

# Κίνηση robot με τη χρήση διαγραμμάτων Voronoi

Κατερίνα Καρπούζη

Πρότυπο Γενικό Λύκειο Βαρβακείου Σχολής

(Pilote General Lyceum of Varvakeio School)

## Περίληψη εργασίας

Η εργασία αυτή περιγράφει ένα σύστημα βέλτιστης κίνησης robot ανάμεσα σε δύο σημεία, σε γνωστό περιβάλλον δύο διαστάσεων. Η διαδικασία ξεκινά με τη χαρτογράφηση του πεδίου μέσω των διαγραμμάτων Voronoi και τη λήψη ενός χάρτη γειτνίασης. Το επόμενο στάδιο αφορά στον υπολογισμό της βέλτιστης διαδρομής ανάμεσα στην εκκίνηση και τον προορισμό (pathfinding). Αυτός ο υπολογισμός μπορεί να γίνει μέσω των αλγορίθμων Dijkstra ή A-star. Με αυτόν τον τρόπο, επεκτείνοντας τον γράφο που προκύπτει από την τριγωνοποίηση στις 3 διαστάσεις, μπορούμε να υπολογίσουμε διαδρομές σε χώρους όπου το κόστος θα είναι μεγαλύτερο, όπως σε δύσβατες περιοχές.

This paper describes a simulation of an optimal movement of a robot between two points, in a known two-dimensional environment. The process begins with the mapping of the field, using Voronoi diagrams, and the creation of the navigation mesh. The next step is to calculate the optimal path between the starting point and the destination (pathfinding). This calculation can be done using the Dijkstra or A-star algorithms. This way, by extending the graph resulting from the triangulation to a three-dimensional environment, we can calculate optimal routes in spaces where the cost will be higher, such as in inaccessible areas.

## 1. Εισαγωγή

Στον σύγχρονο κόσμο, τα robot αξιοποιούνται σε κάθε είδους εργασία. Έτσι, ένα από τα συχνότερα προβλήματα που καλούμαστε να αντιμετωπίσουμε αφορούν την κίνησή τους. Πολλές φορές, το robot αξιοποιεί αισθητήρες απόστασης για να αποφύγει τα εμπόδια κατά την διάρκεια της κίνησής του σε αχαρτογράφητο χώρο. Παρ' όλα αυτά, η συγκεκριμένη μέθοδος δεν είναι πάντα εύκολα πραγματοποιήσιμη, καθώς έχει συχνά υψηλό κόστος για την εξασφάλιση του απαραίτητου εξοπλισμού, και μπορεί να αποβεί χρονοβόρα ή μη αποτελεσματική. Για αυτόν τον λόγο, πρέπει, όταν είναι δυνατό, να μπορούμε να βρίσκουμε την καλύτερη διαδρομή του robot: αυτή που είναι ταυτόχρονα γρήγορη,

ασφαλής και δεν διακινδυνεύει την ακεραιότητα του robot, έτσι ώστε αυτό να λειτουργεί όσο γίνεται πιο αποδοτικά.

## 2. Ερευνητικό Ερώτημα και Στόχος

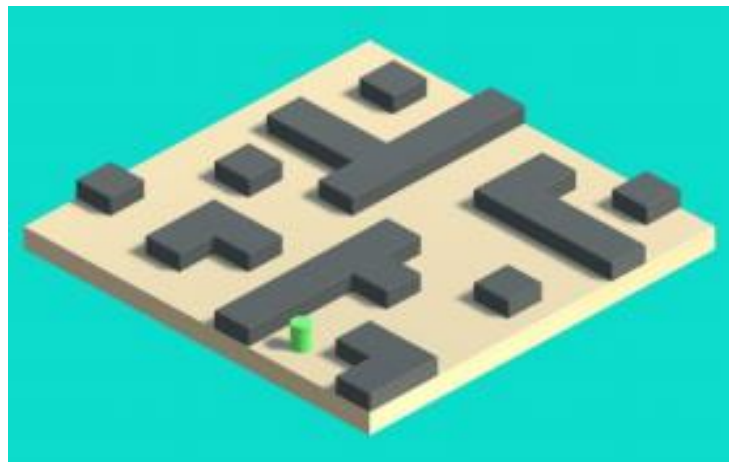
Το ερώτημα που θίγει αυτή η εργασία αφορά την δημιουργία ενός προγράμματος μέσω του οποίου θα μπορούμε να υπολογίσουμε την βέλτιστη διαδρομή ενός robot σε γνωστό περιβάλλον. Αυτό γίνεται, αρχικά, με στόχο να εξασφαλίσουμε την ασφάλεια και την ακεραιότητα του robot κατά την διάρκεια της κίνησής του, ώστε να μην έρθει σε σύγκρουση με κάποιο εμπόδιο (Ge, 2000). Παράλληλα, αυτό το πρόγραμμα μας δίνει την δυνατότητα να βρούμε την πιο γρήγορη και αποδοτική διαδρομή, έτσι ώστε το robot να λειτουργεί και να εκτελεί την 'αποστολή' του με την μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα. Στην εργασία αυτή, θα μελετήσουμε την κίνηση του robot μέσω προσομοιώσεων, σε ένα εικονικό περιβάλλον, αξιοποιώντας το περιβάλλον Unity (Unity, 2021).

## 3. Μεθοδολογία

Το πρώτο βήμα της εργασίας είναι η δημιουργία ενός μικρο-περιβάλλοντος μέσα στο οποίο θα μελετήσουμε την κίνηση του robot, για την οποία αξιοποιούμε το περιβάλλον Unity.



Εικόνα 1: Κάτοψη μικρο-περιβάλλοντος



Εικόνα 2: Πλάγια όψη μικρο-περιβάλλοντος

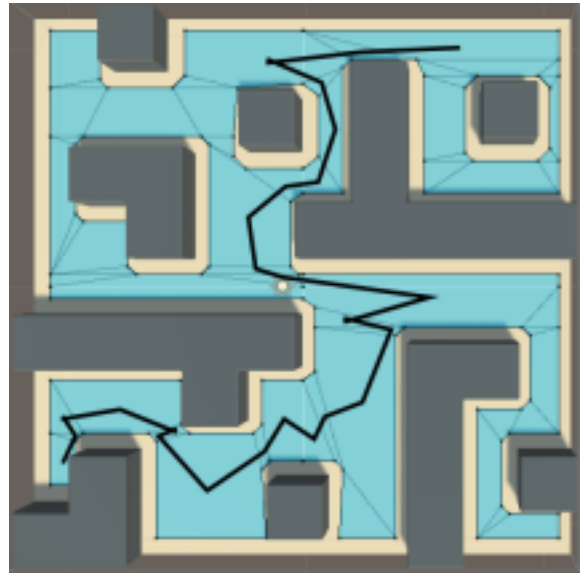
Σε απλά περιβάλλοντα, στα οποία το robot έχει οπτική επαφή με τον προορισμό του και δεν παρεμβάλλονται εμπόδια, η χάραξη της διαδρομής αξιοποιεί ευθείες και τρίγωνα για τη σύνδεση του robot με το τελικό του προορισμό.

Σε πιο περίπλοκες διαδρομές, όμως, όπως των εικόνων 1 και 2, το robot μπορεί να χρησιμοποιήσει έναν αλγόριθμο κατά τον οποίο δεν πραγματοποιείται χαρτογράφηση του χώρου, αλλά, με την χρήση

αισθητήρων απόστασης, κινείται ώσπου να συναντήσει εμπόδιο, οπότε κάνει στροφή προς τα αριστερά ή τα δεξιά και συνεχίζει την διαδρομή του (πάντα σε ευθείες).

Παρ' όλα αυτά, η διαδρομή που προκύπτει χωρίς την χαρτογράφηση του χώρου δεν είναι η βέλτιστη. Έτσι, για να εντοπίσουμε αυτήν, πρέπει να δημιουργήσουμε έναν χάρτη γειτνίασης. Ένας τρόπος να γίνει αυτό είναι μέσω των διαγραμμάτων Voronoi.

Το διάγραμμα Voronoi (Erwig, 2000) ενός αριθμού σημείων αφορά των διαχωρισμό ενός χώρου σε επιμέρους περιοχές, στις οποίες το κάθε σημείο βρίσκεται σε μικρότερη απόσταση με ένα δοσμένο από κάποιο άλλο, ο οποίος γίνεται με την τριγωνοποίηση του χώρου και την σχεδίαση των μεσοκαθέτων των σημείων, οι οποίες αποτελούν τα όρια των περιοχών, καθώς κάθε σημείο της μεσοκαθέτου ισαπέχει από τα άκρα. Έτσι, η χαρτογράφηση θα μας δίνει διαδρομές στις οποίες το robot θα έχει τον μικρότερο κίνδυνο σύγκρουσης με τα εμπόδια κατά την διάρκεια κίνησής του. Παρ' όλα αυτά, ένα μειονέκτημα της χαρτογράφησης με διάγραμμα Voronoi είναι πως απαιτεί να είναι γνωστό το περιβάλλον κίνησης.



Έπειτα, επιλέγουμε μια από τις διαδρομές που προκύπτουν μέσω αλγορίθμων A-star και Dijkstra (Ammar, 2016).

Ο αλγόριθμος A-star υπολογίζει το κόστος της διαδρομής μέσω μιας τιμής  $f=g+h$ , όπου  $g$  είναι το κόστος της μετακίνησης από την αρχική θέση σε μια τυχαία θέση του περιβάλλοντος και  $h$  το κόστος της μετακίνησης από εκείνο το σημείο στον τελικό προορισμό. Το κόστος αυτής της μετακίνησης μπορεί να αφορά όχι μόνο την απόσταση από την αρχική θέση, αλλά και φυσικά εμπόδια που καθιστούν την κίνηση δυσκολότερη, για παράδειγμα υψώματα ή λακκούβες.

Ο αλγόριθμος του Dijkstra υπολογίζει το κόστος μετακίνησης για κάθε σημείο του περιβάλλοντος, και στη συνέχεια το συνολικό κόστος για κάθε πιθανή διαδρομή. Για αυτόν τον λόγο δεν είναι τόσο γρήγορος όσο ο A-star, αλλά σε κάποιες περιπτώσεις μπορεί να αποβεί πιο αποδοτικός.

Αξιοποιώντας οποιονδήποτε από τους δυο αλγορίθμους, μπορούμε να βρούμε την βέλτιστη διαδρομή

ανάμεσα αυτών που προκύπτουν από την χαρτογράφηση του περιβάλλοντος με το διάγραμμα Voronoi.

#### 4. Παρουσίαση Αποτελεσμάτων – Συμπεράσματα

Στην παραπάνω εργασία, αξιοποιώντας τα διαγράμματα Voronoi και αλγορίθμους όπως τον A-star και τον Dijkstra, δημιουργήσαμε μια προσομοίωση της βέλτιστης διαδρομής ενός robot σε γνωστό περιβάλλον. Με αυτόν τον τρόπο, μπορούμε να προγραμματίσουμε την διαδρομή ενός robot από την αφετηρία στον προορισμό που έχει το μικρότερο κόστος, δηλαδή είναι η πιο εύκολα και γρήγορα πραγματοποιήσιμη, και εμπεριέχει το μικρότερο κίνδυνο σύγκρουσης με τα εμπόδια. Παράδειγμα αυτής της χρήσης μπορεί να είναι σε αποθήκες, όπου χρησιμοποιώντας την κάτοψη του χώρου, μπορούμε να δώσουμε εντολή σε ένα robot να εντοπίσει ένα δέμα του οποίου γνωρίζουμε την τοποθεσία και να το μεταφέρει. Επιπλέον, επεκτείνοντας τον γράφο στις τρεις διαστάσεις, μπορούμε να υπολογίσουμε την βέλτιστη διαδρομή σε περιβάλλον με υψώματα, πολυώροφα κτίρια ή δύσβατες περιοχές, ανάλογα με τις δυνατότητες του robot και σύμφωνα με τις συναρτήσεις κόστους που προκύπτουν για κάθε περιοχή (Zhang, 2015). Παρ' όλα αυτά, ο αλγόριθμος αυτός δεν μπορεί να αξιοποιηθεί για τον υπολογισμό διαδρομής μεταξύ παραπάνω από δύο σημείων, ή σε άγνωστα, αχαρτογράφητα περιβάλλοντα.

#### 5. Βιβλιογραφία

1. Ammar, A., Bennaceur, H., Châari, I., Koubâa, A., & Alajlan, M. (2016). Relaxed Dijkstra and A\* with linear complexity for robot path planning problems in large-scale grid environments. *Soft Computing*, 20(10), 4149-4171.
2. Erwig, M. (2000). The graph Voronoi diagram with applications. *Networks: An International Journal*, 36(3), 156-163.
3. Ge, S. S., & Cui, Y. J. (2000). New potential functions for mobile robot path planning. *IEEE Transactions on robotics and automation*, 16(5), 615-620.
4. Unity3D game engine [Computer software]. (2021). Retrieved from <http://unity3d.com>
5. Zhang, Q., Wu, X., Liu, B., Adiwahono, A. H., Dung, T. A., & Chang, T. W. (2015, July). A hierarchical topological planner for multi-storey building navigation. In 2015 IEEE International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics (AIM) (pp. 731-736). IEEE.