

Εργασία 1 AI

Αθανάσιος Καραδήμος(ΑΜ: 1115202300062)

Οκτώβριος 2024

Πρόβλημα 2:

Θεωρώ οτι ενας κομβος επεκτινεται οταν γινεται ο ελεγχος (αμεσως μετα αφου τον βγαλουμε απο το frontier)εαν ειναι κατασταση στοχου. Εαν ειναι τοτε δεν τον μετραω σαν επεκτεταμενο κομβο , αλλιως εαν δεν ειναι τοτε μετριεται κανονικα. Δηλαδη εαν εχω εναν κομβο A ο οποιος εχει σαν παιδια το B,C,D και ο D ειναι κατασταση στοχου , τοτε επεκτηνω 3 κομβους τον A,B,C . Ο D δεν επεκτινεται γιατι ειναι κατασταση στοχου και ο αλγοριθμος θα σταματησει χωρις να βαλει τα παιδια του στο frontier.(Η αριθμηση για τα βαθη ξεκιναει απο το 0)

1)BFS:

Περιπτωση 1:

Εαν καθως βρισκουμε τους successors ενος κομβου δεν ελεγχουμε εαν καποιος απο αυτους ειναι κατασταση στοχου(δηλαδη ο ελεγχος για το εαν μια κατασταση ειναι κατασταση στοχου γινεται μονο οταν βγαζουμε κομβο απο το fringe) τοτε:

- Μικρότερος αριθμός κομβων που επεκτίνονται: 40
- Μέγιστος αριθμός κούβων που επεκτίνονται: 120

Επεξήση:

Η "καλυτερη" θεση στην οποια μπορει να βρισκεται η κατασταση στοχου σε βαθος 4 ειναι στο πρωτο παιδι του του πρωτου κομβου απο το βαθος 3(δηλαδη 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—>1 επεκτινουμε 1 κομβο , σε βαθος 1—>3 , σε βαθος 2—>9 , σε βαθος 3—>27 και ο ακριβως επομενος κομβος στο βαθος 4 θα ειναι ο ζητουμενος. Αρα συνολικα πρεπει να επεκτηνουμε $1 + 3 + 9 + 27 = 40 \longleftrightarrow b^0 + b^1 + b^2 + b^3$ (Οπου $b = 3$ το branching factor) κομβους. Καποιος θα μπορουσε να πει 41 κομβους αλλα θεωρω ότι οταν φτασουμε στην κατασταση στοχου τοτε αυτος ο κομβος δεν επεκτεινεται.

Η "χειρότερη" θεση στην οποια μπορει να βρισκεται η κατασταση στοχου σε βαθος 4 ειναι στο τελευταιο παιδι του τελευταιου κομβου απο το βαθος 3(δηλαδη 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.

Περιπτωση 2:

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

- Μικρότερος αριθμός κομβων που επεκτίνονται: 14
- Μέγιστος αριθμός κούβων 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 ειναι κατασταση στοχου , ο αλγοριθμος θα

σταματησει. Ο πατέρας αυτου το κομβου θα εχει επεκταθει καθως ελεγχουμε στην αρχη εαν ειναι Goal state.

Στην χειροτερη περιπτωση θα εχουμε επεκτηνει 40 κομβους($3^0 + 3^1 + 3^2 + 3^3$) . Μολις ο BFS φτασει στον τελευταιο κομβο απο το επιπεδο 3 θα γινει ο ελεγχος οτι το τελευταιο παιδι του ειναι η κατασταση στοχου και ο αλγοριθμος θα σταματησει.

2)DFS:

Στην περιπτωση του DFS η καλυτερη περιπτωση ειναι η κατασταση στοχου να βρισκεται στον αριστεροτερο κομβο σε βαθος 4. Τοτε θα εχουμε επεκτηνει 4 κομβους , γιατι θα εχουμε ελεγξει εαν ειναι goal state ο πρωτος κομβος στο βαθος 0 , μετα ο πρωτος κομβος(μετρωντας απο τα αριστερα) στο βαθος 1 , το ίδιο για το βαθος 2 και 3 και στο 4 θα ειναι ο ζητουμενος κομβος οπου δεν τον επεκτηνουμε γιατι ειναι κατασταση στοχου.

Εαν η κατασταση στοχου βρισκεται οπουδηποτε αλλου στο τεταρτο επιπεδο και ο χωρος καταστασεων ειναι απειρος τοτε ο DFS θα πηγενει ολο και πιο βαθια εξεταζωντας καθε φορα το αριστερο παιδι καθε επιπεδου με αποτελεσμα ο αλγοριθμος να μην φτασει ποτε στην κατασταση στοχου.

Εαν ο χωρος καταστασεων δεν ηταν απειρος , πχ το δεντρο ειχε μεγιστο βαθος 6 τοτε θα ειχαμε επεκτινει συνολικα $3^0 + 3^1 + 3^2 + 3^3 + 3^4 + 3^5 + 3^6 - 13 = 1080$ κομβους. Το 13 το αφαιρουμε γιατι δεν επεκτινουμε την κατασταση στοχου , τα 3 παιδια της και τα 9 συνολικα παιδια των παιδιων . Οποτε ο γενικος τυπος expanded nodes οταν ο χωρος καταστεσεων δεν ειναι απειρος και η κατασταση στοχου ειναι ο δεξιοτερος κομβος στο βαθος 4 ειναι: $3^0 + 3^1 + 3^2 + \dots + 3^m - (3^0 + 3^1 + \dots + 3^{m-4})$, οπου m ειναι το μεγιστο βαθος. (Στον τυπο προσθετουμε ολους του κομβους απο το καθε επιπεδο και στο τελος αφαιρουμε ολους τους κομβους που προκειπτουν ξεκινωντας DFS απο το goal state στο βαθος 4(για αυτο βαζουμε m-4))

3)IDS:

Στον αλγορίθμο IDS η καλυτερη περιπτωση ειναι παλι η κατασταση στοχου να βρισκεται στον αριστεροτερο κομβο του τεταρτου επιπεδου. Τοτε με βαση τον IDS θα εχουμε επεκτεινει συνολικα $1 + 4 + 13 + 40 + 4 = 62$ κομβους.

Επεξήγηση:

Ο αλγορίθμος θα ξεκινησει αρχικα με βαθος 0 , οπου εκει επεκτηνουμε το start node. Στην συνεχεια θα παμε σε βαθος 1 οπου ξεκινωντας απο την αρχη μπορουμε να επεκτηνουμε 4 κομβους(τον αρχικο και τα 3 παιδια του) . Μετα θα παμε σε βαθος 2 οπου ξεκινωντας παλι απο την αρχη και κανωντας DFS θα μπορουμε να επεκτηνουμε 13 κομβους(Τον πρωτο , τα τρια του παιδια και τα παιδια των παιδιων που ειναι 3^2) . Οταν φτασουμε στο βαθος 3 θα μπορουμε να επεκτηνουμε $40 - > 3^0 + 3^1 + 3^2 + 3^3$ κομβους(παλι μεσω DFS) . Τελος οταν θα παμε σε βαθος 4 οπου στον αριστεροτερο κομβο βρισκεται το Goal State , θα κανουμε DFS ξεκινωντας απο την αρχικη κατασταση , μετα θα επεκτηνουμε συνεχεια αριστερα παιδια μεχρι να βρουμε την κατασταση στοχου , αρα θα εχουμε επεκτηνει 4 κομβους . Οποτε συνολικα $62 = 3^0 + 3^1 + 3^2 + 3^3 + 4$.

Οσον αφορα την χειροτερη περιπτωση , στην οποια το goal state ειναι ο δεξιοτερος κομβος του 4ου επιπεδου , θα εχουμε επεκτηνει συνολικα $1 + 4 + 13 + 40 + 40 + 3^4 - 1 = 178$ κομβους εαν ακολουθησουμε τα ίδια βηματα με πανω , μονο που οταν θα μπορουμε να παμε μεχρι βαθος 4 δεν θα επεκτηνουμε μονο 4 κομβους αλλα $3^0 + 3^1 + 3^2 + 3^3 + 3^4 - 1 = 120$ διοτι κανοντας DFS ξεκινωντας απο την ριζα θα επεκτινουμε οπως πριν ολους τους κομβους μεχρι το επιπεδο 3 και στην συνεχεια ολους τους κομβους στο επιπεδο 4 που ειναι 3^4 αφαιρωντας ομως τον κομβο που ειναι goal state(γιατι οπως εχω πει και στην αρχη του

προβληματος 2 , δεν τον μετραω σαν expanded node) . Οποτε εχουμε 120 κομβους οταν μπορουμε να πάμε μεχρι το βαθος 4 + ολους τους προηγουμενους κομβους που επεκτηνε ο IDS οταν μπορουσε να παει αρχικα μεχρι βαθος 0 μετα 1 , 2 , 3 που ειναι συνολικα 58 αρα εχουμε κανει expand $120 + 58 = 178$ nodes .

Πρόβλημα 3:

Π: Πάνω

Κ: Κάτω

Α: Αριστερά

Δ: Δεξιά

Θεωρω οτι για να παω στο G έχω κοστος 1 και στο τελος 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: [$((1, 0), 8.5, K)$ | $((0, 1), 8.5, \Delta)$]

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

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

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

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

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

- Αφαιρείται ο $(2, 0)$ (που ειναι η Κατω ενεργεια του ρομποτ απο τον κομβό $(1, 0)$) 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: $[((0, 2), 9, \Delta) \mid ((3, 0), 9.5, K) \mid ((2, 1), 10.5, \Delta)]$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

- Αφαιρείται ο $(3, 1)$ (που ειναι η Δεξια ενεργεια του ρομποτ απο τον κομβο $(3, 0)$) και εισαγονται οι γειτονες του , μπορουμε να πάμε 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 ανταλλασουμε . Αρα ο μονος γειτονας που εισαγουμε ειναι 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 ειναι 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 ειναι η Δεξια 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 ειναι η Δεξια 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 ειναι η Δεξια ενεργεια του ρομποτ απο τον κομβο $(2, 0)$) και εισαγονται οι γειτονες του , δεν ξαναβαζουμε το $(3, 1)$ στο fringe καθως οταν 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 $(2, 1)$ ειναι 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 ειναι η Δεξια ενεργεια του ρομποτ απο τον κομβο $(4, 0)$) και δεν εισαγονμε κανενα γειτονα καθως 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 ειναι η Δεξια ενεργεια του ρομποτ απο τον κομβο $(3, 1)$) και εισαγονται οι γειτονες 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 ειναι 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 ειναι η Κατω ενεργεια του ρομποτ απο τον κομβο $(1, 3)$) και εισαγονται οι γειτονες 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 Κατώ ενεργεια του ρομποτ από τον κομβό (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 Δεξιά ενεργεια του ρομποτ από τον κομβό (1, 5) και εισαγονται οι γειτονες του ((0, 6), 12,Π), ((1, 7), 11,Δ) το (2, 6) δεν το ανταλασουμε με αυτο του frontier γιατι το f cost του μεσω του (1, 6) είναι ίσο 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 Δεξιά ενεργεια του ρομποτ από τον κομβό (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 Κατώ ενεργεια του ρομποτ από τον κομβό (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 πάμε 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 ειναι 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 ειναι 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 ειναι 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 ειναι 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 ειναι 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 από τον κομβό (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 από τον κομβό (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 από τον κομβό (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 από τον κομβό (2, 1) ,

δεν εισαγουμε καποιον γειτονα διοτι για να πάμε στο $(3, 2)$ (που το εχουμε καινει 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: [$((0, 6), 12, \Pi)$ | $((0, 7), 12, \Pi)$ | $((4, 4), 12, \Delta)$ | $((5, 5), 12, K)$ |
 $((5, 7), 12, K)$ | $((3, 6), 12.5, \Delta)$ | $((5, 3), 13, K)$ | $((3, 7), 13, K)$ |
 $((4, 8), 13, \Delta)$]

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

- 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 καινουμε visit μεσω του $(0, 6)$ θα εχουμε $f = 7.5 + 4.5 = 12 = 12$ του frontier

Fringe: [$((0, 7), 12, \Pi)$ | $((4, 4), 12, \Delta)$ | $((5, 5), 12, K)$ | $((5, 7), 12, K)$ |
 $((3, 6), 12.5, \Delta)$ | $((5, 3), 13, K)$ | $((3, 7), 13, K)$ | $((4, 8), 13, \Delta)$]

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

- Αφαιρειται ο $(0, 7)$ (που ειναι η Πανω ενεργεια του ρομποτ απο τον κομβο $(1, 7)$) και εισαγονται οι γειτονες του $((0, 8), 13, \Delta)$, δεν εισαγουμε παλι στο frontier το $(0, 6)$ διοτι για να πάμε 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: [$((4, 4), 12, \Delta)$ | $((5, 5), 12, K)$ | $((5, 7), 12, K)$ | $((3, 6), 12.5, \Delta)$ |
 $((5, 3), 13, K)$ | $((3, 7), 13, K)$ | $((4, 8), 13, \Delta)$ | $((0, 8), 13, \Delta)$]

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

- 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 πάμε από το $(4, 4)$ σε αυτό όταν εχουμε κοστος $f = 9 + 3.5 = 12.5 > 11.5$ που ηταν το κοστος f του $(4, 5)$

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

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 ανταλασουμε το $(5, 4)$ που βρισκεται στο frontier διοτι για να πάμε από το $(5, 5)$ σε αυτό όταν εχουμε κοστος $f = 11 + 3.5 = 14.5 > 13.5$ που ειναι το κοστος f του $(5, 4)$ στο frontier

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

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 $((6, 7), 12.5, K), ((5, 8), 13.5, \Delta)$

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

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

- 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 πάμε σε αυτα μεσω του $(3, 6)$ όταν εχουμε μεγαλυτερο f απο αυτο που ειχαν, δηλαδη για το $(4, 6)$ όταν εχουμε $f = 10 + 3 = 13 > 11.5$ που ηταν το κοστος f του $(4, 6)$, ομοιως και για το $(2, 6)$ όταν εχουμε $f = 9.5 + 4 = 13.5 > 11$. Επισης δεν ανταλασουμε το $(3, 7)$

που υπαρχει στο frontier διοτι εχουμε μεγαλυτερο f για να φτασουμε σε αυτο πηγενοντας μεσω 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: $[S, (1, 0), (0, 1), (2, 0), (0, 2), (3, 0), (0, 3), (4, 0), (3, 1), (1, 3), (1, 4), (1, 5), (2, 1), (4, 1), (3, 2), (2, 3), (2, 5), (1, 6), (3, 3), (3, 5), (2, 6), (1, 7), (4, 3), (4, 5), (2, 7), (4, 6), (4, 7), (2, 2), (0, 6), (0, 7), (4, 4), (5, 5), (5, 7), (3, 6)]$

• Αφαιρειται ο $(6, 5)$ (που ειναι 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: $[S, (1, 0), (0, 1), (2, 0), (0, 2), (3, 0), (0, 3), (4, 0), (3, 1), (1, 3), (1, 4), (1, 5), (2, 1), (4, 1), (3, 2), (2, 3), (2, 5), (1, 6), (3, 3), (3, 5), (2, 6), (1, 7), (4, 3), (4, 5), (2, 7), (4, 6), (4, 7), (2, 2), (0, 6), (0, 7), (4, 4), (5, 5), (5, 7), (3, 6), (6, 5)]$

• Αφαιρειται ο $(6, 7)$ (που ειναι 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 ανταλασουμε με αυτο του frontier διοτι εχουμε μεγαλυτερο f cost μεσω 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: $[S, (1, 0), (0, 1), (2, 0), (0, 2), (3, 0), (0, 3), (4, 0), (3, 1), (1, 3), (1, 4), (1, 5), (2, 1), (4, 1), (3, 2), (2, 3), (2, 5), (1, 6), (3, 3), (3, 5), (2, 6), (1, 7), (4, 3), (4, 5), (2, 7), (4, 6), (4, 7), (2, 2), (0, 6), (0, 7), (4, 4), (5, 5), (5, 7), (3, 6), (6, 5), (6, 7)]$

• Αφαιρειται ο $(7, 7)$ (που ειναι 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 ειναι η Κατω 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 ειναι η Κατω 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 ειναι 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 κομβο $(7, 6)$ που βρισκεται μεσα στο frontier καθως 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: $[S, (1, 0), (0, 1), (2, 0), (0, 2), (3, 0), (0, 3), (4, 0), (3, 1), (1, 3), (1, 4), (1, 5), (2, 1), (4, 1), (3, 2), (2, 3), (2, 5), (1, 6), (3, 3), (3, 5), (2, 6), (1, 7), (4, 3), (4, 5), (2, 7), (4, 6), (4, 7), (2, 2), (0, 6), (0, 7), (4, 4), (5, 5), (5, 7), (3, 6), (6, 5), (6, 7), (7, 7), (5, 3), (3, 7), (4, 8), (0, 8), (6, 6)]$

$(6, 6), (8, 7)$

- Αφαιρείται ο $(7, 6)$ (που είναι η Κατώ ενεργεια του ρομποτ από τον κομβό $(6, 6)$) 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: [$((5, 4), 13.5, K)$ | $((5, 8), 13.5, \Delta)$ | $((6, 3), 13.5, K)$ | $((9, 7), 13.5, K)$ |
 $((8, 6), 13.5, K)$ | $((6, 4), 14, A)$ | $((7, 8), 14, \Delta)$ | $((0, 9), 14, \Delta)$ | $((5, 2), 14.5, A)$ |
 $((3, 8), 14.5, \Delta)$]

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

- Αφαιρείται ο $(5, 4)$ (που είναι η Κατώ ενεργεια του ρομποτ από τον κομβό $(4, 4)$) , δεν εισαγουμε καποιον γειτονα γιατι για να παμε από 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: [$((5, 8), 13.5, \Delta)$ | $((6, 3), 13.5, K)$ | $((9, 7), 13.5, K)$ | $((8, 6), 13.5, K)$ |
 $((6, 4), 14, A)$ | $((7, 8), 14, \Delta)$ | $((0, 9), 14, \Delta)$ | $((5, 2), 14.5, A)$ | $((3, 8), 14.5, \Delta)$]

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

- Αφαιρείται ο $(5, 8)$ (που είναι η Δεξια ενεργεια του ρομποτ από τον κομβό $(5, 7)$) και εισαγονται οι γειτονες του $((5, 9), 15, \Delta)$, δεν ξαναεισαγουμε το $(4, 8), (5, 7)$ διοτι για να παμε από 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 ειναι η Κατω ενεργεια του ρομποτ απο τον κομβο (5, 3)) και εισαγονται οι γειτονες του ((6, 2), 15,A), ((7, 3), 14,K) , δεν κανουμε update το (6, 4) μεσα στο fringe , διοτι κανοντας το visti μεσω του (6, 3) εχουμε $f = 11 + 3 = 14$

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 ειναι η Κατω ενεργεια του ρομποτ απο τον κομβο (8, 7)) , ειναι το **GOAL STATE** , (Θεωρω οτι δεν γινεται expanded) και ο αλγοριθμος τερματιζει!

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 ότι 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 ίσο του 0 . Το αποτελεσμα της ευρετικης συναρτησης θα ειναι σιγουρα μικροτερο ή ίσο με το πραγματικο κοστος καθως η ευκλειδια αποσταση ειναι το μηκος της ευθειας που εννωνει 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 ίσο 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 $0 \leq h(x, y) \leq \text{true cost}$

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

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

ή ίσο του μηδενος , αφου ειναι η μεγιστη τιμη δυο απολυτων τιμων. Επισης το αποτελεσμα της 0 οταν ειμαστε στην κατασταση στοχου καθως όταν ειναι η μεγιστη τιμη του 0,0 . Τελος το αποτελεσμα της ειναι σιγουρα μικροτερο του πραγματικου κοστους καθως ειναι η μεγιστη τιμη του μηκους ή του πλατους για να παρε απο το σημειο (x,y) στο goal , οι οποιες τιμες δεν λαμβανουν υποψη τους το κοστος των εμποδιων που υπαρχουν κατα μηκος της αποστασης που διανυουν.

Πρόβλημα 4:

Σε καθε περιπτωση θεωρουμαι τον αλγοριθμο αμφιδρομης αναζητησης και τα evaluation functions που εχουν παρασουαστει στο φροντηστηριο.

a) BFS-DLS

Ο BFS με βαση τις διαφανειες εχει συναρτηση αποτιμησης για καθε κομβο την θετικη τιμη του βαθους στο οποιο βρισκεται , ενω ο DLS(που πρακτικα ειναι DFS απλος με ενα οριο βαθους)εχει την αρνιτικη τιμη του βαθους. Ετσι οπως ειναι δισμενος ο αλγοριθμος η αναζητηση όταν ξεκινησει πρωτα απο το Goal προς το Start κανοντας DLS. Αυτο σημαινει οτι σε καθε βημα οι κομβοι που θα επεκτινει ο DLS θα εχουν αρνητικη τιμη $f(n)$ και ο αλγοριθμος θα επιλεγει να επεκτεινει αυτους αντι του start state του BFS που θα εχει τιμη 0(γιατι βρισκεται στο βαθος 0).Εαν το οριο βαθους που εχει θεσει ο DLS αρκει για να φτασει στο Goal τοτε θα βρεθει λυση κανοντας μονο DLS και ο αλγοριθμος θα ειναι πληρης.Εαν το οριο βαθους δεν αρκει τοτε σε αυτο το βαθος θα σταματισει η εκτελεση του DLS , ολοι οι κομβοι που θα εχει επεκτεινει θα εχουν βγει απο το αντοιστιχο frontier και ο αλγοριθμος θα συνεχισει κανωντας μονο BFS οπου και θα βρει την λυση(εαν ο παραγωντας διακλωδοσης ειναι πεπερασμενος) οταν συνιδιτοποιησει οτι ο κομβος τον οποιο επεκτινει υπαρχει στο reached set του DLS. Αρα και στις 2 περιπτωσεις ο αλγοριθμος ειναι πληρης. Φυσικα εαν ο χωρος καταστασεων ειναι απειρος τοτε και στις 2 περιπτωσεις ο αλγοριθμος δεν ειναι πληρης.

Ο αλγορίθμος δεν ειναι σιγουρο ότι θα βρει την βελτιση λυση και στις 2 περιπτωσεις καθως στην πρωτη που θα τρεξει μονο ο DLS (γιατι το οριο βαθους θα ειναι μεγαλυτερο ή ίσο απο το βαθος της λυσης), δεν ειναι βελτιστος αλγορίθμος. Το ιδιο ισχυει και για την δευτερη περιπτωση οπου ο DLS θα επεκτινει ενα συγκεκριμενο αριθμο κομβων , χωρις ομως να βρει την λυση , περιμενωντας μετα απο τον BFS για να βρει ενα path προς καποιον κομβο που εχει επεκτινει ο DLS, το οποιο ομως δεν ειναι σιγουρο ότι θα ειναι το βελτιστο καθως μπορει να υπαρξει καποιο αλλο με λιγοτερο κοστος.

Για να ελεγξουμε αποδοτικα εαν οι δυο αναζητησεις συναντιουνται , θα εχουμε δυο set ενα για την εκτελεση απο την αρχη προς το τελος και ενα απο το τελος προς την αρχη και καθε κομβο που επεκτινουμε θα βαζουμε τα παιδια του στο set του αλγορίθμου που τρεχει, αρα αρκει να ελεγχουμε εαν ο κομβος που επεκτεινει στην τρεχουσα επαναληψη ο DLS ή ο BFS βρισκεται στο reached set του αλλου ,αυτος ο ελεγχος θα γινεται σε O(1) χρονο γιατι η δομη που χρησιμοποιουμε ειναι set.

b) IDS-DLS

Στην περιπτωση του IDS-DLS παλι θα ξεκινησουμε κανοντας DLS(γιατι δεν ικανοποιειται η συνθηκη if που ελεγχει εαν το πρωτο στοιχειο απο το frontier1 ειναι μικροτερο απο αυτο του frontier2) μεχρι να βρουμε το start node απο το οποιο θα ξεκινουσε ο IDS. Αρα εαν το οριο βαθους που εχει θεσει ο DLS ειναι αρκετο ετσι ωστε να φτασουμε στο goal τοτε ο αλγορίθμος θα ειναι πληρης , βρισκοντας μονοπατι . Εαν το οριο βαθους δεν αρκει τοτε το frontier2 θα ειναι αδειο και θα εξαγωνται κομβοι μονο απο το frontier1 μεχρι ο αλγοριθμος IDS να συναντισει καποιον expanded απο τον DLS. Και σε αυτην την περιπτωση ο αλγορίθμος θα βρει λυση αρα ειναι πληρης. Υποθετουμε φυσικα ότι ο χωρος καταστασεων δεν ειναι απειρος , αλλιως δεν θα βρισκαμαι λυση σε καμια απο τις δυο περιπτωσεις. Επισης υποθετουμε ότι ο παραγωντας διακλαδωσης ειναι πεπερασμενος αλλιως ο IDS δεν θα βρει λυση στην δευτερη περιπτωση.

Ο αλγορίθμος δεν ειναι σιγουρο ότι θα βρει την βελτιση λυση και στις 2 περιπτωσεις καθως στην πρωτη που θα τρεξει μονο ο DLS (γιατι το οριο βαθους που θα εχουμε επιλεξει θα

ειναι μεγαλυτερο ή ίσο απο το βαθος της λυσης) , δεν ειναι βελτιστος αλγοριθμος. Το ιδιο ισχυει και για την δευτερη περιπτωση οπου ο DLS θα επεκτινει ενα συγκεκριμενο αριθμο κομβων , χωρις ομως να βρει την λυση , περιμενωντας μετα απο τον IDS για να βρει ενα path προς καποιον κομβο που εχει επεκτινει ο DLS, το οποιο ομως δεν ειναι σιγουρο οτι θα ειναι το βελτιστο καθως και ο IDS κανει DFS αλλα καθε φορα πηγενει ενα βαθος παραπερα ξεκινωντας καθε φορα απο την αρχη , αρα δεν ειναι σιγουρο οτι στο σημειο που θα συναντιθουν οι δυο αλγοριθμοι οτι αυτο θα αντιστιχει στο βελτιστο μονοπατι.

Για να ελεγξουμε αποδοτικα εαν οι δυο αναζητησεις συναντιουνται , θα εχουμε δυο set ενα για την εκτελεση απο την αρχη προς το τελος και ενα απο το τελος προς την αρχη και καθε κομβο που επεκτινουμε θα βαζουμε τα παιδια του στο set του αλγοριθμο που τρεχει, αρα αρκει να ελεγχουμε εαν ο κομβος που επεκτεινει στην τρεχουσα επαναληψη ο DLS ή ο IDS βρισκεται στο reached set του αλλου ,αυτος ο ελεγχος θα γινεται σε O(1) χρονο γιατι η δομη που χρησιμοποιουμε ειναι set.

c) A*-DLS

Στην περιπτωση του A*-DLS παλι θα ξεκινησουμε κανοντας DLS και θα συνεχισουμε μεχρι να βρουμε την κατασταση στοχου ή μεχρι να φτασουμε στο οριο βαθους χωρις να βρουμε το goal node με αποτελεσμα στην συνεχεια να τρεξει ο A*. Στην πρωτη περιπτωση ο αλγοριθμος θα ειναι πληρης καθως εαν ο χωρος καταστασεων δεν ειναι απειρος ο DLS θα φτασει στην κατασταση στοχου του , χωρις ομως να μας εγκυαται οτι η λυση που θα βρει θα ειναι η βελτιστη. Στην δευτερη περιπτωση ,δηλαδη σε αυτην που ο DLS θα φτασει μεχρι το οριο βαθους και θα σταματησει ,τοτε θα ξεκινησει να εκτελειται ο A* μεχρι να βρεθει καποιο node που να ειναι στο reached set του DLS. Στην περιπτωση αυτη ο αλγοριθμος θα ειναι πληρης αλλα οχι βελτιστος , διοτι ο DLS θα εχει ηδη επεκτινει εναν αριθμο κομβων και ο A* με το που πεσει σε εναν απο αυτους θα σταματησει αγνωωντας την υπαρξει αλλων πιο βελτιστων μονοπατιων.Παλι υποθετουμε οτι για να ειναι πληρης δεν εχουμε απειρο χωρο καταστασεων.

Οπως και στις προηγουμενες περιπτωσεις αλγοριθμων για να ελεγξουμε αποδοτικα εαν

οι δύο αναζητησεις συναντιουνται , θα εχουμε δύο set ενα για την εκτελεση απο την αρχη προς το τέλος και ενα απο το τέλος προς την αρχη και καθε κομβο που επεκτινουμε θα βαζουμε τα παιδια του στο set του αλγορίθμου που τρεχει , αρα αρκει να ελεγχουμε εαν ο κομβος που επεκτεινει στην τρεχουσα επαναληψη ο DLS ή ο A* βρισκεται στο reached set του αλλου , αυτος ο ελεγχος θα γινεται σε O(1) χρονο γιατι η δομη μας ειναι set.

d) A*-A*

Στην περιπτωση που κανουμε A* και απο τις δύο μεριες , και ο χωρος καταστασεων δεν ειναι απειρος , ο αλγορίθμος αμφιδρομης αναζητησης θα ειναι και πληρης αλλα και βελτιστος. Θα ειναι πληρης με την προυποθεση ότι εχουμε επιλεξει μια παραδεκτη ευρετικη συναρτηση. Ετσι οι δύο αλγορίθμοι θα συναντηθουν σιγουρα σε καποιον κομβο και το μονοπατι που θα σχηματιστει θα αποτελει και την βελτιστη λυση καθως τρεχουμαι A* που ειναι ενας βελτιστος αλγορίθμος και απο τις 2 μεριες , αρα ειναι σιγουρο ότι οι κομβοι που θα επεκτινονται σε καθε βημα και απο τις δύο μεριες θα μας φερνουν ολο και πιο κοντα στην βελτιστη λυση.

Οπως και στις προηγουμενες περιπτωσεις αλγοριθμων για να ελεγξουμε αποδοτικα εαν οι δύο αναζητησεις συναντιουνται , θα εχουμε δύο set ενα για την εκτελεση απο την αρχη προς το τέλος και ενα απο το τέλος προς την αρχη και καθε κομβο που επεκτινουμε θα βαζουμε τα παιδια του στο set του αλγορίθμου που τρεχει , αρα αρκει να ελεγχουμε εαν ο κομβος που επεκτεινει στην τρεχουσα επαναληψη ο A* απο την αρχη προς το τέλος ή ο A* απο το τέλος προς την αρχη βρισκεται στο reached set του αλλου , αυτος ο ελεγχος θα γινεται σε O(1) χρονο γιατι η δομη μας ειναι set.