Πανεπιστήμιο Πατρών

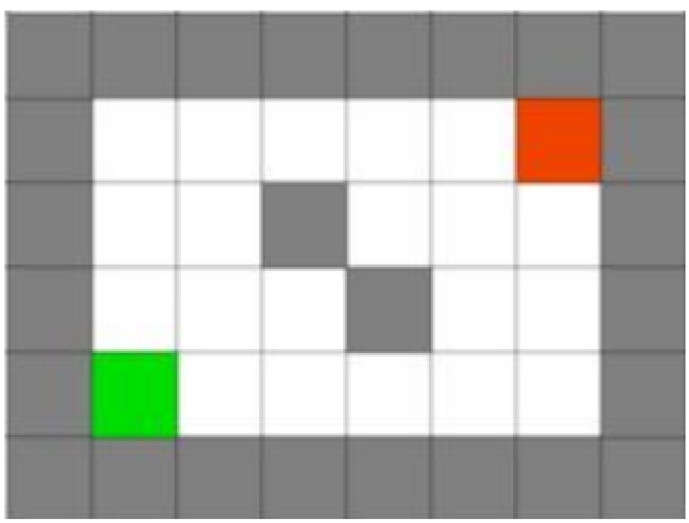
Τμήμα Μηχανικών Η/Υ και Πληροφορικής

Εισαγωγή στις ευρετικές μεθόδους

Project Μέρος 2ο

Όνομα:	ΑΜ:
Σπύρος Καφτάνης	23 5542

June 15, 2015

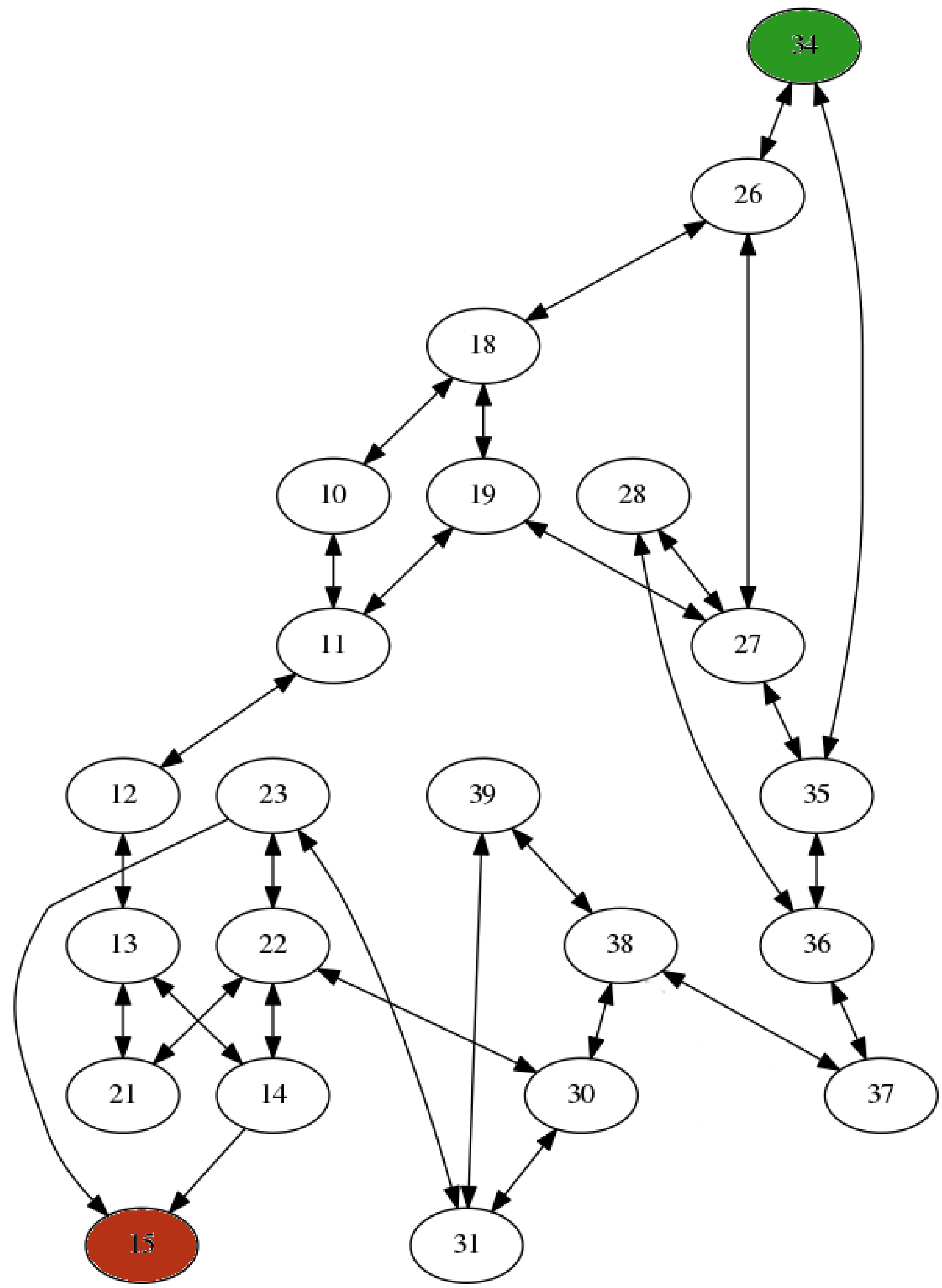


Εξάμηνο: 6ο

A.

Εικόνα 1: Ο αριθμημένος χάρτης από το πρώτο μέρος.

Με το εργαλείο graphviz σχεδιάστηκε το δέντρο αναζήτησης το οποίο βλέπετε στην εικόνα 2. Το δέντρο αυτό, με βάση τους αριθμούς που έχουν δοθεί νωρίτερα (εικόνα 1) αναπαριστά γραφικά το σύνολο το προσβάσιμων καταστάσεων ξεκινώντας από τη θέση 34 (root). Στο δέντρο αυτό μπορούμε να μετακινηθούμε και "προς τα πίσω", μιας και δεν υπάρχει κάποιος περιορισμός στο αρχικό πρόβλημα, μιας και είναι προφανές ότι κάτι τέτοιο δε θα μας έδινε βέλτιστο αλγόριθμο. Οπότε, καθώς εξετάζουμε λύσεις του προβλήματος δεν θα λαμβάνουμε υπ' όψιν μας τις επαναλήψεις κόμβων, παρ' ότι αυτές φαίνονται στο δέντρο.



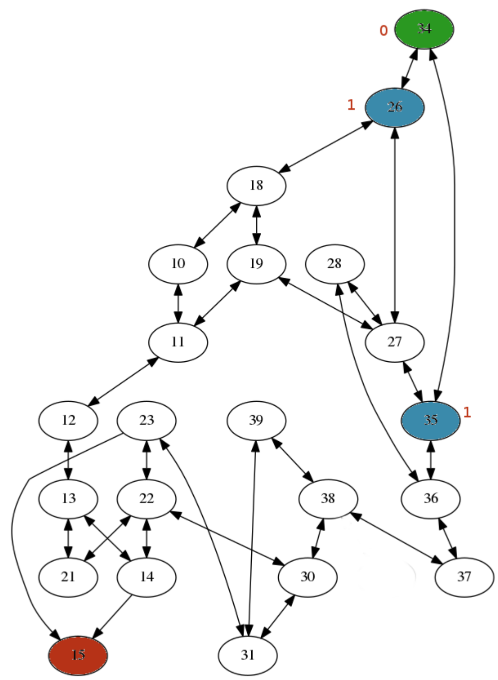
Εικόνα 2: Το δέντρο αναζήτησης.

B.

Η αναζήτηση **"πρώτα κατά πλάτος"** (breadth-first-search) πρόκειται για έναν αλγόριθμο αναζήτησης στον οποίο εξερευνούμε από τον αρχικό κόμβο προς όλες τις διευθύνσεις, προσθέτοντας κάθε φορά κόμβους κατά "επίπεδα". Έτσι, ξεκινάμε από τον κόμβο s και περιλαμβάνουμε όλους τους κόμβους που συνδέονται με τον s μέσω ακμής. Μετά περιλαμβάνουμε όλους τους επιπρόσθετους κόμβους που συνδέονται μέσω ακμής με οποιοδήποτε κόμβο του πρώτου επιπέδου κτλ.

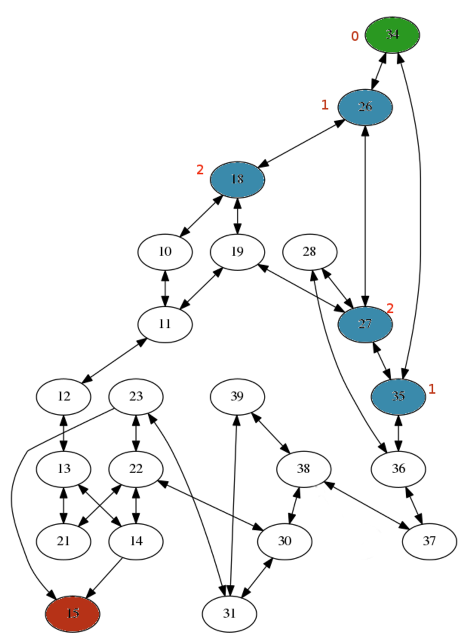
Η απλή έκδοση του BFS απλώς "ανακαλύπτει" κόμβους. Στο συγκεκριμένο πρόβλημα όμως, πρέπει να τον χρησιμοποιήσουμε για να βρούμε τη βέλτιστη διαδρομή. Αυτό επιτυγχάνει αν σε κάθε κόμβο που ανακαλύπτουμε δίνουμε έναν αριθμό που προκύπτει από τον αριθμό του κόμβου ο οποίος τον ανακάλυψε πρώτος συν 1, με τον αριθμό του κόμβου s να είναι 0. Έτσι, όταν ανακαλυφθούν όλοι οι κόμβοι, ξεκινώντας από τον κόμβο προορισμό, μπορούμε να φτάσουμε στον s ακολουθώντας τους κόμβους στους οποίους μειώνεται κατά ένα κάθε φορά ο αριθμός.

Για την υλοποίηση του BFS χρησιμοποιούμε μια δομή ουράς. Στην ουρά αυτή αρχικά μπαίνει ο κόμβος s. Αφού θεωρούμε ότι ήδη ανακαλύψαμε αυτόν τον κόμβο, φεύγει, και τη θέση του παίρνουν οι κόμβοι στους οποίους συνδέεται με ακμή. Έπειτα ξεκινώντας από τον κόμβο που μπήκε πρώτος στην ουρά ακολουθούμε την ίδια διαδικασία για τους κόμβους με τους οποίους αυτός συνδέεται κτλ. Η επιλογή για το ποιος κόμβος θα μπει πρώτος στην ουρά γίνεται με κάποιο τυχαίο κριτήριο. Στο συγκεκριμένο ζήτημα, πρώτος στην ουρά θα μπαίνει ο κόμβος με τον μικρότερο αριθμό έτσι όπως αυτή έχουν οριστεί στο δέντρο αναζήτησης (εικόνα 2).
Αρχικά, δίνουμε τον αριθμό 0 στον κόμβο 34, από τον οποίο ξεκινά η πορεία και ανακαλύπτουμε τους κόμβους με τους οποίους συνδέεται μέσω ακμών, δηλαδή του 26 και 35. Αυτοί παίρνουν τη τιμή 1 και μπαίνουν στην ουρά.



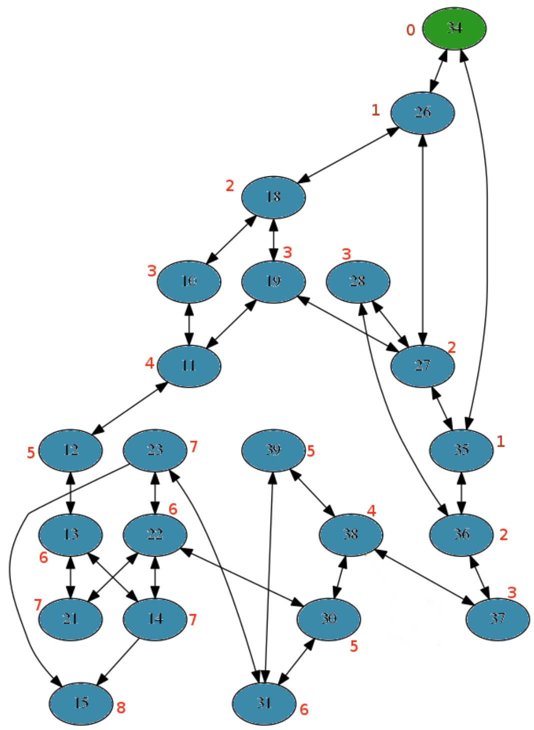
Εικόνα 3: BFS, βήμα 1 [ΟΥΡΑ] [26, 35]

Στο επόμενο βήμα κοιτάμε το πρώτο στοιχείο της ουράς, το 26 και κάνουμε το ίδιο για τις ακμές του. Έπειτα το ίδιο και για το 35 και τα αφαιρούμε από την ουρά βάζοντας στη θέση τους τους νέους κόμβους.



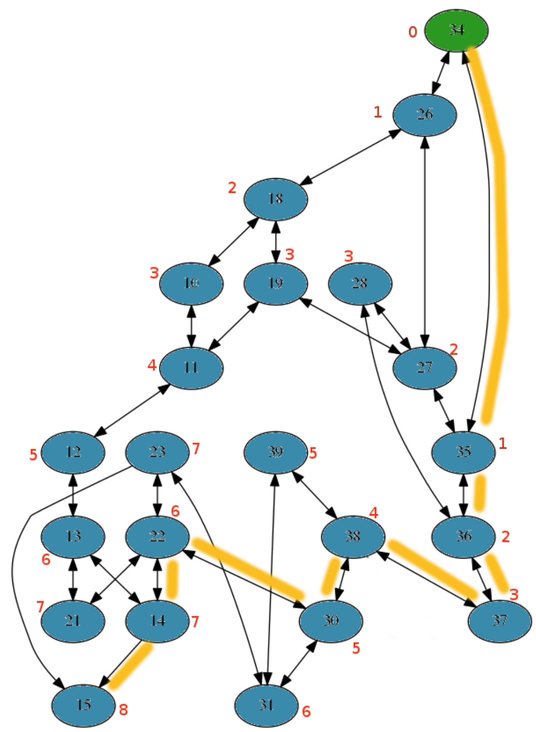
Εικόνα 4: BNF, βήμα 2 [ΟΥΡΑ] [18, 27, 36]

Με τον ίδιο τρόπο συνεχίζεται αυτή η διαδικασία μέχρις ότου να ανακαλυφθούν όλοι οι κόμβοι (εικόνα 5).



Εικόνα 4: BNF, όλοι οι κόμβοι έχουν ανακαλυφθεί.

Έτσι τώρα μπορούμε να χαράξουμε τη βέλτιστη πορεία περνώντας μόνο από κόμβους που διαφέρουν κατά ένα με τον προηγούμενό τους. Μια τέτοια διαδρομή φαίνεται στη παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 5: Μία βέλτιστη διαδρομή.

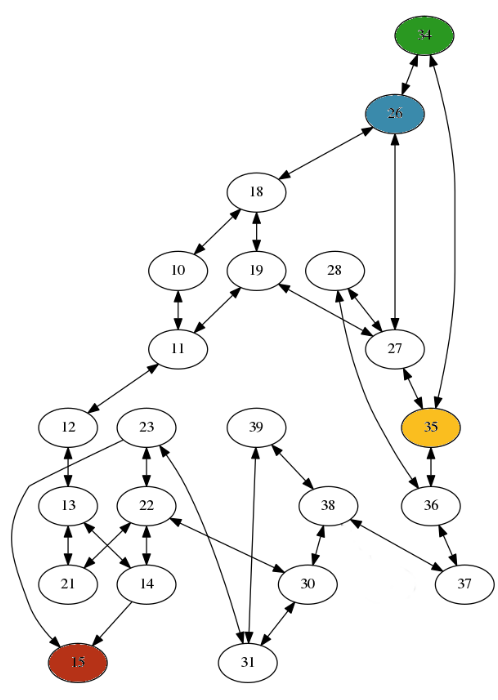
Όπως φαίνεται υπάρχουν και άλλες βέλτιστες διαδρομές, όπως η 34,26,18,10,11,12,13,14,15, η 34,26,27,19,11,12,13,14,15 και η 34,26,18,19,11,12,13,14,15. Ο αλγόριθμος αυτός μπορεί να τις ανακαλύψει όλες.

Γ.

Η αναζήτηση **πρώτα κατά βάθος** "Depth First Search", ακολουθεί μια αντίθετη λογική από την αναζήτηση πρώτα κατά πλάτος. Αντί να ανακαλύπτει τους κόμβους ανά επίπεδο(πλάτος), ανακαλύπτει κάθε κλάδο έως το τέρμα(βάθος). Έτσι, ξεκινώντας από κάποιο κόμβο s, ανακαλύπτουμε έναν κόμβο από αυτούς που οδηγούν οι ακμές του. Αν οδηγούν σε πολλούς επιλέγουμε με κάποιο κριτήριο (εδώ θα επιλέξουμε τον κόμβο με τον μικρότερο αριθμό). Στη συνέχεια ανακαλύπτουμε τους δικούς του κόμβους κοκ. Όταν φτάσουμε σε αδιέξοδο επιστρέφουμε πίσω, στο σημείο της διακλάδωσης και ακολουθούμε την άλλη πορεία μέχρι στο τέλος να ανακαλυφθούν όλοι οι κόμβοι.

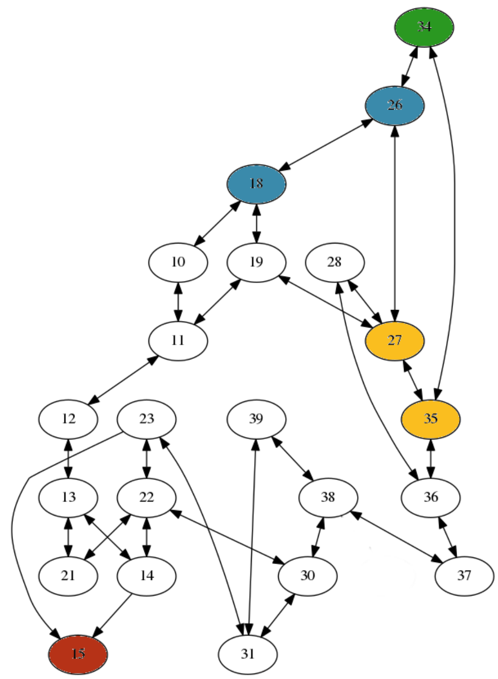
Για να βρούμε τη βέλτιστη διαδρομή από έναν κόμβο s μέχρι έναν κόμβο v με τη βοήθεια αυτού του αλγορίθμου, κάθε φορά που θα ανακαλύπτουμε τον κόμβο v θα σταματάμε να εμβαθύνουμε και θα αποθηκεύουμε το πλήθος των συνδέσεων που χρειάστηκαν για να φτάσουμε εκεί (κόμβοι που ανακαλύφθηκαν μείον 1).

Για την υλοποίηση του DNF χρησιμοποιείται η δομή της στοίβας. Ο κόμβος που ανακαλύπτεται μπαίνει σε αυτή. Τη θέση του τη παίρνουν οι κόμβοι με τους οποίους ο αρχικός κόμβος συνδέεται κοκ. Στη παρακάτω εικόνα φαίνεται το πρώτο βήμα. Από τον κόμβο 34 υπάρχει ακμή για τον 26 και για τον 35. Επιλέγεται η 26 πρώτα, λόγω της προηγούμενης υπόθεσής μας.



Εικόνα 6: DFS, βήμα 1 [ΣΤΟΙΒΑ] [26 35]

Στο επόμενο βήμα το 26 φεύγει από τη στοίβα για να πάρει τη θέση του το 27 και το 18, τα οποία αντιπροσωπεύουν τους συνδεόμενους με ακμές κόμβους.



Εικόνα 7: DFS, βήμα 2 [ΣΤΟΙΒΑ] [18 27 35]

Θα αναλύσουμε τη συνέχεια της πορείας του αλγορίθμου με σύμβολα αντί για σχήματα. Αρχικά είχαμε την κορυφή 34 η οποία οδήγησε, όπως είδαμε, σε δύο πορείες την 34-26 και την 24-35. Συμβολίζουμε τη διαδικασία αυτή με τον παρακάτω τρόπο.

34

34|26   34|35

Έτσι μπορούμε να συνεχίσουμε ανακαλύπτοντας πρώτα τις κορυφές που συνδέονται με το 26 και έπειτα όλες τις υπόλοιπες.

34|26|18   34|26|27   34|25

34|26|18|10   34|26|18|19   34|26|27   34|25

34|26|18|10|11   34|26|18|19|11   34|26|27   34|25

34|26|18|10|11|12   34|26|18|19|11|12   34|26|27   34|25

34|26|18|10|11|12|13   34|26|18|19|11|12|13   34|26|27   34|25

34|26|18|10|11|12|13|14   34|26|18|10|11|12|13|14|21 34|26|18|19|11|12|13|14   34|26|27   34|25

34|26|18|10|11|12|13|14|15   34|26|18|10|11|12|13|14|22 **34|26|18|19|11|12|13|14|15**   34|26|27   34|25

34|26|18|10|11|12|13|14|15   **34|26|18|10|11|12|13|14|21|14|15**   **34|26|18|19|11|12|13|14|15**   34|26|27   34|25

Στο σημείο αυτό έχουμε βρει τρεις διαδρομές από τον κόμβο 34 στον κόμβο 15. Η μία διαδρομή αποτελείται από 10 κόμβους ενώ οι άλλες δύο από 8. Συνεχίζουμε την αναζήτηση στις διαδρομές 34|26|27 και 34|35.

34|26|27 34|35

34|26|27|35 34|26|27|28 34|26|27|19 34|35

34|26|27|35|36 34|26|27|28 34|26|27|19 34|35

34|26|27|35|36|37 34|26|27|28 34|26|27|19 34|35

34|26|27|35|36|37|38 34|26|27|28 34|26|27|19 34|35

34|26|27|35|36|37|38|30 34|26|27|35|36|37|38|39 34|26|27|28 34|26|27|19 34|35 (τα μπλε μπαίνουν με αποσιωπητικά)

34|26|27|35|36|37|38|30|31 34|26|27|35|36|37|38|30|22 ...

34|26|27|35|36|37|38|30|23 34|26|27|35|36|37|38|30|22 ...

34|26|27|35|36|37|38|30|23|22 34|26|27|35|36|37|38|30|22 ...

34|26|27|35|36|37|38|30|23|22|14 34|26|27|35|36|37|38|30|23|22|21 ...

34|26|27|35|36|37|38|30|23|22|14|15 34|26|27|35|36|37|38|30|23|22|21|22 ...

34|26|27|35|36|37|38|30|23|22|14|15 34|26|27|35|36|37|38|30|23|22|21|14 ...

34|26|27|35|36|37|38|30|23|22|14|15 **34|26|27|35|36|37|38|30|23|22|21|15** ...

Οι δύο διαδρομές που βρέθηκαν εδώ δεν είναι βέλτιστες καθώς είναι πιο αργές από τη μέχρι τώρα πιο γρήγορη διαδρομή μας. Η διαδικασία συνεχίζεται.

34|26|27|28 34|26|27|19 34|35

Για λόγους συντομίας δε θα κοιτάξουμε καν το πρώτο μονοπάτι μιας και όπως φαίνεται στο σχήμα κάνει κύκλο, οπότε συνεχίζουμε με τα άλλα 2.

34|26|27|19

34|26|27|19|11

34|26|27|19|11|12

34|26|27|19|11|12|13

34|26|27|19|11|12|13|21 34|26|27|19|11|12|13|14

34|26|27|19|11|12|13|21|22 **34|26|27|19|11|12|13|14|15**

34|26|27|19|11|12|13|21|22|14|15 **34|26|27|19|11|12|13|14|15**

Η δεύτερη διαδρομή στον παραπάνω υπολογισμό έχει 8 συνδέσεις, όσες και οι καλύτερη που έχουμε βρει μέχρι τώρα. Τέλος ακολουθούμε τη διαδρομή από το 34|35.

34|35

34|35|36

34|35|36|37|38

34|35|36|37|38|30 34|35|36|37|38|39

34|35|36|37|38|30|22 34|35|36|37|38|30|31 34|35|36|37|38|39

34|35|36|37|38|30|22|14 34|35|36|37|38|30|31 34|35|36|37|38|39

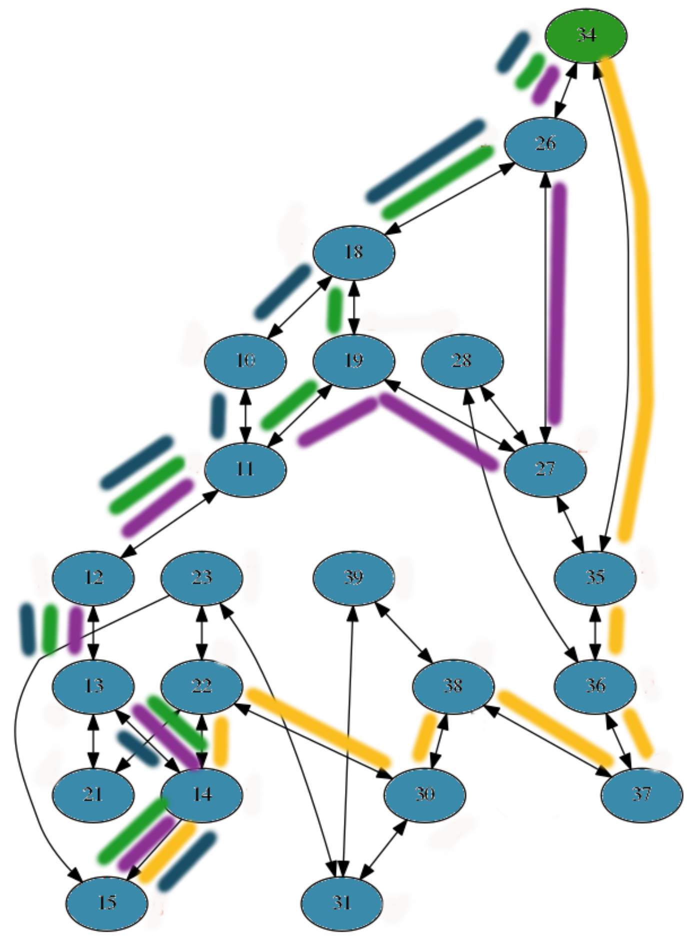
34|35|36|37|38|30|22|14|15 34|35|36|37|38|30|31 34|35|36|37|38|39

34|35|36|37|38|30|22|14|15 34|35|36|37|38|30|31|23|22 34|35|36|37|38|39|31|23

...

Εδώ βρέθηκε άλλη μια διαδρομή με 8 συνδέσεις. Οι άλλες 2 είχαν περισσότερες και γι αυτό σταματήσαμε νωρίτερα τη διαδικασία. Συνεπώς οι βέλτιστες διαδρομές τις οποίες παρήγαγε ο αλγόριθμος είναι οι:

34|35|36|37|38|30|22|14|15
34|26|27|19|11|12|13|14|15
34|26|18|19|11|12|13|14|15
34|26|18|10|11|12|13|14|15



Εικόνα 8: Όλες οι βέλτιστες διαδρομές.

Στο παραπάνω σχήμα φαίνονται όλες οι βέλτιστες διαδρομές με διαφορετικό χρωματισμό. Ο αλγόριθμος αυτός τις ανακαλύπτει όλες.

Δ.

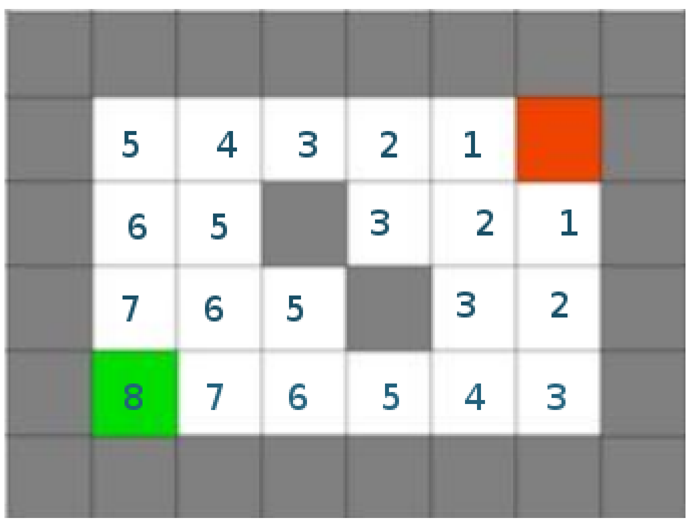
Οι δύο αλγόριθμοι αυτοί (BND και DNF) παρήγαγαν **ακριβώς τις ίδιες βέλτιστες διαδρομές**, όπως είναι φανερό από τη παραπάνω ανάλυση.

Ε.

Ο αλγόριθμος πρώτα στο καλύτερο (best first first), έχει στενή σχέση με τη ποιότητα του ευρετικού αλγορίθμου που θα χρησιμοποιηθεί. Ο ευρετικός αυτός αλγόριθμος, παρέχει μία αξία σε κάθε κόμβο, η οποία κρίνει τον κόμβο υποσχόμενο ή λιγότερα υποσχόμενο να οδηγεί στη βέλτιστη λύση. Εδώ, θα χρησιμοποιήσουμε σαν ευρετικό της απόσταση Manhattan και την ευκλείδεια απόσταση. Για τη συνάρτηση αξιολόγησης χρειάζεται να λάβουμε υπ' όψιν πέρα από το αποτέλεσμα του ευρετικού h(q) και την αξία των αποφάσεων που έχουν ήδη ληφθεί c(q). Η αξία αυτή δεν έχει νόημα στο συγκεκριμένο πρόβλημα, μιας και κάθε μετακίνηση έχει το ίδιο κόστος, οπότε θα το θεωρήσουμε πάντα μηδενικό. Ο αλγόριθμος ξεκινώντας από την αφετηρία κοιτάει πιο από τα διαθέσιμα πεδία έχει τη μικρότερη ευρετική. Αυτό επαναλαμβάνεται σε κάθε βήμα μέχρι να φτάσει στο τέρμα.

α. Απόσταση Manhattan

Η απόσταση Manhattan δίνεται από τον τύπο: $|x_1-x_2|+|y_1+y_2|$. Πρακτικά είναι η κάθετη απόσταση μέχρι το στόχο. Στον συγκεκριμένο αλγόριθμο αγνοούνται τα εμπόδια. Στο παρακάτω σχήμα έχει υπολογιστεί η τιμή αξιολόγησης για κάθε στοιχείο της διαδρομής.



Εικόνα 9: Η απόσταση Manhattan για κάθε πεδίο.

Σύμφωνα με την υπόδειξη σε περίπτωση ισοβαθμίας επιλέγουμε τη κατάσταση με τη μικρότερη απόσταση από τη τελική κατάσταση ως προς τον άξονα y. Αυτό μας οδηγεί στην βέλτιστη διαδρομή της εικόνας 10. Όλες οι υπόλοιπες βέλτιστες διαδρομές μπορούν να βρεθούν εάν κάνουμε διαφορετική παραδοχή για τις ισοβαθμίες.

Εικόνα 10: Η βέλτιστη διαδρομή με βάση την απόσταση Manhattan.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται αναλυτικά η λειτουργία του αλγορίθμου. Οι κόμβοι συμβολίζονται με τους αριθμούς που έχουμε ορίσει στην Εικόνα 1 και την Εικόνα 2.

Μέτωπο αναζήτησης	**Κλειστό σύνολο**	**Τρέχουσα κατάσταση**	**Παιδιά**
34^{8}	-	34^{8}	$34 \mid 26^{7}, 34 \mid 35^{7}$
$34 \mid 26^{7}, 34 \mid 35^{7}$	34	$34 \mid 26^{7}$	$34 \mid 26 \mid 18^{6}, 34 \mid 26 \mid 27^{6}$
$34 \mid 26 \mid 18^{6}, 34 \mid 26 \mid 27^{6}, 34 \mid 26^{7}, 34 \mid 35^{7}$	34, 26	$34 \mid 26 \mid 18^{6}$	$34 \mid 26 \mid 18 \mid 10^{5}, 34 \mid 26 \mid 18 \mid 19^{5}$
$34 \mid 26 \mid 18 \mid 10^{5}, 34 \mid 26 \mid 18 \mid 19^{5}, 34 \mid 26 \mid 27^{6}, 34 \mid 26^{7}, 34 \mid 35^{7}$	34, 26, 18	$34 \mid 26 \mid 18 \mid 10^{5}$	$34 \mid 26 \mid 18 \mid 10 \mid 11^{4}$
$34 \mid 26 \mid 18 \mid 10 \mid 11^{4}, \ldots$	34, 26, 18, 10	$34 \mid 26 \mid 18 \mid 10 \mid 11^{4}$	$34 \mid 26 \mid 18 \mid 10 \mid 11 \mid 12^{3}$
$34 \mid 26 \mid 18 \mid 10 \mid 11 \mid 12^{3}, \ldots$	34,26,18,10,11	$34 \mid 26 \mid 18 \mid 10 \mid 11 \mid 12^{3}$	$34 \mid 26 \mid 18 \mid 10 \mid 11 \mid 12 \mid 13^{2}$
$34 \mid 26 \mid 18 \mid 10 \mid 11 \mid 12 \mid 13^{2}, \ldots$	34,26,18,10,11, 12	$34 \mid 26 \mid 18 \mid 10 \mid 11 \mid 12 \mid 13^{2}$	$34 \mid 26 \mid 18 \mid 10 \mid 11 \mid 12 \mid 13 \mid 14^{1}$
$34 \mid 26 \mid 18 \mid 10 \mid 11 \mid 12 \mid 13 \mid 14^{1}, \ldots$	34,26,18,10,11, 12, 13	$4 \mid 26 \mid 18 \mid 10 \mid 11 \mid 12 \mid 13 \mid 14^{1}$	$4 \mid 26 \mid 18 \mid 10 \mid 11 \mid 12 \mid 13 \mid 14 \mid 15^{0}$
$4 \mid 26 \mid 18 \mid 10 \mid 11 \mid 12 \mid 13 \mid 14 \mid 15^{0}, \ldots$	34,26,18,10,11, 12, 13, 15	$4 \mid 26 \mid 18 \mid 10 \mid 11 \mid 12 \mid 13 \mid 14 \mid 15^{0}$	Λύση!

Πίνακας 1: Λειτουργία Best-First search με την απόσταση Manhattan.

β. Ευκλείδεια Απόσταση

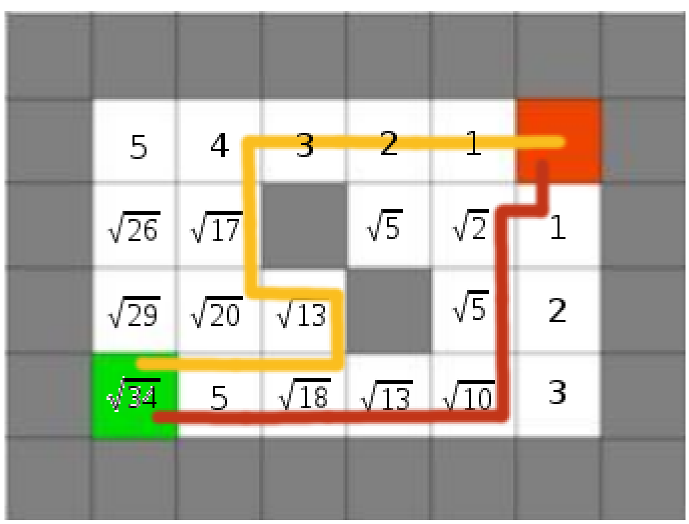
Η ευκλείδεια απόσταση, εδώ και μερικές χιλιάδες χρόνια, δίνεται από τον τύπο:

$$\sqrt[2]{(x1 - x2)^2 + (y1 - y2)^2}$$

Στην εικόνα 11 έχουν υπολογιστεί όλες οι αποστάσεις αυτές, έχοντας θεωρήσει ότι ο χάρτης βρίσκεται στο πρώτο τεταρτημόριο και πως το πεδίο της αφετηρίας βρίσκεται στη θέση (0,0).

Εικόνα 11: Η ευκλείδεια απόσταση σε κάθε πεδίο.

Ακολουθώντας τον αλγόριθμο, διαπιστώνουμε πως η ευρετική αυτή δεν είναι τόσο καλή. Αν ακολουθήσουμε τον κανόνα της ισοβαθμίας που αναφέρθηκε νωρίτερα ο αλγόριθμος δε βρίσκει καν βέλτιστη διαδρομή (κίτρινη γραμμή). Διαφορετικά βρίσκει (κόκκινη γραμμή) αν και είναι η μοναδική βέλτιστη διαδρομή που μπορεί να βρει. Τα δύο αυτά προβλήματα προκύπτουν επειδή δεν έχουμε επιτρέψει τη διαγώνια μετακίνηση, πράγμα που γίνεται κατά τον υπολογισμό της ευκλείδειας απόστασης. Συνεπώς η ευρετική: "απόσταση Manhattan" είναι καλύτερη για το συγκεκριμένο πρόβλημα ή θα έπρεπε να επιλέγουμε μικρότερη απόσταση από τη τελική κατάσταση ως προς τον άξονα x στις ισοβαθμίες (άξονας x θεωρείται ο οριζόντιος άξονας).



Εικόνα 12: Κίτρινο (η διαδρομή που βρίσκει ο αλγόριθμος με τη δοθέντα στρατηγική στις ισοβαθμίες. Κόκκινο (με την αντίθετη).

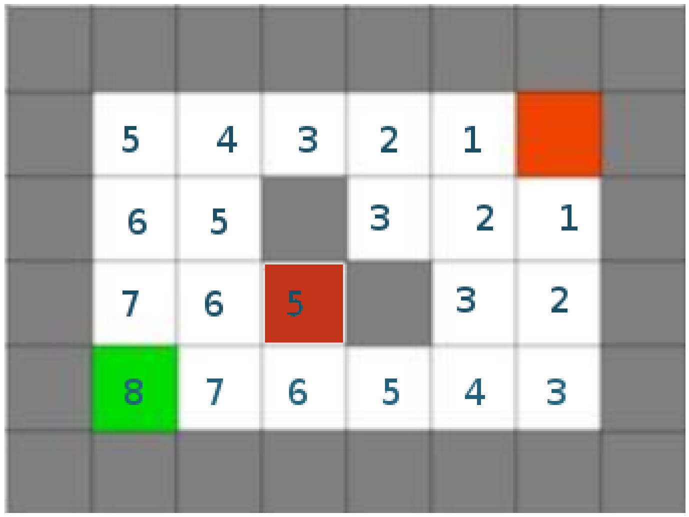
Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η λειτουργία του αλγορίθμου υποθέτοντας ότι στις ισοβαθμίες επιλέγουμε το πιο κοντά ως προς τον άξονα x (κόκκινη γραμμή). Όπου r(x) η τετραγωνική ρίζα του x.

Μέτωπο αναζήτησης	Κλειστό σύνολο	Τρέχουσα κατάσταση	Παιδιά
$\boxed{34^{\sqrt{34}}}$	-	$\boxed{34^{\sqrt{34}}}$	$34\|26^{r(29)}$,$34\|35^{5}$
$34\|26^{r(29)}$,$34\|35^{5}$	34	$34\|35^{5}$	$34\|35\|27^{r(20)}$,$34\|35\|36^{r(18)}$
$34\|35\|27^{r(20)}$,$34\|35\|36^{r(18)}$, ...	34,35	$34\|35\|36^{r(18)}$	$34\|35\|36\|37^{r(13)}$
$34\|35\|36\|37^{r(13)}$, ...	34,35,36	$34\|35\|36\|37^{r(13)}$	$34\|35\|36\|37\|38^{r(10)}$
$34\|35\|36\|37\|38^{r(10)}$, ...	34,35,36,37	$34\|35\|36\|37\|38^{r(10)}$	$34\|35\|36\|37\|38\|30^{r(5)}$
$34\|35\|36\|37\|38\|30^{r(5)}$, ...	34,35,36,37,38	$34\|35\|36\|37\|38\|30^{r(5)}$	$34\|35\|36\|37\|38\|30\|22^{r(2)}$
$34\|35\|36\|37\|38\|30\|22^{r(2)}$, ...	34,35,36,37,38, 30	$34\|35\|36\|37\|38\|30\|22^{r(2)}$	$34\|35\|36\|37\|38\|30\|22\|23^{1}$
$34\|35\|36\|37\|38\|30\|22\|23^{1}$, ...	34,35,36,37,38, 30, 22	$34\|35\|36\|37\|38\|30\|22\|23^{1}$	$34\|35\|36\|37\|38\|30\|22\|23\|15^{0}$
$34\|35\|36\|37\|38\|30\|22\|23\|15^{0}$	34,35,36,37,38, 30, 22,23	$34\|35\|36\|37\|38\|30\|22\|23\|15^{0}$	Λύση!

Πίνακας 1: Λειτουργία Best-First search με την ευκλείδεια απόσταση.

ΣΤ.
Ο αλγόριθμος Α* είναι μια βέλτιστη περίπτωση του αλγορίθμου πρώτα προς τα καλύτερο. Στον αλγόριθμο αυτό δεν επιτρέπουμε στη τιμή της ευρετικής που υπολογίζουμε να είναι μεγαλύτερο από το **πραγματικό κόστος**. Εφόσον λοιπόν το h αποδίδει μικρότερη τιμή στο υπόλοιπο κόστος της λύσης, είναι αδύνατο να χάσουμε τη βέλτιστη διαδρομή. Επιπλέον είναι απαραίτητο να υπολογίζουμε την αξία των αποφάσεων που έχουν ήδη ληφθεί, συνεπώς σε κάθε βήμα θα προσθέτουμε την αξία της ευρετικής σε όλα τα προηγούμενα βήματα.

α. Απόσταση Manhattan
Χρησιμοποιώντας σαν ευρετική την απόσταση Manhattan, βλέπουμε ότι ο κανόνας του Α* ικανοποιείται! Κανένα h(q) δε δίνει μεγαλύτερη απόσταση από τη πραγματική. Μάλιστα σχεδόν όλες οι τιμές δίνουν ακριβώς τη πραγματική απόσταση (λόγω της απαγόρευση της διαγώνιας κίνησης που ορίσαμε). Το μόνο πεδίο που δε δίνει την ακριβή απόσταση είναι αυτό που φαίνεται με κόκκινο στην εικόνα 13, λόγο του εμποδίου. Παρ' όλα αυτά δίνει μικρότερο κόστος από το πραγματικό, οπότε είναι έγκυρο για τον Α*.



Εικόνα 13: Μη ακριβής απόσταση. Συνεχίζουν να ισχύουν τα κριτήρια του Α*

Μιας και στο συγκεκριμένο πρόβλημα η πραγματική μετακίνηση από το κάθε πεδίο στο επόμενο κοστίζει το ίδιο, ο αλγόριθμος παράγει το ίδιο αποτέλεσμα με τον Best First First και η ανάλυση ισοδυναμεί με την ανάλυση του Πίνακα 1.

β. Ευκλείδεια απόσταση

Χρησιμοποιώντας την ευκλείδεια απόσταση ως ευρετική διαπιστώνουμε εύκολα ότι καμιά ευκλείδεια απόσταση δεν είναι μεγαλύτερη από τη πραγματική. Ενδεικτικά:

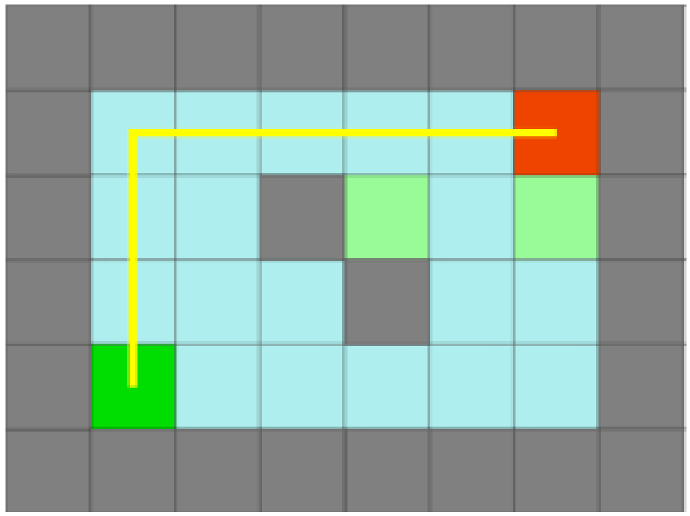
$$\sqrt{29} \leq 7$$

$$\sqrt{18} \leq 6$$

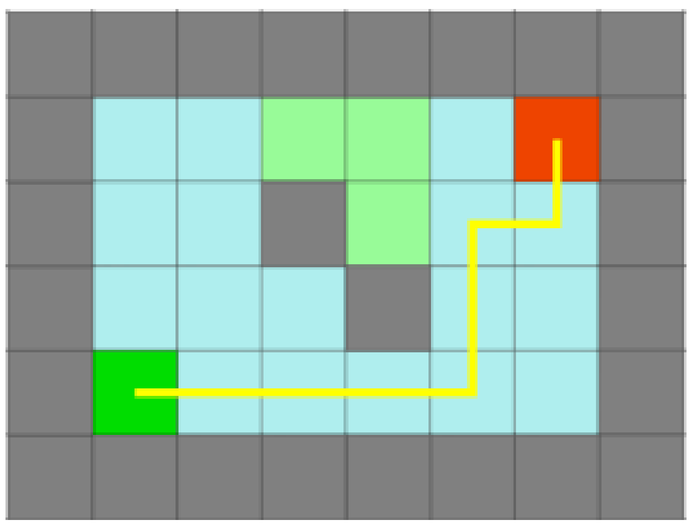
$$5 \leq 5$$

κτλ. Συνεπώς ο best fit first ταυτίζεται με τον Α* και σε αυτή τη περίπτωση.

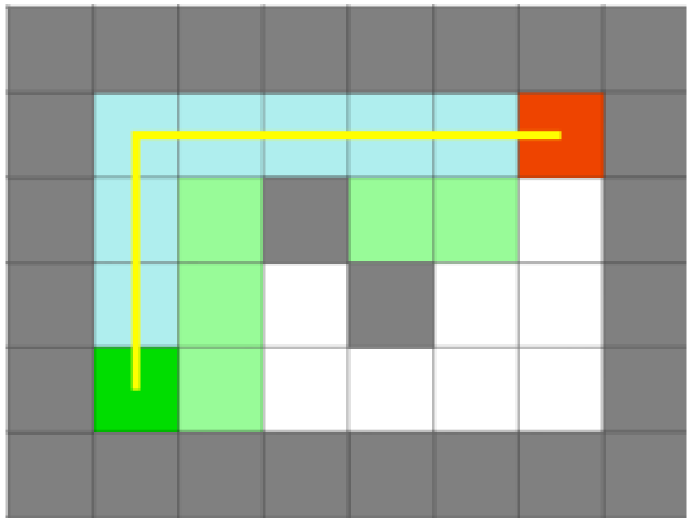
Ζ.
Ακολουθούν τα ζητούμενα screenshot.



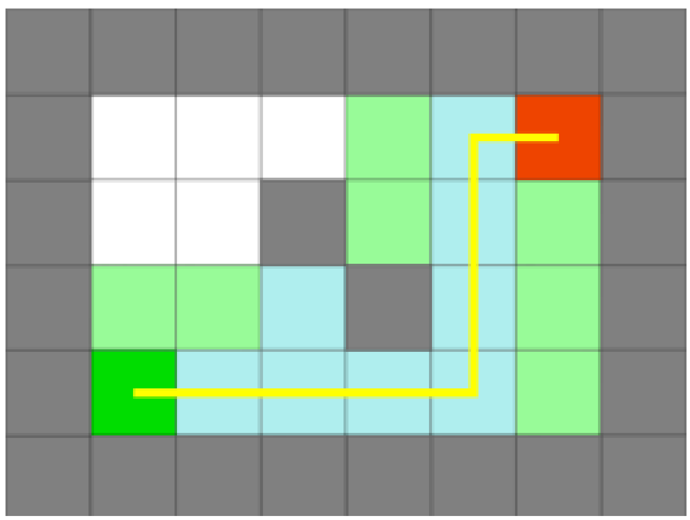
Εικόνα 14: Α* με ευρετική την απόσταση Manhattan



Εικόνα 15: Α* με ευρετική την ευκλείδεια



Εικόνα 16: Best first seach με ευρετική την απόσταση Manhattan



Εικόνα 17: Best first seach με ευρετική την ευκλείδεια απόσταση

Παρατηρούμε ότι οι λύσεις που προέκυψαν από το pathFinding.js ταυτίζονται με τις λύσεις της παραπάνω ανάλυσης. Επίσης παρατηρούμε ότι ενώ οι ευρετικοί αλγόριθμοι είναι (A* και best first seach) είναι πιο γρήγοροι, δε μπορούν να βρουν όλες τις βέλτιστες διαδρομές, σε αντίθεση με τους BFS και DFS, τους οποίους αναλύσαμε αρχικά.