

Εργασία 1 AI

Αθανάσιος Καραδήμος(AM: 1115202300062)

Οκτώβριος 2024

Πρόβλημα 2:

Θεωρώ ότι ένας κομβός επεκτινεται όταν γίνεται ο έλεγχος (αμέσως μετά αφού τον βγάλουμε από το frontier)εάν είναι κατάσταση στοχού. Εάν είναι τότε δεν τον μετράω σαν επεκτεταμένο κομβό , αλλιώς εάν δεν είναι τότε μετρείται κανονικά. Δηλαδή εάν έχω έναν κομβό A ο οποίος έχει σαν παιδιά το B,C,D και ο D είναι κατάσταση στοχού , τότε επεκτινώ 3 κομβούς τον A,B,C . Ο D δεν επεκτινεται γιατί είναι κατάσταση στοχού και ο αλγόριθμος θα σταματήσει χωρίς να βάλει τα παιδιά του στο frontier.(Η αριθμηση για τα βαθύ ξεκινάει από το 0)

1)BFS:

Περίπτωση 1:

Εάν καθώς βρίσκουμε τους successors ενός κομβού δεν ελέγχουμε εάν κάποιος από αυτούς είναι κατάσταση στοχού(δηλαδή ο έλεγχος για το εάν μια κατάσταση είναι κατάσταση στοχού γίνεται μόνο όταν βγάζουμε κομβό από το fringe) τότε:

- Μικρότερος αριθμός κομβών που επεκτίνονται: 40
- Μέγιστος αριθμός κομβών που επεκτίνονται: 120

Επεξήρηση:

Η "καλύτερη" θέση στην οποία μπορεί να βρίσκεται η κατάσταση στοχου σε βαθος 4 είναι στο πρώτο παιδι του του πρώτου κομβου απο το βαθος 3(δηλαδή ο αριστεροτερος κομβος απο το βαθος 4) . Επειδη ο BFS εξεταζει ολους τους κομβους του δεντρου ανα επιπεδα , για να φτασουμε στον ζητουμενο κομβο θα πρεπει να περασουμε απο 40 κομβους , διοτι σε βαθος 0 \rightarrow 1 επεκτινουμε 1 κομβο , σε βαθος 1 \rightarrow 3 , σε βαθος 2 \rightarrow 9 , σε βαθος 3 \rightarrow 27 και ο ακριβως επομενος κομβος στο βαθος 4 θα είναι ο ζητουμενος. Αρα συνολικα πρεπει να επεκτινουμε $1 + 3 + 9 + 27 = 40 \longleftrightarrow b^0 + b^1 + b^2 + b^3$ (Οπου $b = 3$ το branching factor) κομβους. Καποιος θα μπορουσε να πει 41 κομβους αλλα θεωρω οτι οταν φτασουμε στην κατασταση στοχου τοτε αυτος ο κομβος δεν επεκτεινεται.

Η "χειρότερη" θέση στην οποία μπορεί να βρίσκεται η κατάσταση στοχου σε βαθος 4 είναι στο τελευταιο παιδι του τελευταιου κομβου απο το βαθος 3(δηλαδή ο τερμα δεξια κομβος του βαθους 4) . Ετσι ο BFS θα πρεπει να βαλει τα παιδια ολων των προηγουμενων κομβων στο frontier μεχρι να φτασει σε εκεινον , με αποτελεσμα να πρεπει να περασει απο $1 + 3 + 9 + 27 + 80 = 120$ επεκταμενους κομβους.

Περίπτωση 2:

Εαν καθως βρισκουμε τους successors ενος κομβου ελεγχουμε ταυτοχρονα εαν καποιος απο αυτους είναι κατασταση στοχου. Κανοντας αυτο το optimization εχουμε οτι:

- Μικρότερος αριθμός κομβων που επεκτίνονται: 14
- Μέγιστος αριθμός κοόβων που επεκτίνονται: 40

Επεξήγηση:

Στην καλυτερη περιπτωση θα εχουμε 14 πληρους εκτεταμενους κομβους ($3^0 + 3^1 + 3^2 + 1$) γιατι μολις ο BFS φτασει στον κομβο που εχει σαν παιδι την κατασταση στοχου τοτε με το που θα γινει ο ελεγχος για το εαν το παιδι είναι κατασταση στοχου , ο αλγοριθμος θα

σταματήσει. Ο πατέρας αυτού του κομβού θα έχει επεκταθεί καθώς ελέγχουμε στην αρχή εάν είναι Goal state.

Στην χειρότερη περίπτωση θα έχουμε επεκταθεί 40 κομβούς($3^0 + 3^1 + 3^2 + 3^3$). Μόλις ο BFS φτάσει στον τελευταίο κομβό από το επίπεδο 3 θα γίνει ο έλεγχος ότι το τελευταίο παιδί του είναι η κατάσταση στόχου και ο αλγόριθμος θα σταματήσει.

2) DFS:

Στην περίπτωση του DFS η καλύτερη περίπτωση είναι η κατάσταση στόχου να βρίσκεται στον αριστερότερο κομβό σε βάθος 4. Τότε θα έχουμε επεκταθεί 4 κομβούς, γιατί θα έχουμε ελέγξει εάν είναι goal state ο πρώτος κομβός στο βάθος 0, μετά ο πρώτος κομβός(μετρώντας από τα αριστερά) στο βάθος 1, το ίδιο για το βάθος 2 και 3 και στο 4 θα είναι ο ζητούμενος κομβός όπου δεν τον επεκτινουμε γιατί είναι κατάσταση στόχου.

Εάν η κατάσταση στόχου βρίσκεται οπουδήποτε άλλου στο τέταρτο επίπεδο και ο χώρος καταστάσεων είναι απείρος τότε ο DFS θα πηγενεί όλο και πιο βαθιά εξετάζοντας κάθε φορά το αριστερό παιδί κάθε επιπέδου με αποτέλεσμα ο αλγόριθμος να μην φτάσει ποτέ στην κατάσταση στόχου.

Εάν ο χώρος καταστάσεων δεν ήταν απείρος, πχ το δέντρο είχε μέγιστο βάθος 6 τότε θα είχαμε επεκταθεί συνολικά $3^0 + 3^1 + 3^2 + 3^3 + 3^4 + 3^5 + 3^6 - 13 = 1080$ κομβούς. Το 13 το αφαιρούμε γιατί δεν επεκτινουμε την κατάσταση στόχου, τα 3 παιδιά της και τα 9 συνολικά παιδιά των παιδιών. Οπότε ο γενικός τύπος expanded nodes όταν ο χώρος καταστάσεων δεν είναι απείρος και η κατάσταση στόχου είναι ο δεξιότερος κομβός στο βάθος 4 είναι: $3^0 + 3^1 + 3^2 + \dots + 3^m - (3^0 + 3^1 + \dots + 3^{m-4})$, όπου m είναι το μέγιστο βάθος. (Στον τύπο προσθέτουμε όλους του κομβούς από το κάθε επίπεδο και στο τέλος αφαιρούμε όλους τους κομβούς που προκρίπτον ξεκινώντας DFS από το goal state στο βάθος 4(για αυτό βαζουμε m-4))

3)IDS:

Στον αλγοριθμo IDS η καλύτερη περίπτωση είναι πάλι η κατάσταση στοχου να βρίσκεται στον αριστερότερο κομβο του τέταρτου επιπέδου. Τότε με βάση τον IDS θα έχουμε επεκτείνει συνολικά $1 + 4 + 13 + 40 + 4 = 62$ κομβους.

Επεξήγηση:

Ο αλγοριθμoς θα ξεκινήσει αρχικά με βαθos 0 , όπου έχει επεκτηνουμε το start node. Στην συνέχεια θα πάμε σε βαθos 1 όπου ξεκινώντας από την αρχή μπορούμε να επεκτηνουμε 4 κομβους(τον αρχικό και τα 3 παιδιά του) . Μετά θα πάμε σε βαθos 2 όπου ξεκινώντας πάλι από την αρχή και κάνοντας DFS θα μπορούμε να επεκτηνουμε 13 κομβους(Τον πρώτο , τα τρία του παιδιά και τα παιδιά των παιδιών που είναι 3^2) . Όταν φτάσουμε στο βαθos 3 θα μπορούμε να επεκτηνουμε $40 - > 3^0 + 3^1 + 3^2 + 3^3$ κομβους(πάλι μέσω DFS) . Τέλος όταν θα πάμε σε βαθos 4 όπου στον αριστερότερο κομβο βρίσκεται το Goal State , θα κάνουμε DFS ξεκινώντας από την αρχική κατάσταση , μετά θα επεκτηνουμε συνέχεια αριστερά παιδιά μέχρι να βρούμε την κατάσταση στοχου , άρα θα έχουμε επεκτηνει 4 κομβους . Οποτε συνολικά $62 = 3^0 + 3^1 + 3^2 + 3^3 + 4$.

Όσον αφορά την χειρότερη περίπτωση , στην οποία το goal state είναι ο δεξιότερος κομβος του 4ου επιπέδου , θα έχουμε επεκτηνει συνολικά $1 + 4 + 13 + 40 + 40 + 3^4 - 1 = 178$ κομβους εάν ακολουθήσουμε τα ίδια βήματα με πάνω , μόνο που όταν θα μπορούμε να πάμε μέχρι βαθos 4 δεν θα επεκτηνουμε μόνο 4 κομβους αλλά $3^0 + 3^1 + 3^2 + 3^3 + 3^4 - 1 = 120$ διότι κάνοντας DFS ξεκινώντας από την ρίζα θα επεκτινουμε όπως πριν όλους τους κομβους μέχρι το επίπεδο 3 και στην συνέχεια όλους τους κομβους στο επίπεδο 4 που είναι 3^4 αφαιρώντας όμως τον κομβο που είναι goal state(γιατι όπως έχω πει και στην αρχή του

προβλήματος 2 , δεν τον μετρώ σαν expanded node) .Οποτε έχουμε 120 κομβους οταν μπορούμε να πάμε μεχρι το βαθος 4 + ολους τους προηγουμενους κομβους που επεκτηνε ο IDS οταν μπορούσε να παει αρχικα μεχρι βαθος 0 μετα 1 , 2 , 3 που ειναι συνολικα 58 αρα εχουμε κανει $\text{expand } 120 + 58 = 178 \text{ nodes}$.

Πρόβλημα 3:

Π: Πάνω

K: Κάτω

A: Αριστερά

Δ: Δεξιά

Θεωρώ οτι για να πάω στο G έχω κόστος 1 και στο τέλος το G δεν επεκτινεται

- Εισαγεται ο $S(g = 0, h = 8)$:

Fringe: [$(S, 8)$]

Explored: []

- Αφαιρειται ο S και εισαγονται οι γειτονες του $((1, 0), 8.5(g : 1, h : 7.5), K), ((0, 1), 8.5(g : 1, h : 7.5), \Delta)$:

Fringe: [$((1, 0), 8.5, K) \mid ((0, 1), 8.5, \Delta)$]

Explored: [S]

- Αφαιρειται ο $(1, 0)$ (που ειναι η Κατω ενεργεια του ρομποτ απο τον κομβο S) και εισαγονται οι γειτονες του $((2, 0), 9(g : 2, h : 7), K)$:

Fringe: [$((0, 1), 8.5, \Delta) \mid ((2, 0), 9, K)$]

Explored: [S, (1, 0)]

- Αφαιρείται ο $(0, 1)$ (που είναι η Δεξιά ενεργεια του ρομποτ απο τον κομβο S) και εισαγονται οι γειτονες του $((0, 2), 9(g : 2, h : 7), \Delta)$:

Fringe: [$((2, 0), 9, K)$ | $(0, 2), 9, \Delta$]

Explored: [S, $(1, 0)$, $(0, 1)$]

- Αφαιρείται ο $(2, 0)$ (που είναι η Κατω ενεργεια του ρομποτ απο τον κομβο $(1, 0)$) και εισαγονται οι γειτονες του $((3, 0), 9.5(g : 3, h : 6.5), K)$, $((2, 1), 10.5(g : 4, h : 6.5), \Delta)$:

Fringe: [$((0, 2), 9, \Delta)$ | $((3, 0), 9.5, K)$ | $((2, 1), 10.5, \Delta)$]

Explored: [S, $(1, 0)$, $(0, 1)$, $(2, 0)$]

- Αφαιρείται ο $(0, 2)$ (που είναι η Δεξια ενεργεια του ρομποτ απο τον κομβο $(0, 1)$) και εισαγονται οι γειτονες του $((0, 3), 9.5(g : 3, h : 6.5), \Delta)$:

Fringe: [$((3, 0), 9.5, K)$ | $(0, 3), 9.5, \Delta$ | $((2, 1), 10.5, \Delta)$]

Explored: [S, $(1, 0)$, $(0, 1)$, $(2, 0)$, $(0, 2)$]

- Αφαιρείται ο $(3, 0)$ (που είναι η Κατω ενεργεια του ρομποτ απο τον κομβο $(2, 0)$) και εισαγονται οι γειτονες του $((4, 0), 10, K)$, $((3, 1), 10, \Delta)$:

Fringe: [$(0, 3), 9.5, \Delta$ | $(4, 0), 10, K$ | $((3, 1), 10, \Delta)$ | $((2, 1), 10.5, \Delta)$]

Explored: [S, $(1, 0)$, $(0, 1)$, $(2, 0)$, $(0, 2)$, $(3, 0)$]

- Αφαιρείται ο $(0, 3)$ (που είναι η Δεξια ενεργεια του ρομποτ απο τον κομβο $(0, 2)$) και εισαγονται οι γειτονες του $((1, 3), 10, K)$:

Fringe: [$(4, 0), 10, K$ | $((3, 1), 10, \Delta)$ | $((1, 3), 10, K)$ | $((2, 1), 10.5, \Delta)$]

Explored: [S, $(1, 0)$, $(0, 1)$, $(2, 0)$, $(0, 2)$, $(3, 0)$, $(0, 3)$]

- Αφαιρείται ο $(4, 0)$ (που είναι η Κατω ενεργεια του ρομποτ απο τον κομβο $(3, 0)$) και εισαγονται οι γειτονες του $((4, 1), 10.5, \Delta)$:

Fringe: [$((3, 1), 10, \Delta)$ | $((1, 3), 10, K)$ | $((2, 1), 10.5, \Delta)$ | $((4, 1), 10.5, \Delta)$]

Explored: [S, $(1, 0)$, $(0, 1)$, $(2, 0)$, $(0, 2)$, $(3, 0)$, $(0, 3)$, $(4, 0)$]

- Αφαιρείται ο $(3, 1)$ (που είναι η Δεξιά ενεργεια του ρομποτ απο τον κομβο $(3, 0)$) και εισαγονται οι γειτονες του , μπορουμε να παμε στον $(2, 1)$ αλλα με κοστος $f = 12.5(g : 6, h : 6.5) > 10.5$ αρα δεν ανταλασουμε το $(2, 1)$ μεσα στο fringe με το $(2, 1)$ που προηλθε απο τον κομβο $(3, 1)$. Ομοιος και για το $(4, 1)$ το οποιο μεσω του $(3, 1)$ εχει $f = 10.5 = 10.5$ του $(4, 1)$ μεσα στο fringe , αρα δεν το ανταλασουμε . Αρα ο μονος γειτονας που εισαγουμε είναι ο $((3, 2), 10.5, \Delta)$

Fringe: [$((1, 3), 10, K)$ | $((2, 1), 10.5, \Delta)$ | $((4, 1), 10.5, \Delta)$ | $((3, 2), 10.5, \Delta)$]

Explored: [S, $(1, 0)$, $(0, 1)$, $(2, 0)$, $(0, 2)$, $(3, 0)$, $(0, 3)$, $(4, 0)$, $(3, 1)$]

- Αφαιρείται ο $(1, 3)$ (που είναι η Κατω ενεργεια του ρομποτ απο τον κομβο $(0, 3)$) και εισαγονται οι γειτονες του $((2, 3), 10.5, K)$, $((1, 4), 10, \Delta)$

Fringe: [$((1, 4), 10, \Delta)$ | $((2, 1), 10.5, \Delta)$ | $((4, 1), 10.5, \Delta)$ | $((3, 2), 10.5, \Delta)$ | $((2, 3), 10.5, K)$]

Explored: [S, $(1, 0)$, $(0, 1)$, $(2, 0)$, $(0, 2)$, $(3, 0)$, $(0, 3)$, $(4, 0)$, $(3, 1)$, $(1, 3)$]

- Αφαιρείται ο $(1, 4)$ (που είναι η Δεξιά ενεργεια του ρομποτ απο τον κομβο $(1, 3)$) και εισαγονται οι γειτονες του $((1, 5), 10, \Delta)$

Fringe: [$((1, 5), 10, \Delta)$ | $((2, 1), 10.5, \Delta)$ | $((4, 1), 10.5, \Delta)$ | $((3, 2), 10.5, \Delta)$ | $((2, 3), 10.5, K)$]

Explored: [S, $(1, 0)$, $(0, 1)$, $(2, 0)$, $(0, 2)$, $(3, 0)$, $(0, 3)$, $(4, 0)$, $(3, 1)$, $(1, 3)$, $(1, 4)$]

- Αφαιρείται ο $(1, 5)$ (που είναι η Δεξιά ενεργεια του ρομποτ απο τον κομβο $(1, 4)$) και εισαγονται οι γειτονες του $((2, 5), 10.5, K)$, $((1, 6), 10.5, \Delta)$

Fringe: [$((2, 1), 10.5, \Delta)$ | $((4, 1), 10.5, \Delta)$ | $((3, 2), 10.5, \Delta)$ | $((2, 3), 10.5, K)$ | $((2, 5), 10.5, K)$ | $((1, 6), 10.5, \Delta)$]

Explored: [S, $(1, 0)$, $(0, 1)$, $(2, 0)$, $(0, 2)$, $(3, 0)$, $(0, 3)$, $(4, 0)$, $(3, 1)$, $(1, 3)$, $(1, 4)$, $(1, 5)$]

- Αφαιρείται ο $(2, 1)$ (που είναι η Δεξιά ενεργεία του ρομποτ από τον κομβό $(2, 0)$) και εισαγονται οι γείτονες του, δεν ξαναβαζουμε το $(3, 1)$ στο fringe καθώς όταν το επισκευτικαμε το ειχαμε κανει με κοστος $f = 10$ ενω τωρα θα το επισκευτουμαι με κοστος $f = 11$. Ο μονος γειτονας που μπορουμε να παμε απο το $(2, 1)$ είναι ο $((2, 2), 12, \Delta)$
 Fringe: [$((4, 1), 10.5, \Delta)$ | $((3, 2), 10.5, \Delta)$ | $((2, 3), 10.5, K)$ | $((2, 5), 10.5, K)$ | $((1, 6), 10.5, \Delta)$ | $(2, 2), 12, \Delta$]
 Explored: [S, $(1, 0)$, $(0, 1)$, $(2, 0)$, $(0, 2)$, $(3, 0)$, $(0, 3)$, $(4, 0)$, $(3, 1)$, $(1, 3)$, $(1, 4)$, $(1, 5)$, $(2, 1)$]

- Αφαιρείται ο $(4, 1)$ (που είναι η Δεξιά ενεργεία του ρομποτ από τον κομβό $(4, 0)$) και δεν εισαγουμε κανενα γειτονα καθώς δεν μπορουμε να παμε πουθενα (Δεν μπορουμε να παμε στο $(4, 0)$ και στο $(3, 1)$ γιατι θα εχουμε μεγαλυτερο f cost απο αυτο που τους επισκευτικαμε)
 Fringe: [$((3, 2), 10.5, \Delta)$ | $((2, 3), 10.5, K)$ | $((2, 5), 10.5, K)$ | $((1, 6), 10.5, \Delta)$ | $(2, 2), 12, \Delta$]
 Explored: [S, $(1, 0)$, $(0, 1)$, $(2, 0)$, $(0, 2)$, $(3, 0)$, $(0, 3)$, $(4, 0)$, $(3, 1)$, $(1, 3)$, $(1, 4)$, $(1, 5)$, $(2, 1)$, $(4, 1)$]

- Αφαιρείται ο $(3, 2)$ (που είναι η Δεξιά ενεργεία του ρομποτ από τον κομβό $(3, 1)$) και εισαγονται οι γείτονες του, το $(2, 2)$ δεν το ανταλασουμε με αυτο μεσα στο fringe διοτι εαν το επισκευτουμαι μεσο του $(3, 2)$ θα εχουμε $f = 7 + 6 = 13 > 12$, ομοιως και για το $(3, 1)$ το οποιο το εχουμε κανει visit. Αρα ο μονος γειτονας που μενει είναι ο $((3, 3), 11, \Delta)$
 Fringe: [$((2, 3), 10.5, K)$ | $((2, 5), 10.5, K)$ | $((1, 6), 10.5, \Delta)$ | $((3, 3), 11, \Delta)$ | $(2, 2), 12, \Delta$]
 Explored: [S, $(1, 0)$, $(0, 1)$, $(2, 0)$, $(0, 2)$, $(3, 0)$, $(0, 3)$, $(4, 0)$, $(3, 1)$, $(1, 3)$, $(1, 4)$, $(1, 5)$, $(2, 1)$, $(4, 1)$, $(3, 2)$]

- Αφαιρείται ο $(2, 3)$ (που είναι η Κατω ενεργεία του ρομποτ από τον κομβό $(1, 3)$) και εισαγονται οι γείτονες του, το $(3, 3)$ δεν το ανταλασουμε με αυτο μεσα στο fringe διοτι εαν το επισκευτουμαι μεσο του $(2, 3)$ θα εχουμε $f = 6 + 5 = 11 = 11$ (αυτο μεσα στο fringe), ομοιως και για το $(2, 2)$ το οποιο εαν το κανουμε visit μεσω του $(2, 3)$ θα εχουμε $f = 7 + 6 = 13 > 12$. Αρα δεν εχει μεινει γειτονας που να μπορουμε να εισαγουμε.

Fringe: [((2, 5), 10.5,K) | ((1, 6), 10.5,Δ) | ((3, 3), 11,Δ) | ((2, 2), 12,Δ)]

Explored: [S, (1, 0), (0, 1), (2, 0), (0, 2), (3, 0), (0, 3), (4, 0), (3, 1), (1, 3), (1, 4), (1, 5), (2, 1), (4, 1), (3, 2), (2, 3)]

- Αφαιρείται ο (2, 5) (που είναι η Κάτω ενεργεια του ρομποτ απο τον κομβο (1, 5) και εισαγονται οι γειτονες του ((3, 5), 11,K), ((2, 6), 11,Δ)

Fringe: [((1, 6), 10.5,Δ) | ((3, 3), 11,Δ) | ((3, 5), 11,K) | ((2, 6), 11,Δ) | ((2, 2), 12,Δ)]

Explored: [S, (1, 0), (0, 1), (2, 0), (0, 2), (3, 0), (0, 3), (4, 0), (3, 1), (1, 3), (1, 4), (1, 5), (2, 1), (4, 1), (3, 2), (2, 3), (2, 5)]

- Αφαιρείται ο (1, 6) (που είναι η Δεξια ενεργεια του ρομποτ απο τον κομβο (1, 5) και εισαγονται οι γειτονες του ((0, 6), 12,Π), ((1, 7), 11,Δ) το (2, 6) δεν το ανταλασσουμε με αυτο του frontier γιατι το f cost του μεσω του (1, 6) είναι ισο με $7 + 4 = 11$

Fringe: [((3, 3), 11,Δ) | ((3, 5), 11,K) | ((2, 6), 11,Δ) | ((1, 7), 11,Δ) | ((2, 2), 12,Δ) | ((0, 6), 12,Π)]

Explored: [S, (1, 0), (0, 1), (2, 0), (0, 2), (3, 0), (0, 3), (4, 0), (3, 1), (1, 3), (1, 4), (1, 5), (2, 1), (4, 1), (3, 2), (2, 3), (2, 5), (1, 6)]

- Αφαιρείται ο (3, 3) (που είναι η Δεξια ενεργεια του ρομποτ απο τον κομβο (3, 2) και εισαγονται οι γειτονες του ((4, 3), 11.5,K)

Fringe: [((3, 5), 11,K) | ((2, 6), 11,Δ) | ((1, 7), 11,Δ) | ((4, 3), 11.5,K) | ((2, 2), 12,Δ) | ((0, 6), 12,Π)]

Explored: [S, (1, 0), (0, 1), (2, 0), (0, 2), (3, 0), (0, 3), (4, 0), (3, 1), (1, 3), (1, 4), (1, 5), (2, 1), (4, 1), (3, 2), (2, 3), (2, 5), (1, 6), (3, 3)]

- Αφαιρείται ο (3, 5) (που είναι η Κάτω ενεργεια του ρομποτ απο τον κομβο (2, 5) και εισαγονται οι γειτονες του ((4, 5), 11.5,K), ((3, 6), 12.5,Δ) , το (2, 5) δεν το ξαναεισαγουμε διοτι για να παμε σε αυτο μεσω του (3, 5) εχουμε $f = 8 + 4.5 = 12.5 > 10.5$

Fringe: [((2, 6), 11,Δ) | ((1, 7), 11,Δ) | ((4, 3), 11.5,K) | ((4, 5), 11.5,K) | ((2, 2), 12,Δ) | ((0, 6), 12,Π) | ((3, 6), 12.5,Δ)]

Explored: $[S, (1, 0), (0, 1), (2, 0), (0, 2), (3, 0), (0, 3), (4, 0), (3, 1), (1, 3), (1, 4), (1, 5), (2, 1), (4, 1), (3, 2), (2, 3), (2, 5), (1, 6), (3, 3), (3, 5)]$

- Αφαιρείται ο $(2, 6)$ (που είναι η Δεξιά ενεργεια του ρομποτ απο τον κομβο $(2, 5)$ και εισαγονται οι γειτονες του $((2, 7), 11.5, \Delta)$, το $(1, 6)$ δεν το ξαναεισαγουμε διοτι για να παμε σε αυτο μεσω του $(2, 6)$ εχουμε $f = 8 + 4.5 = 12.5 > 10.5$, ομοιως και για το $(2, 5)$. Το $(3, 6)$ δεν το ανταλασουμε με αυτο του frontier διοτι εχει $f = 9 + 3.5 = 12.5$

Fringe: $[((1, 7), 11, \Delta) \mid ((4, 3), 11.5, K) \mid ((4, 5), 11.5, K) \mid ((2, 7), 11.5, \Delta) \mid ((2, 2), 12, \Delta) \mid ((0, 6), 12, \Pi) \mid ((3, 6), 12.5, \Delta)]$

Explored: $[S, (1, 0), (0, 1), (2, 0), (0, 2), (3, 0), (0, 3), (4, 0), (3, 1), (1, 3), (1, 4), (1, 5), (2, 1), (4, 1), (3, 2), (2, 3), (2, 5), (1, 6), (3, 3), (3, 5), (2, 6)]$

- Αφαιρείται ο $(1, 7)$ (που είναι η Δεξιά ενεργεια του ρομποτ απο τον κομβο $(1, 6)$ και εισαγονται οι γειτονες του $((0, 7), 12, \Pi)$. Το $(2, 7)$ δεν το ανταλασουμε με αυτο του frontier διοτι εχει $f = 8 + 3.5 = 11.5$

Fringe: $[((4, 3), 11.5, K) \mid ((4, 5), 11.5, K) \mid ((2, 7), 11.5, \Delta) \mid ((2, 2), 12, \Delta) \mid ((0, 6), 12, \Pi) \mid ((0, 7), 12, \Pi) \mid ((3, 6), 12.5, \Delta)]$

Explored: $[S, (1, 0), (0, 1), (2, 0), (0, 2), (3, 0), (0, 3), (4, 0), (3, 1), (1, 3), (1, 4), (1, 5), (2, 1), (4, 1), (3, 2), (2, 3), (2, 5), (1, 6), (3, 3), (3, 5), (2, 6), (1, 7)]$

- Αφαιρείται ο $(4, 3)$ (που είναι η Κατω ενεργεια του ρομποτ απο τον κομβο $(3, 3)$ και εισαγονται οι γειτονες του $((5, 3), 13, K), ((4, 4), 12, \Delta)$

Fringe: $[((4, 5), 11.5, K) \mid ((2, 7), 11.5, \Delta) \mid ((2, 2), 12, \Delta) \mid ((0, 6), 12, \Pi) \mid ((0, 7), 12, \Pi) \mid ((4, 4), 12, \Delta) \mid ((3, 6), 12.5, \Delta) \mid ((5, 3), 13, K)]$

Explored: $[S, (1, 0), (0, 1), (2, 0), (0, 2), (3, 0), (0, 3), (4, 0), (3, 1), (1, 3), (1, 4), (1, 5), (2, 1), (4, 1), (3, 2), (2, 3), (2, 5), (1, 6), (3, 3), (3, 5), (2, 6), (1, 7), (4, 3)]$

- Αφαιρείται ο $(4, 5)$ (που είναι η Κατω ενεργεια του ρομποτ απο τον κομβο $(3, 5)$ και εισαγονται οι γειτονες του $((5, 5), 12, K), ((4, 6), 11.5, \Delta)$, το $(4, 4)$ που είναι μεσα στο fringe δεν του κανουμε καποια αλλαγη καθως για να παμε μεσω του $(4, 5)$ σε αυτο εχουμε $f = 9 + 4 = 13 > 12$

Fringe: [((2, 7), 11.5, Δ) | ((4, 6), 11.5, Δ) | ((2, 2), 12, Δ) | ((0, 6), 12, Π) | ((0, 7), 12, Π) | ((4, 4), 12, Δ) | ((5, 5), 12, K) | ((3, 6), 12.5, Δ) | ((5, 3), 13, K)]
 Explored: [S, (1, 0), (0, 1), (2, 0), (0, 2), (3, 0), (0, 3), (4, 0), (3, 1), (1, 3), (1, 4), (1, 5), (2, 1), (4, 1), (3, 2), (2, 3), (2, 5), (1, 6), (3, 3), (3, 5), (2, 6), (1, 7), (4, 3), (4, 5)]

- Αφαιρείται ο (2, 7) (που είναι η Δεξιά ενεργεια του ρομποτ απο τον κομβο (2, 6) και εισαγονται οι γειτονες του ((3, 7), 13, K) , το (1, 7) δεν το ξαναεισαγουμε στο fringe διοτι μεσω του (2, 7) θα εχουμε $f = 9 + 4 = 13 > 11$, ομοιως και για το (2, 6)

Fringe: [((4, 6), 11.5, Δ) | ((2, 2), 12, Δ) | ((0, 6), 12, Π) | (0, 7), 12, Π) | ((4, 4), 12, Δ) | ((5, 5), 12, K) | ((3, 6), 12.5, Δ) | ((5, 3), 13, K) | ((3, 7), 13, K)]
 Explored: [S, (1, 0), (0, 1), (2, 0), (0, 2), (3, 0), (0, 3), (4, 0), (3, 1), (1, 3), (1, 4), (1, 5), (2, 1), (4, 1), (3, 2), (2, 3), (2, 5), (1, 6), (3, 3), (3, 5), (2, 6), (1, 7), (4, 3), (4, 5), (2, 7)]

- Αφαιρείται ο (4, 6) (που είναι η Δεξιά ενεργεια του ρομποτ απο τον κομβο (4, 5) και εισαγονται οι γειτονες του ((4, 7), 11.5, Δ) , το (3, 6) δεν το ανταλασουμε με αυτο που υπαρχει στο fringe διοτι μεσω του (4, 6) θα εχουμε $f = 10.5 + 3.5 = 14 > 12.5$

Fringe: [((4, 7), 11.5, Δ) | ((2, 2), 12, Δ) | ((0, 6), 12, Π) | (0, 7), 12, Π) | ((4, 4), 12, Δ) | ((5, 5), 12, K) | ((3, 6), 12.5, Δ) | ((5, 3), 13, K) | ((3, 7), 13, K)]
 Explored: [S, (1, 0), (0, 1), (2, 0), (0, 2), (3, 0), (0, 3), (4, 0), (3, 1), (1, 3), (1, 4), (1, 5), (2, 1), (4, 1), (3, 2), (2, 3), (2, 5), (1, 6), (3, 3), (3, 5), (2, 6), (1, 7), (4, 3), (4, 5), (2, 7), (4, 6)]

- Αφαιρείται ο (4, 7) (που είναι η Δεξιά ενεργεια του ρομποτ απο τον κομβο (4, 6) και εισαγονται οι γειτονες του ((5, 7), 12, K), ((4, 8), 13, Δ) , το (3, 7) δεν το ανταλασουμε με αυτο που υπαρχει στο fringe διοτι μεσω του (4, 7) θα εχουμε $f = 11 + 3 = 14 > 13$

Fringe: [((2, 2), 12, Δ) | ((0, 6), 12, Π) | (0, 7), 12, Π) | ((4, 4), 12, Δ) | ((5, 5), 12, K) | ((5, 7), 12, K) | ((3, 6), 12.5, Δ) | ((5, 3), 13, K) | ((3, 7), 13, K) | ((4, 8), 13, Δ)]
 Explored: [S, (1, 0), (0, 1), (2, 0), (0, 2), (3, 0), (0, 3), (4, 0), (3, 1), (1, 3), (1, 4), (1, 5), (2, 1), (4, 1), (3, 2), (2, 3), (2, 5), (1, 6), (3, 3), (3, 5), (2, 6), (1, 7), (4, 3), (4, 5), (2, 7), (4, 6), (4, 7)]

- Αφαιρείται ο (2, 2) (που είναι η Δεξιά ενεργεια του ρομποτ απο τον κομβο (2, 1) ,

δεν εισαγουμε καποιον γειτονα διοτι για να παμε στο (3,2) (που το εχουμε κανει visit) μεσω του (2,2) θα εχουμε $f = 7 + 5.5 = 12.5 > 10.5$ ομοιως και για το (2,3) εχουμε $f = 7 + 6 = 13 > 10.5$

Fringe: [((0,6), 12,Π) | (0,7), 12,Π) | ((4,4), 12,Δ) | ((5,5), 12,K) | ((5,7), 12,K) | ((3,6), 12.5,Δ) | ((5,3), 13,K) | ((3,7), 13,K) | ((4,8), 13,Δ)]

Explored: [S, (1,0), (0,1), (2,0), (0,2), (3,0), (0,3), (4,0), (3,1), (1,3), (1,4), (1,5), (2,1), (4,1), (3,2), (2,3), (2,5), (1,6), (3,3), (3,5), (2,6), (1,7), (4,3), (4,5), (2,7), (4,6), (4,7), (2,2)]

- Αφαιρειται ο (0,6) (που ειναι η Πανω ενεργεια του ρομποτ απο τον κομβο (1,6) , δεν εχουμε να εισαγουμε καποιον γειτονα ,το (0,7) που ειναι μεσα στο frontier εαν το κανουμε visit μεσω του (0,6) θα εχουμε $f = 7.5 + 4.5 = 12 = 12$ του frontier

Fringe: [((0,7), 12,Π) | ((4,4), 12,Δ) | ((5,5), 12,K) | ((5,7), 12,K) | ((3,6), 12.5,Δ) | ((5,3), 13,K) | ((3,7), 13,K) | ((4,8), 13,Δ)]

Explored: [S, (1,0), (0,1), (2,0), (0,2), (3,0), (0,3), (4,0), (3,1), (1,3), (1,4), (1,5), (2,1), (4,1), (3,2), (2,3), (2,5), (1,6), (3,3), (3,5), (2,6), (1,7), (4,3), (4,5), (2,7), (4,6), (4,7), (2,2), (0,6)]

- Αφαιρειται ο (0,7) (που ειναι η Πανω ενεργεια του ρομποτ απο τον κομβο (1,7)) και εισαγονται οι γειτονες του ((0,8), 13,Δ) , δεν εισαγουμε παλι στο frontier το (0,6) διοτι για να παμε απο το (0,7) σε αυτο θα εχουμε κοστος $f = 8.5 + 5 = 13.5 > 12$ που ηταν το κοστος f του (0,6)

Fringe: [((4,4), 12,Δ) | ((5,5), 12,K) | ((5,7), 12,K) | ((3,6), 12.5,Δ) | ((5,3), 13,K) | ((3,7), 13,K) | ((4,8), 13,Δ) | ((0,8), 13,Δ)]

Explored: [S, (1,0), (0,1), (2,0), (0,2), (3,0), (0,3), (4,0), (3,1), (1,3), (1,4), (1,5), (2,1), (4,1), (3,2), (2,3), (2,5), (1,6), (3,3), (3,5), (2,6), (1,7), (4,3), (4,5), (2,7), (4,6), (4,7), (2,2), (0,6), (0,7)]

- Αφαιρειται ο (4,4) (που ειναι η Δεξια ενεργεια του ρομποτ απο τον κομβο (4,3)) και εισαγονται οι γειτονες του ((5,4), 13.5,K) , δεν εισαγουμε παλι στο frontier το (4,5) διοτι

για να παμε απο το (4, 4) σε αυτο θα εχουμε κοστος $f = 9 + 3.5 = 12.5 > 11.5$ που ηταν το κοστος f του (4, 5)

Fringe: [((5, 5), 12,K) | ((5, 7), 12,K) | ((3, 6), 12.5,Δ) | ((5, 3), 13,K) | ((3, 7), 13,K) | ((4, 8), 13,Δ) | ((0, 8), 13,Δ) | ((5, 4), 13.5,K)]

Explored: [S, (1, 0), (0, 1), (2, 0), (0, 2), (3, 0), (0, 3), (4, 0), (3, 1), (1, 3), (1, 4), (1, 5), (2, 1), (4, 1), (3, 2), (2, 3), (2, 5), (1, 6), (3, 3), (3, 5), (2, 6), (1, 7), (4, 3), (4, 5), (2, 7), (4, 6), (4, 7), (2, 2), (0, 6), (0, 7), (4, 4)]

- Αφαιρειται ο (5, 5) (που ειναι η Κατω ενεργεια του ρομποτ απο τον κομβο (4, 5)) και εισαγονται οι γειτονες του ((6, 5), 12.5,K) , δεν ανταλασσουμε το (5, 4) που βρισκεται στο frontier διοτι για να παμε απο το (5, 5) σε αυτο θα εχουμε κοστος $f = 11 + 3.5 = 14.5 > 13.5$ που ειναι το κοστος f του (5, 4) στο frontier

Fringe: [((5, 7), 12,K) | ((3, 6), 12.5,Δ) | ((6, 5), 12.5,K) | ((5, 3), 13,K) | ((3, 7), 13,K) | ((4, 8), 13,Δ) | ((0, 8), 13,Δ) | ((5, 4), 13.5,K)]

Explored: [S, (1, 0), (0, 1), (2, 0), (0, 2), (3, 0), (0, 3), (4, 0), (3, 1), (1, 3), (1, 4), (1, 5), (2, 1), (4, 1), (3, 2), (2, 3), (2, 5), (1, 6), (3, 3), (3, 5), (2, 6), (1, 7), (4, 3), (4, 5), (2, 7), (4, 6), (4, 7), (2, 2), (0, 6), (0, 7), (4, 4), (5, 5)]

- Αφαιρειται ο (5, 7) (που ειναι η Κατω ενεργεια του ρομποτ απο τον κομβο (4, 7)) και εισαγονται οι γειτονες του ((6, 7), 12.5,K), ((5, 8), 13.5,Δ)

Fringe: [((3, 6), 12.5,Δ) | ((6, 5), 12.5,K) | ((6, 7), 12.5,K) | ((5, 3), 13,K) | ((3, 7), 13,K) | ((4, 8), 13,Δ) | ((0, 8), 13,Δ) | ((5, 4), 13.5,K) | ((5, 8), 13.5,Δ)]

Explored: [S, (1, 0), (0, 1), (2, 0), (0, 2), (3, 0), (0, 3), (4, 0), (3, 1), (1, 3), (1, 4), (1, 5), (2, 1), (4, 1), (3, 2), (2, 3), (2, 5), (1, 6), (3, 3), (3, 5), (2, 6), (1, 7), (4, 3), (4, 5), (2, 7), (4, 6), (4, 7), (2, 2), (0, 6), (0, 7), (4, 4), (5, 5), (5, 7)]

- Αφαιρειται ο (3, 6) (που ειναι η Δεξια ενεργεια του ρομποτ απο τον κομβο (3, 5)) και εισαγονται οι γειτονες του , το (4, 6) και το (2, 6) δεν τα ξαναεισαγουμε στο frontier καθως για να παμε σε αυτα μεσω του (3, 6) θα εχουμε μεγαλυτερο f απο αυτο που ειχαν, δηλαδη για το (4, 6) θα εχουμε $f = 10 + 3 = 13 > 11.5$ που ηταν το κοστος f του (4, 6) , ομοιως και για το (2, 6) θα εχουμε $f = 9.5 + 4 = 13.5 > 11$. Επισης δεν ανταλασσουμε το (3, 7)

που υπάρχει στο frontier διότι έχουμε μεγαλύτερο f για να φτάσουμε σε αυτό πηγεγοντας μέσω του $(3, 6)$ $f = 11 + 3 = 14 > 13$

Fringe: [$((6, 5), 12.5, K)$ | $((6, 7), 12.5, K)$ | $((5, 3), 13, K)$ | $((3, 7), 13, K)$ | $((4, 8), 13, \Delta)$ | $((0, 8), 13, \Delta)$ | $((5, 4), 13.5, K)$ | $((5, 8), 13.5, \Delta)$]

Explored: [$S, (1, 0), (0, 1), (2, 0), (0, 2), (3, 0), (0, 3), (4, 0), (3, 1), (1, 3), (1, 4), (1, 5), (2, 1), (4, 1), (3, 2), (2, 3), (2, 5), (1, 6), (3, 3), (3, 5), (2, 6), (1, 7), (4, 3), (4, 5), (2, 7), (4, 6), (4, 7), (2, 2), (0, 6), (0, 7), (4, 4), (5, 5), (5, 7), (3, 6)$]

- Αφαιρείται ο $(6, 5)$ (που είναι η Κατω ενεργεια του ρομποτ απο τον κομβο $(5, 5)$) και εισαγονται οι γειτονες του $((6, 4), 14, A), ((6, 6), 13, \Delta)$

Fringe: [$((6, 7), 12.5, K)$ | $((5, 3), 13, K)$ | $((3, 7), 13, K)$ | $((4, 8), 13, \Delta)$ | $((0, 8), 13, \Delta)$ | $((6, 6), 13, \Delta)$ | $((5, 4), 13.5, K)$ | $((5, 8), 13.5, \Delta)$ | $((6, 4), 14, A)$]

Explored: [$S, (1, 0), (0, 1), (2, 0), (0, 2), (3, 0), (0, 3), (4, 0), (3, 1), (1, 3), (1, 4), (1, 5), (2, 1), (4, 1), (3, 2), (2, 3), (2, 5), (1, 6), (3, 3), (3, 5), (2, 6), (1, 7), (4, 3), (4, 5), (2, 7), (4, 6), (4, 7), (2, 2), (0, 6), (0, 7), (4, 4), (5, 5), (5, 7), (3, 6), (6, 5)$]

- Αφαιρείται ο $(6, 7)$ (που είναι η Κατω ενεργεια του ρομποτ απο τον κομβο $(5, 7)$) και εισαγονται οι γειτονες του $((7, 7), 12.5, K)$ το $(6, 6)$ δεν το ανταλασσουμε με αυτο του frontier διότι έχουμε μεγαλύτερο f cost μέσω του $(6, 7)$ $f = 12 + 2 = 14 > 13$

Fringe: [$((7, 7), 12.5, K)$ | $((5, 3), 13, K)$ | $((3, 7), 13, K)$ | $((4, 8), 13, \Delta)$ | $((0, 8), 13, \Delta)$ | $((6, 6), 13, \Delta)$ | $((5, 4), 13.5, K)$ | $((5, 8), 13.5, \Delta)$ | $((6, 4), 14, A)$]

Explored: [$S, (1, 0), (0, 1), (2, 0), (0, 2), (3, 0), (0, 3), (4, 0), (3, 1), (1, 3), (1, 4), (1, 5), (2, 1), (4, 1), (3, 2), (2, 3), (2, 5), (1, 6), (3, 3), (3, 5), (2, 6), (1, 7), (4, 3), (4, 5), (2, 7), (4, 6), (4, 7), (2, 2), (0, 6), (0, 7), (4, 4), (5, 5), (5, 7), (3, 6), (6, 5), (6, 7)$]

- Αφαιρείται ο $(7, 7)$ (που είναι η Κατω ενεργεια του ρομποτ απο τον κομβο $(6, 7)$) και εισαγονται οι γειτονες του $((8, 7), 13, K), ((7, 6), 13.5, A), ((7, 8), 14, \Delta)$

Fringe: [$((5, 3), 13, K)$ | $((3, 7), 13, K)$ | $((4, 8), 13, \Delta)$ | $((0, 8), 13, \Delta)$ | $((6, 6), 13, \Delta)$ | $((8, 7), 13, K)$ | $((5, 4), 13.5, K)$ | $((5, 8), 13.5, \Delta)$ | $((7, 6), 13.5, A)$ | $((6, 4), 14, A)$ | $((7, 8), 14, \Delta)$]

Explored: $[S, (1, 0), (0, 1), (2, 0), (0, 2), (3, 0), (0, 3), (4, 0), (3, 1), (1, 3), (1, 4), (1, 5), (2, 1), (4, 1), (3, 2), (2, 3), (2, 5), (1, 6), (3, 3), (3, 5), (2, 6), (1, 7), (4, 3), (4, 5), (2, 7), (4, 6), (4, 7), (2, 2), (0, 6), (0, 7), (4, 4), (5, 5), (5, 7), (3, 6), (6, 5), (6, 7), (7, 7)]$

- Αφαιρείται ο $(5, 3)$ (που είναι η Κάτω ενεργεια του ρομποτ απο τον κομβο $(4, 3)$) και εισαγονται οι γειτονες του $((6, 3), 13.5, K), ((5, 2), 14.5, A)$, δεν κανουμε update το $(5, 4)$ μεσα στο frontier γιατι μεσω του $(5, 3)$ εχουμε $f = 11 + 3.5 = 14.5 > 13.5$

Fringe: $[((3, 7), 13, K) \mid ((4, 8), 13, \Delta) \mid ((0, 8), 13, \Delta) \mid ((6, 6), 13, \Delta) \mid ((8, 7), 13, K) \mid ((5, 4), 13.5, K) \mid ((5, 8), 13.5, \Delta) \mid ((7, 6), 13.5, A) \mid ((6, 3), 13.5, K) \mid ((6, 4), 14, A) \mid ((7, 8), 14, \Delta) \mid ((5, 2), 14.5, A)]$

Explored: $[S, (1, 0), (0, 1), (2, 0), (0, 2), (3, 0), (0, 3), (4, 0), (3, 1), (1, 3), (1, 4), (1, 5), (2, 1), (4, 1), (3, 2), (2, 3), (2, 5), (1, 6), (3, 3), (3, 5), (2, 6), (1, 7), (4, 3), (4, 5), (2, 7), (4, 6), (4, 7), (2, 2), (0, 6), (0, 7), (4, 4), (5, 5), (5, 7), (3, 6), (6, 5), (6, 7), (7, 7), (5, 3)]$

- Αφαιρείται ο $(3, 7)$ (που είναι η Κάτω ενεργεια του ρομποτ απο τον κομβο $(2, 7)$) και εισαγονται οι γειτονες του $((3, 8), 14.5, \Delta)$

Fringe: $[((4, 8), 13, \Delta) \mid ((0, 8), 13, \Delta) \mid ((6, 6), 13, \Delta) \mid ((8, 7), 13, K) \mid ((5, 4), 13.5, K) \mid ((5, 8), 13.5, \Delta) \mid ((7, 6), 13.5, A) \mid ((6, 3), 13.5, K) \mid ((6, 4), 14, A) \mid ((7, 8), 14, \Delta) \mid ((5, 2), 14.5, A) \mid ((3, 8), 14.5, \Delta)]$

Explored: $[S, (1, 0), (0, 1), (2, 0), (0, 2), (3, 0), (0, 3), (4, 0), (3, 1), (1, 3), (1, 4), (1, 5), (2, 1), (4, 1), (3, 2), (2, 3), (2, 5), (1, 6), (3, 3), (3, 5), (2, 6), (1, 7), (4, 3), (4, 5), (2, 7), (4, 6), (4, 7), (2, 2), (0, 6), (0, 7), (4, 4), (5, 5), (5, 7), (3, 6), (6, 5), (6, 7), (7, 7), (5, 3), (3, 7)]$

- Αφαιρείται ο $(4, 8)$ (που είναι η Δεξια ενεργεια του ρομποτ απο τον κομβο $(4, 7)$) και εισαγονται οι γειτονες του . Δεν κανουμε update ουτε το $(3, 8), f = 11 + 3.5 = 14.5$ ουτε το $(5, 8), f = 11 + 2.5 = 13.5$, αρα δεν εχουμε καποιον γειτονα να εισαγουμε.

Fringe: $[((0, 8), 13, \Delta) \mid ((6, 6), 13, \Delta) \mid ((8, 7), 13, K) \mid ((5, 4), 13.5, K) \mid ((5, 8), 13.5, \Delta) \mid ((7, 6), 13.5, A) \mid ((6, 3), 13.5, K) \mid ((6, 4), 14, A) \mid ((7, 8), 14, \Delta) \mid ((5, 2), 14.5, A) \mid ((3, 8), 14.5, \Delta)]$

Explored: $[S, (1, 0), (0, 1), (2, 0), (0, 2), (3, 0), (0, 3), (4, 0), (3, 1), (1, 3), (1, 4), (1, 5), (2, 1), (4, 1), (3, 2), (2, 3), (2, 5), (1, 6), (3, 3), (3, 5), (2, 6), (1, 7), (4, 3), (4, 5), (2, 7), (4, 6), (4, 7),$

$(2, 2), (0, 6), (0, 7), (4, 4), (5, 5), (5, 7), (3, 6), (6, 5), (6, 7), (7, 7), (5, 3), (3, 7), (4, 8)]$

- Αφαιρείται ο $(0, 8)$ (που είναι η Δεξιά ενεργεία του ρομποτ από τον κομβό $(0, 7)$) και εισαγονται οι γειτονες του $((0, 9), 14, \Delta)$

Fringe: $[((6, 6), 13, \Delta) \mid ((8, 7), 13, K) \mid ((5, 4), 13.5, K) \mid ((5, 8), 13.5, \Delta) \mid ((7, 6), 13.5, A) \mid ((6, 3), 13.5, K) \mid ((6, 4), 14, A) \mid ((7, 8), 14, \Delta) \mid ((0, 9), 14, \Delta) \mid ((5, 2), 14.5, A) \mid ((3, 8), 14.5, \Delta)]$

Explored: $[S, (1, 0), (0, 1), (2, 0), (0, 2), (3, 0), (0, 3), (4, 0), (3, 1), (1, 3), (1, 4), (1, 5), (2, 1), (4, 1), (3, 2), (2, 3), (2, 5), (1, 6), (3, 3), (3, 5), (2, 6), (1, 7), (4, 3), (4, 5), (2, 7), (4, 6), (4, 7), (2, 2), (0, 6), (0, 7), (4, 4), (5, 5), (5, 7), (3, 6), (6, 5), (6, 7), (7, 7), (5, 3), (3, 7), (4, 8), (0, 8)]$

- Αφαιρείται ο $(6, 6)$ (που είναι η Δεξιά ενεργεία του ρομποτ από τον κομβό $(6, 5)$) και εισαγονται οι γειτονες του , κανουμε update τον κομβό $(7, 6)$ που βρισκεται μεσα στο frontier καθώς βρικαμε συντομοτερο path προς αυτον μεσω του $(6, 6)$ με $f = 11.5 + 1.5 = 13 < 13.5$,επισης δεν ξαναεισαγουμε το $(6, 7)$ γιατι μεσω του $(6, 6)$ εχουμε $f = 12 + 1.5 = 13.5 > 12.5$

Fringe: $[(8, 7), 13, K) \mid ((7, 6), 13, K) \mid ((5, 4), 13.5, K) \mid ((5, 8), 13.5, \Delta) \mid ((6, 3), 13.5, K) \mid ((6, 4), 14, A) \mid ((7, 8), 14, \Delta) \mid ((0, 9), 14, \Delta) \mid ((5, 2), 14.5, A) \mid ((3, 8), 14.5, \Delta)]$

Explored: $[S, (1, 0), (0, 1), (2, 0), (0, 2), (3, 0), (0, 3), (4, 0), (3, 1), (1, 3), (1, 4), (1, 5), (2, 1), (4, 1), (3, 2), (2, 3), (2, 5), (1, 6), (3, 3), (3, 5), (2, 6), (1, 7), (4, 3), (4, 5), (2, 7), (4, 6), (4, 7), (2, 2), (0, 6), (0, 7), (4, 4), (5, 5), (5, 7), (3, 6), (6, 5), (6, 7), (7, 7), (5, 3), (3, 7), (4, 8), (0, 8), (6, 6)]$

- Αφαιρείται ο $(8, 7)$ (που είναι η Κατω ενεργεία του ρομποτ από τον κομβό $(7, 7)$) και εισαγονται οι γειτονες του $((9, 7), 13.5, K), ((8, 6), 14.5, A)$

Fringe: $[((7, 6), 13, K) \mid ((5, 4), 13.5, K) \mid ((5, 8), 13.5, \Delta) \mid ((6, 3), 13.5, K) \mid ((9, 7), 13.5, K) \mid ((6, 4), 14, A) \mid ((7, 8), 14, \Delta) \mid ((0, 9), 14, \Delta) \mid ((5, 2), 14.5, A) \mid ((3, 8), 14.5, \Delta) \mid ((8, 6), 14.5, A)]$

Explored: $[S, (1, 0), (0, 1), (2, 0), (0, 2), (3, 0), (0, 3), (4, 0), (3, 1), (1, 3), (1, 4), (1, 5), (2, 1), (4, 1), (3, 2), (2, 3), (2, 5), (1, 6), (3, 3), (3, 5), (2, 6), (1, 7), (4, 3), (4, 5), (2, 7), (4, 6), (4, 7), (2, 2), (0, 6), (0, 7), (4, 4), (5, 5), (5, 7), (3, 6), (6, 5), (6, 7), (7, 7), (5, 3), (3, 7), (4, 8), (0, 8),$

(6, 6), (8, 7)]

• Αφαιρείται ο (7, 6) (που είναι η Κατω ενεργεια του ρομποτ απο τον κομβο (6, 6)) και εισαγονται οι γειτονες του , κανουμε update το (8, 6) που είναι μεσα στο fringe γιατι μεσω του (7, 6) εχουμε βρει καλυτερο μονοπατι εχοντας κοστος $f = 12.5 + 1 = 13.5 < 14.5$, το (7, 7) δεν το ξαναεισαγουμε γιατι εχουμε κοστος $f = 13 > 12.5$ εαν το επισκευτουμαι μεσω του (7, 6)

Fringe: [((5, 4), 13.5, K) | ((5, 8), 13.5, Δ) | ((6, 3), 13.5, K) | ((9, 7), 13.5, K) | ((8, 6), 13.5, K) | ((6, 4), 14, A) | ((7, 8), 14, Δ) | ((0, 9), 14, Δ) | ((5, 2), 14.5, A) | ((3, 8), 14.5, Δ)]

Explored: [S, (1, 0), (0, 1), (2, 0), (0, 2), (3, 0), (0, 3), (4, 0), (3, 1), (1, 3), (1, 4), (1, 5), (2, 1), (4, 1), (3, 2), (2, 3), (2, 5), (1, 6), (3, 3), (3, 5), (2, 6), (1, 7), (4, 3), (4, 5), (2, 7), (4, 6), (4, 7), (2, 2), (0, 6), (0, 7), (4, 4), (5, 5), (5, 7), (3, 6), (6, 5), (6, 7), (7, 7), (5, 3), (3, 7), (4, 8), (0, 8), (6, 6), (8, 7), (7, 6)]

• Αφαιρείται ο (5, 4) (που είναι η Κατω ενεργεια του ρομποτ απο τον κομβο (4, 4)) , δεν εισαγουμε καποιον γειτονα γιατι για να παμε απο το (5, 4) στο (5, 3) και στο (5, 5) θα εχουμε μεγαλυτερο κοστος(για το (5, 3) $f = 12 + 4 = 16 > 13$ και για το (5, 5) $f = 11 + 3 = 14 > 12$) , επισης δεν κανουμε update το (6, 4) που βρισκεται μεσα στο fringe γιατι εαν το κανουμε visit μεσω του (5, 4) θα εχουμε $f = 11 + 3 = 14$

Fringe: [((5, 8), 13.5, Δ) | ((6, 3), 13.5, K) | ((9, 7), 13.5, K) | ((8, 6), 13.5, K) | ((6, 4), 14, A) | ((7, 8), 14, Δ) | ((0, 9), 14, Δ) | ((5, 2), 14.5, A) | ((3, 8), 14.5, Δ)]

Explored: [S, (1, 0), (0, 1), (2, 0), (0, 2), (3, 0), (0, 3), (4, 0), (3, 1), (1, 3), (1, 4), (1, 5), (2, 1), (4, 1), (3, 2), (2, 3), (2, 5), (1, 6), (3, 3), (3, 5), (2, 6), (1, 7), (4, 3), (4, 5), (2, 7), (4, 6), (4, 7), (2, 2), (0, 6), (0, 7), (4, 4), (5, 5), (5, 7), (3, 6), (6, 5), (6, 7), (7, 7), (5, 3), (3, 7), (4, 8), (0, 8), (6, 6), (8, 7), (7, 6), (5, 4)]

• Αφαιρείται ο (5, 8) (που είναι η Δεξια ενεργεια του ρομποτ απο τον κομβο (5, 7)) και εισαγονται οι γειτονες του ((5, 9), 15, Δ) , δεν ξαναεισαγουμε το (4, 8), (5, 7) διοτι για να παμε απο το (5, 8) στο (4, 8) και στο (5, 7) θα εχουμε μεγαλυτερο κοστος(για το (4, 8) $f = 12 + 3 = 15 > 13$ και για το (5, 7) $f = 12 + 2 = 14 > 12$)

Fringe: [((6, 3), 13.5,K) | ((9, 7), 13.5,K) | ((8, 6), 13.5,K) | ((6, 4), 14,A) | ((7, 8), 14,Δ) | ((0, 9), 14,Δ) | ((5, 2), 14.5,A) | ((3, 8), 14.5,Δ) | ((5, 9), 15,Δ)]
 Explored: [S, (1, 0), (0, 1), (2, 0), (0, 2), (3, 0), (0, 3), (4, 0), (3, 1), (1, 3), (1, 4), (1, 5), (2, 1), (4, 1), (3, 2), (2, 3), (2, 5), (1, 6), (3, 3), (3, 5), (2, 6), (1, 7), (4, 3), (4, 5), (2, 7), (4, 6), (4, 7), (2, 2), (0, 6), (0, 7), (4, 4), (5, 5), (5, 7), (3, 6), (6, 5), (6, 7), (7, 7), (5, 3), (3, 7), (4, 8), (0, 8), (6, 6), (8, 7), (7, 6), (5, 4), (5, 8)]

• Αφαιρείται ο (6, 3) (που είναι η Κατώ ενεργεία του ρομποτ από τον κόμβο (5, 3)) και εισάγονται οι γείτονες του ((6, 2), 15,A), ((7, 3), 14,K) , δεν κάνουμε update το (6, 4) μέσα στο fringe , διότι κάνοντας το νιστι μέσω του (6, 3) έχουμε $f = 11 + 3 = 14$

Fringe: [((9, 7), 13.5,K) | ((8, 6), 13.5,K) | ((6, 4), 14,A) | ((7, 8), 14,Δ) | ((0, 9), 14,Δ) | ((7, 3), 14,K) | ((5, 2), 14.5,A) | ((3, 8), 14.5,Δ) | ((5, 9), 15,Δ) | ((6, 2), 15,A)]
 Explored: [S, (1, 0), (0, 1), (2, 0), (0, 2), (3, 0), (0, 3), (4, 0), (3, 1), (1, 3), (1, 4), (1, 5), (2, 1), (4, 1), (3, 2), (2, 3), (2, 5), (1, 6), (3, 3), (3, 5), (2, 6), (1, 7), (4, 3), (4, 5), (2, 7), (4, 6), (4, 7), (2, 2), (0, 6), (0, 7), (4, 4), (5, 5), (5, 7), (3, 6), (6, 5), (6, 7), (7, 7), (5, 3), (3, 7), (4, 8), (0, 8), (6, 6), (8, 7), (7, 6), (5, 4), (5, 8), (6, 3)]

• Αφαιρείται ο (9, 7) (που είναι η Κατώ ενεργεία του ρομποτ από τον κόμβο (8, 7)) , είναι το **GOAL STATE** , (Θεωρώ ότι δεν γίνεται expanded) και ο αλγόριθμος τερματίζει!

Fringe: [((8, 6), 13.5,K) | ((6, 4), 14,A) | ((7, 8), 14,Δ) | ((0, 9), 14,Δ) | ((7, 3), 14,K) | ((5, 2), 14.5,A) | ((3, 8), 14.5,Δ) | ((5, 9), 15,Δ) | ((6, 2), 15,A)]
 Explored: [S, (1, 0), (0, 1), (2, 0), (0, 2), (3, 0), (0, 3), (4, 0), (3, 1), (1, 3), (1, 4), (1, 5), (2, 1), (4, 1), (3, 2), (2, 3), (2, 5), (1, 6), (3, 3), (3, 5), (2, 6), (1, 7), (4, 3), (4, 5), (2, 7), (4, 6), (4, 7), (2, 2), (0, 6), (0, 7), (4, 4), (5, 5), (5, 7), (3, 6), (6, 5), (6, 7), (7, 7), (5, 3), (3, 7), (4, 8), (0, 8), (6, 6), (8, 7), (7, 6), (5, 4), (5, 8), (6, 3)]

Οποτε εχουμε:

- 47 κομβοι επεκταθηκαν συνολικα(οσοι ειναι μεσα στο Explored Set)
- Συνολικο Κοστος βελτιστης διαδρομης: 13.5(Θεωρωντας οτι για να παμε στο G θελουμε κοστος 1)
- Βέλτιστη Διαδρομή: [Δ,Δ,Δ,Κ,Δ,Δ,Κ,Κ,Κ,Δ,Δ,Κ,Κ,Κ,Κ,Κ]

Παραδεκτες Συναρτησεις:

- Ευκλειδια Αποσταση:

$$h(x, y) = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

Η Ευκλειδια αποσταση ειναι παραδεκτη ευρετικη συναρτηση καθως οτι τιμη και να εχουν τα ζευγαρια συντεταγμενων $(x_1, y_1), (x_2, y_2)$ το αποτελεσμα $h(x, y) \geq 0$ αφου εχουμε τα δυο τετραγωνα και το υποριζο ειναι σιγουρα μεγαλυτερο ή ισο του 0 . Το αποτελεσμα της ευρετικης συναρτησης θα ειναι σιγουρα μικροτερο ή ισο με το πραγματικο κοστος καθως η ευκλειδια αποσταση ειναι το μηκος της ευθειας που ενωνει τα δυο ζευγαρια σημειων και σιγουρα θα υπαρχουν εμποδια των οποιων το κοστος για να τα αποφυγουμε δεν το υπολογιζει η ευρετικη συναρτηση , αρα το κοστος που θα εκτιμησει θα ειναι μικροτερο ή ισο απο το πραγματικο.

Οταν θα εχουμε φτασει στο Goal το $h(x, y) = 0$ αφου το αθροισμα των 2 τετραγωνων θα μας δοσει 0 .

Αρα με βαση τα παραπανω ισχυει η συνθηκη $0 \leq h(x, y) \leq \text{true cost}$

- $h(x, y) = \max(|x_2 - x_1|, |y_2 - y_1|)$

Η παραπανω ευρετικη ειναι παραδεκτη καθως το αποτελεσμα της ειναι σιγουρα μεγαλυτερο

ή ίσο του μηδενός , αφού είναι η μέγιστη τιμή δύο απολυτών τιμών. Επίσης το αποτέλεσμα της 0 όταν είμαστε στην κατάσταση στοχού καθώς θα είναι η μέγιστη τιμή του 0,0 . Τέλος το αποτέλεσμα της είναι σίγουρα μικρότερο του πραγματικού κόστους καθώς είναι η μέγιστη τιμή του μήκους ή του πλάτους για να πάμε από το σημείο (x, y) στο goal , οι οποίες τιμές δεν λαμβάνουν υπόψη τους το κόστος των εμποδίων που υπάρχουν κατά μήκος της απόστασης που διανύουν.

Πρόβλημα 4:

Σε κάθε περίπτωση θεωρούμαι τον αλγόριθμο αμφιδρομής αναζήτησης και τα evaluation functions που έχουν παρασυσταθεί στο φροντιστήριο.

a) BFS-DLS

Ο BFS με βάση τις διαφανείες έχει συνάρτηση αποτίμησης για κάθε κόμβο την θετική τιμή του βαθύς στο οποίο βρίσκεται , ενώ ο DLS(που πρακτικά είναι DFS απλός με ένα όριο βαθύς)έχει την αρνητική τιμή του βαθύς. Έτσι όπως είναι δοσμένος ο αλγόριθμος η αναζήτηση θα ξεκινήσει πρώτα από το Goal προς το Start κανοντάς DLS. Αυτό σημαίνει ότι σε κάθε βήμα οι κόμβοι που θα επεκτείνει ο DLS θα έχουν αρνητική τιμή $f(n)$ και ο αλγόριθμος θα επιλέγει να επεκτείνει αυτούς αντί του start state του BFS που θα έχει τιμή 0(γιατί βρίσκεται στο βάθος 0).Εάν το όριο βαθύς που έχει θέσει ο DLS αρκεί για να φτάσει στο Goal τότε θα βρεθεί λύση κανοντάς μόνο DLS και ο αλγόριθμος θα είναι πλήρης.Εάν το όριο βαθύς δεν αρκεί τότε σε αυτό το βάθος θα σταματήσει η εκτέλεση του DLS , όλοι οι κόμβοι που θα έχει επεκτείνει θα έχουν βγει από το αντιστοιχείο frontier και ο αλγόριθμος θα συνεχίσει κανοντάς μόνο BFS όπου και θα βρει την λύση(εάν ο παραγωγώντας διακλωδοσής είναι πεπερασμένος) όταν συνιδοτοποιήσει ότι ο κόμβος τον οποίο επεκτείνει υπάρχει στο reached set του DLS. Αρα και στις 2 περιπτώσεις ο αλγόριθμος είναι πλήρης. Φυσικά εάν ο χώρος καταστάσεων είναι απείρος τότε και στις 2 περιπτώσεις ο αλγόριθμος δεν είναι πλήρης.

Ο αλγόριθμος δεν είναι σίγουρο ότι θα βρει την βελτιστή λύση και στις 2 περιπτώσεις καθώς στην πρώτη που θα τρέξει μόνο ο DLS (γιατί το όριο βαθύς θα είναι μεγαλύτερο ή ίσο από το βάθος της λύσης), δεν είναι βελτιστός αλγόριθμος. Το ίδιο ισχύει και για την δεύτερη περίπτωση όπου ο DLS θα επεκτείνει ένα συγκεκριμένο αριθμό κομβών, χωρίς όμως να βρει την λύση, περιμένοντας μετά από τον BFS για να βρει ένα path προς κάποιον κομβό που έχει επεκτείνει ο DLS, το οποίο όμως δεν είναι σίγουρο ότι θα είναι το βελτιστό καθώς μπορεί να υπάρξει κάποιο άλλο με λιγότερο κόστος.

Για να ελεγχούμε αποδοτικά εάν οι δύο αναζητήσεις συναντιούνται, θα έχουμε δύο set ένα για την εκτέλεση από την αρχή προς το τέλος και ένα από το τέλος προς την αρχή και κάθε κομβό που επεκτινουμε θα βάζουμε τα παιδιά του στο set του αλγορίθμου που τρέχει, άρα αρκεί να ελέγχουμε εάν ο κομβός που επεκτείνεται στην τρέχουσα επαναληψη ο DLS ή ο BFS βρίσκεται στο reached set του άλλου, αυτός ο έλεγχος θα γίνεται σε $O(1)$ χρόνο γιατί η δομή που χρησιμοποιούμε είναι set.

b) IDS-DLS

Στην περίπτωση του IDS-DLS πάλι θα ξεκινήσουμε κανοντας DLS (γιατί δεν ικανοποιείται η συνθήκη if που ελέγχει εάν το πρώτο στοιχείο από το frontier1 είναι μικρότερο από αυτό του frontier2) μέχρι να βρούμε το start node από το οποίο θα ξεκινούσε ο IDS. Άρα εάν το όριο βαθύς που έχει θέσει ο DLS είναι αρκετό έτσι ώστε να φτάσουμε στο goal τότε ο αλγόριθμος θα είναι πλήρης, βρίσκοντας μονοπάτι. Εάν το όριο βαθύς δεν αρκεί τότε το frontier2 θα είναι άδειο και θα εξαγονται κομβοί μόνο από το frontier1 μέχρι ο αλγόριθμος IDS να συναντήσει κάποιον expanded από τον DLS. Και σε αυτήν την περίπτωση ο αλγόριθμος θα βρει λύση άρα είναι πλήρης. Υποθέτουμε φυσικά ότι ο χώρος καταστάσεων δεν είναι απείρος, αλλιώς δεν θα βρισκαίτο λύση σε καμία από τις δύο περιπτώσεις. Επίσης υποθέτουμε ότι ο παραγωγός διακλάδωσης είναι πεπερασμένος αλλιώς ο IDS δεν θα βρει λύση στην δεύτερη περίπτωση.

Ο αλγόριθμος δεν είναι σίγουρο ότι θα βρει την βελτιστή λύση και στις 2 περιπτώσεις καθώς στην πρώτη που θα τρέξει μόνο ο DLS (γιατί το όριο βαθύς που θα έχουμε επιλέξει θα

είναι μεγαλύτερο ή ίσο από το βάθος της λύσης), δεν είναι βελτιστός αλγόριθμος. Το ίδιο ισχύει και για την δεύτερη περίπτωση όπου ο DLS θα επεκτείνει ένα συγκεκριμένο αριθμό κομβών, χωρίς όμως να βρει την λύση, περιμένοντας μετά από τον IDS για να βρει ένα path προς κάποιον κόμβο που έχει επεκτείνει ο DLS, το οποίο όμως δεν είναι σίγουρο ότι θα είναι το βέλτιστο καθώς και ο IDS κάνει DFS αλλά κάθε φορά πηγενεί ένα βάθος παραπέρα ξεκινώντας κάθε φορά από την αρχή, άρα δεν είναι σίγουρο ότι στο σημείο που θα συναντηθούν οι δύο αλγόριθμοι ότι αυτό θα αντιστοιχεί στο βέλτιστο μονοπάτι.

Για να ελέγξουμε αποδοτικά εάν οι δύο αναζητήσεις συναντιούνται, θα έχουμε δύο set ένα για την εκτέλεση από την αρχή προς το τέλος και ένα από το τέλος προς την αρχή και κάθε κόμβο που επεκτινουμε θα βάζουμε τα παιδιά του στο set του αλγόριθμου που τρέχει, άρα αρκεί να ελέγχουμε εάν ο κόμβος που επεκτείνει στην τρέχουσα επαναληψη ο DLS ή ο IDS βρίσκεται στο reached set του άλλου, αυτός ο έλεγχος θα γίνεται σε $O(1)$ χρόνο γιατί η δομή που χρησιμοποιούμε είναι set.

c) A*-DLS

Στην περίπτωση του A*-DLS πάλι θα ξεκινήσουμε κανοντας DLS και θα συνεχίσουμε μέχρι να βρούμε την κατάσταση στόχου ή μέχρι να φτάσουμε στο όριο βάθους χωρίς να βρούμε το goal node με αποτέλεσμα στην συνέχεια να τρέξει ο A*. Στην πρώτη περίπτωση ο αλγόριθμος θα είναι πλήρης καθώς εάν ο χώρος καταστάσεων δεν είναι απείρος ο DLS θα φτάσει στην κατάσταση στόχου του, χωρίς όμως να μας εγγυάται ότι η λύση που θα βρει θα είναι η βέλτιστη. Στην δεύτερη περίπτωση, δηλαδή σε αυτήν που ο DLS θα φτάσει μέχρι το όριο βάθους και θα σταματήσει, τότε θα ξεκινήσει να εκτελείται ο A* μέχρι να βρεθεί κάποιο node που να είναι στο reached set του DLS. Στην περίπτωση αυτή ο αλγόριθμος θα είναι πλήρης αλλά όχι βελτιστός, διότι ο DLS θα έχει ήδη επεκτείνει έναν αριθμό κομβών και ο A* με το που πεσει σε έναν από αυτούς θα σταματήσει αγνώντας την υπαρξεί άλλων πιο βελτιστών μονοπατιών. Πάλι υποθέτουμε ότι για να είναι πλήρης δεν έχουμε απείρο χώρο καταστάσεων.

Όπως και στις προηγούμενες περιπτώσεις αλγορίθμων για να ελέγξουμε αποδοτικά εάν

οι δυο αναζητήσεις συναντιούνται , θα έχουμε δυο set ένα για την εκτέλεση από την αρχή προς το τέλος και ένα από το τέλος προς την αρχή και κάθε κομβό που επεκτινουμε θα βάζουμε τα παιδιά του στο set του αλγορίθμου που τρέχει , αρα αρκεί να ελεγχουμε εάν ο κομβός που επεκτείνει στην τρέχουσα επανάληψη ο DLS ή ο A^* βρίσκεται στο reached set του άλλου , αυτός ο έλεγχος θα γίνεται σε $O(1)$ χρόνο γιατί η δομή μας είναι set.

d) A^*-A^*

Στην περίπτωση που κάνουμε A^* και από τις δυο μεριές , και ο χώρος καταστάσεων δεν είναι άπειρος , ο αλγόριθμος αμφιδρομής αναζήτησης θα είναι και πλήρης αλλά και βελτιστός. Θα είναι πλήρης με την προϋπόθεση ότι έχουμε επιλέξει μια παραδεκτή ευρετική συναρτήρηση. Έτσι οι δυο αλγόριθμοι θα συναντηθούν σίγουρα σε κάποιον κομβό και το μονοπάτι που θα σχηματιστεί θα αποτελεί και την βελτιστή λύση καθώς τρεχουμε A^* που είναι ένας βελτιστός αλγόριθμος και από τις 2 μεριές , αρα είναι σίγουρο ότι οι κομβοί που θα επεκτινούνται σε κάθε βήμα και από τις δυο μεριές θα μας φερνουν όλο και πιο κοντά στην βελτιστή λύση.

Όπως και στις προηγούμενες περιπτώσεις αλγορίθμων για να ελεγχουμε αποδοτικά εάν οι δυο αναζητήσεις συναντιούνται , θα έχουμε δυο set ένα για την εκτέλεση από την αρχή προς το τέλος και ένα από το τέλος προς την αρχή και κάθε κομβό που επεκτινουμε θα βάζουμε τα παιδιά του στο set του αλγορίθμου που τρέχει , αρα αρκεί να ελεγχουμε εάν ο κομβός που επεκτείνει στην τρέχουσα επανάληψη ο A^* από την αρχή προς το τέλος ή ο A^* από το τέλος προς την αρχή βρίσκεται στο reached set του άλλου , αυτός ο έλεγχος θα γίνεται σε $O(1)$ χρόνο γιατί η δομή μας είναι set.