομποτικό όχημα εφοδιασμένο με αισθητήρες απόστασης

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)

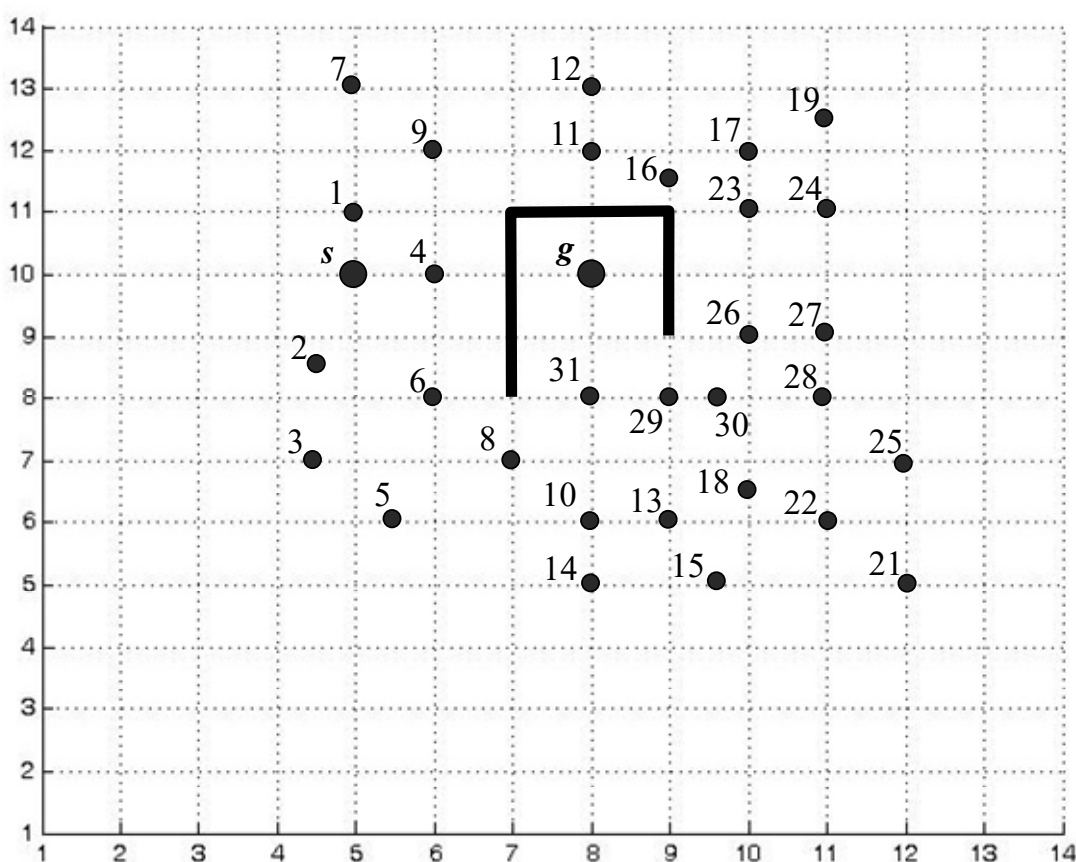
Έστω ο χώρος διατάξεων ενός ρομπότ δύο βαθμών ελευθερίας (q_1, q_2), ο οποίος εικονίζεται στο ακόλουθο Σχήμα 2. Το ρομπότ καλείται να μεταβεί από την αρχική διάταξη ($s=[5,10]$) στην τελική διάταξη ($g=[8,10]$), αποφεύγοντας το εμπόδιο που εικονίζεται στο Σχήμα (το οποίο αντιστοιχεί σε μη επιτρεπτές διατάξεις: $\{[7,8]$ έως $[7,11]$, $\{[7,11]$ έως $[9,11]$ και $[9,9]$ έως $[9,11]$).

Θεωρούμε ότι ο χώρος διατάξεων του ρομπότ διακριτοποιείται μέσω μιας τυχαίας δειγματοληψίας, η οποία οδήγησε στις διακριτές (επιτρεπτές) διατάξεις του ελεύθερου χώρου κίνησης που εικονίζονται στο Σχήμα 2 (σύνολο επιτρεπτών διατάξεων δειγματοληψίας: $\{q_i=(q_{i1}, q_{i2}), i=1, \dots, N\}$, όπου $N=31$ ο ολικός αριθμός των σημείων δειγματοληψίας, με την αριθμηση όπως στο σχήμα και με βήμα διακριτοποίησης 0.5).

Θεωρώντας ως "γειτονικές" όλες τις διατάξεις (Ευκλείδειας) απόστασης μικρότερης ή ίσης του 2, να κατασκευαστεί ο γράφος κάλυψης του χώρου διατάξεων, και να περιγραφούν αναλυτικά τα τρία πρώτα βήματα εκτέλεσης ενός αλγορίθμου σχεδιασμού δρόμου τύπου best-first (τάχισης κατάβασης) βάσει τεχνητού δυναμικού πεδίου με επανιχνηλάτηση (backtracking), επισημαίνοντας σε κάθε βήμα τις ενδιάμεσες μεταβλητές και δομές δεδομένων που απαιτούνται κατά την εκτέλεση του αλγορίθμου.

Να σημειωθούν, κατά την εκτίμησή σας, οι διατάξεις τις οποίες θα έχει «επισκεφθεί» ο αλγόριθμος με την ολοκλήρωσή του και η «διαδρομή» (στο χώρο διατάξεων) την οποία θα επιστρέψει.

Σημείωση: Στη λύση της άσκησης να θεωρήσετε ως τιμή για το κατώφλι απόστασης από εμπόδια $\rho_0=1$, αλλά να σχολιαστεί πώς ενδέχεται να μεταβληθεί η διαδρομή που επιστρέφει ο αλγόριθμος για μεγαλύτερες τιμές ρ_0 . Να σχολιασθεί, επίσης, κατά πόσο ο αλγόριθμος αυτός είναι «πλήρης» και «βέλτιστος».



Σχήμα 2: Διακριτοποιημένος (μέσω δειγματοληψίας) χώρος διατάξεων ενός ρομπότ δύο βαθμών ελευθερίας.