



Πολυτεχνείο
Κρήτης

Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης

*Εισαγωγή στην Τεχνητή
Νοημοσύνη*

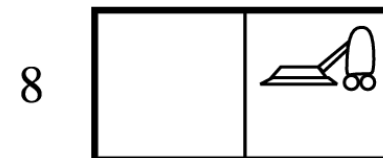
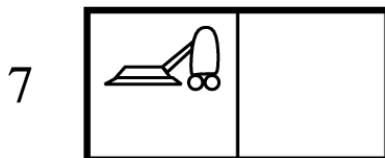
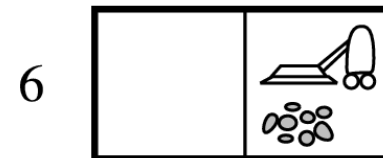
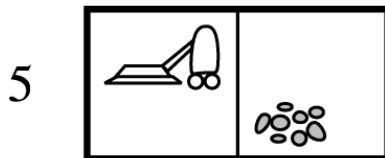
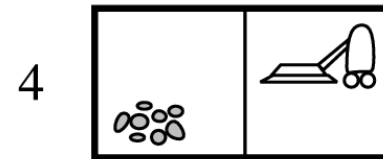
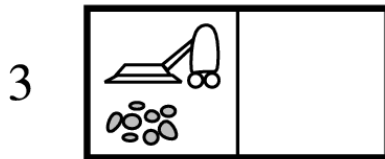
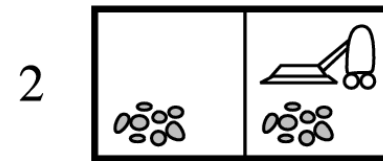
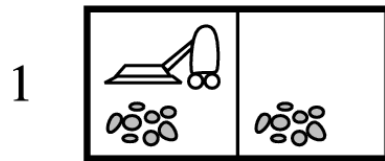
Αλγόριθμοι πληροφορημένης αναζήτησης

Τσαφράκης Στέλιος

Αναζήτηση με μερική πληροφόρηση

Προβλήματα χωρίς αισθητήρες (1/3)

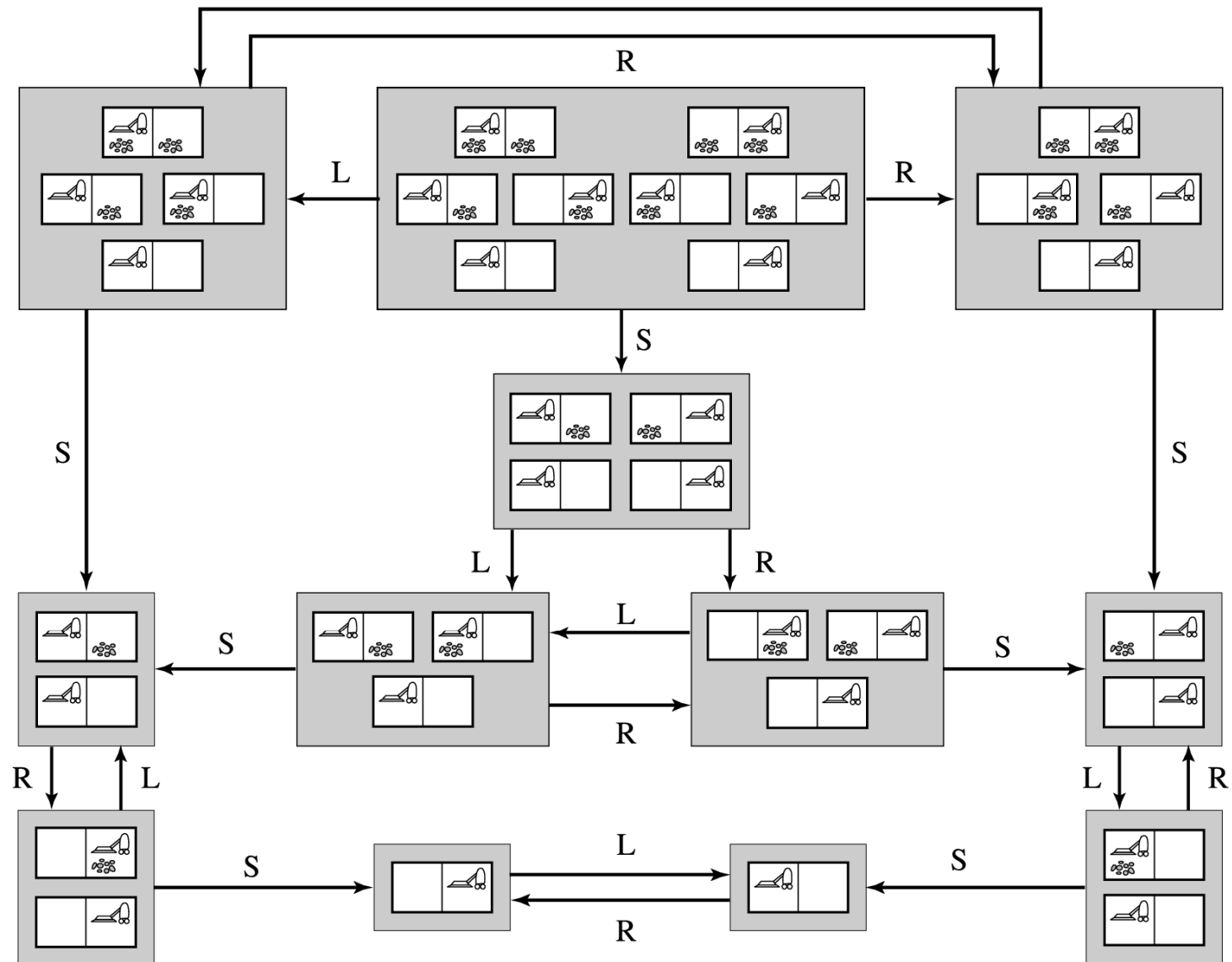
- Ο πράκτορας μπορεί να βρίσκεται σε μία από πολλές δυνατές αρχικές καταστάσεις
- Η κάθε ενέργεια θα μπορούσε να οδηγεί σε μία από πολλές δυνατές διάδοχες καταστάσεις



Προβλήματα χωρίς αισθητήρες (2/3)

- Κατάσταση πεποίθησης
 - Αρχική $\rightarrow \{1,2,3,4,5,6,7,8\}$
- Εξαναγκασμός
 - [Δεξιά] $\rightarrow \{2,4,6,8\}$
 - [Δεξιά, Αναρρόφηση] $\rightarrow \{4,8\}$
 - [Δεξιά, Αναρρόφηση, Αριστερά] $\rightarrow \{3,7\}$
 - [Δεξιά, Αναρρόφηση, Αριστερά, Αναρρόφηση] $\rightarrow \{7\}$
- Χώρος καταστάσεων πεποίθησης: Υποσύνολο του χώρου καταστάσεων.
 - Δεν είναι πάντα όλες προσπελάσιμες.
- Δεν έχουν πάντα λύση αυτά τα προβλήματα.

Προβλήματα χωρίς αισθητήρες (3/3)



Πληροφορημένη αναζήτηση και εξερεύνηση

Αλγόριθμοι Ευρετικής Αναζήτησης

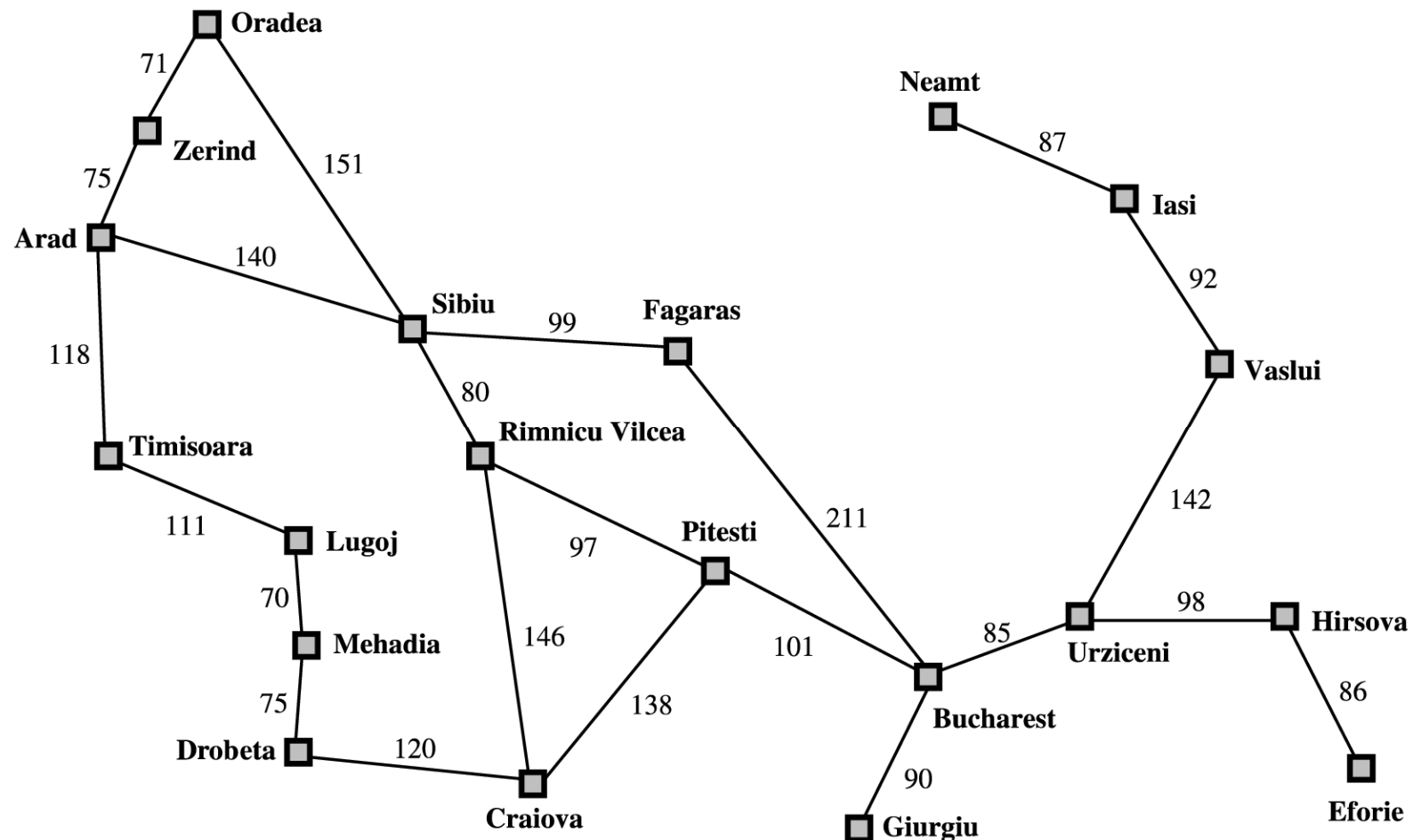
- Ο χώρος αναζήτησης συνήθως αυξάνεται εκθετικά.
- Απαιτείται πληροφορία για αξιολόγηση των καταστάσεων (ευρετικός μηχανισμός).
- Οι αλγόριθμοι που εκμεταλλεύονται τέτοια πληροφορία ονομάζονται Αλγόριθμοι Ευρετικής Αναζήτησης.
- Παράδειγμα ευρετικής αναζήτησης είναι η συναρμολόγηση ενός puzzle.
- Αν δεν υπήρχαν ευρετικοί μηχανισμοί, τότε τα προβλήματα αυτά θα λύνονταν πολύ δύσκολα, γιατί οι συνδυασμοί που πρέπει να γίνουν είναι πάρα πολλοί.
- Ο ευρετικός μηχανισμός εξαρτάται από τη γνώση που έχουμε για το πρόβλημα.

Ευρετικός μηχανισμός (heuristic)

- Ο ευρετικός μηχανισμός είναι μία στρατηγική, βασισμένη στη γνώση για το συγκεκριμένο πρόβλημα, η οποία χρησιμοποιείται σα βοήθημα στη γρήγορη επίλυσή του.
- Υλοποιείται με μια ευρετική συνάρτηση (function).
- Ευρετική τιμή (heuristic value) είναι η τιμή της ευρετικής συνάρτησης και εκφράζει το πόσο κοντά βρίσκεται μία κατάσταση σε μία τελική.
- Η ευρετική τιμή δεν είναι η πραγματική τιμή της απόστασης από μία τερματική κατάσταση, αλλά μία εκτίμηση που μπορεί να είναι λανθασμένη.
- $h(n)$ = εκτιμώμενο κόστος φθηνότερης διαδρομής από τον κόμβο n στον κόμβο στόχο
- Συνάρτηση αξιολόγησης (evaluation function), $f(n)$
 - Προτιμώνται οι μικρότερες τιμές

Αναζήτηση πρώτα στο καλύτερο (1/6)

- $f(n)=h(n)$
- h_{SLD} : Straight-Line Distance heuristic (ευθύγραμμη απόσταση)

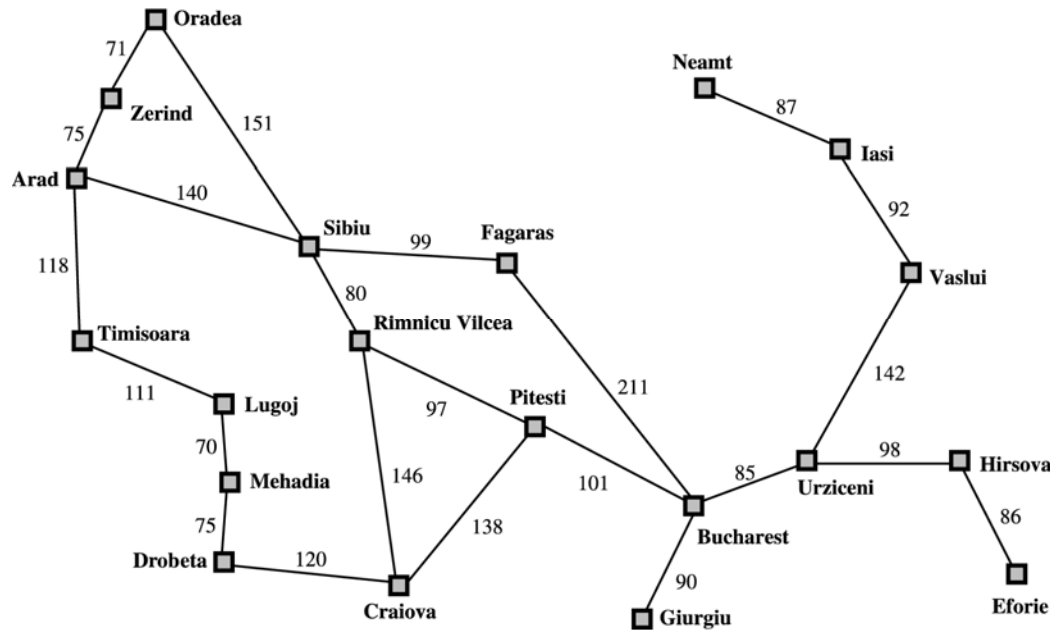


Αναζήτηση πρώτα στο καλύτερο (2/6)

- Τιμές h_{SLD} για απόσταση από Βουκουρέστι

Arad	366		Mehadia	241
Bucharest	0		Neamt	234
Craiova	160		Oradea	380
Dobreta	242		Pitesti	100
Eforie	161		Rimniscu Vilcea	193
Fagaras	176		Sibiu	253
Giurgiu	77		Timisoara	329
Hirsova	151		Urziceni	80
Iasi	226		Vaslui	199
Lugoj	244		Zerind	374

Να επιλυθεί με αναζήτηση πρώτα στο καλύτερο



Arad	366	Mehadia	241
Bucharest	0	Neamt	234
Craiova	160	Oradea	380
Dobreta	242	Pitesti	100
Eforie	161	Rimniscu Vilcea	193
Fagaras	176	Sibiu	253
Giurgiu	77	Timisoara	329
Hirsova	151	Urziceni	80
Iasi	226	Vaslui	199
Lugoj	244	Zerind	374

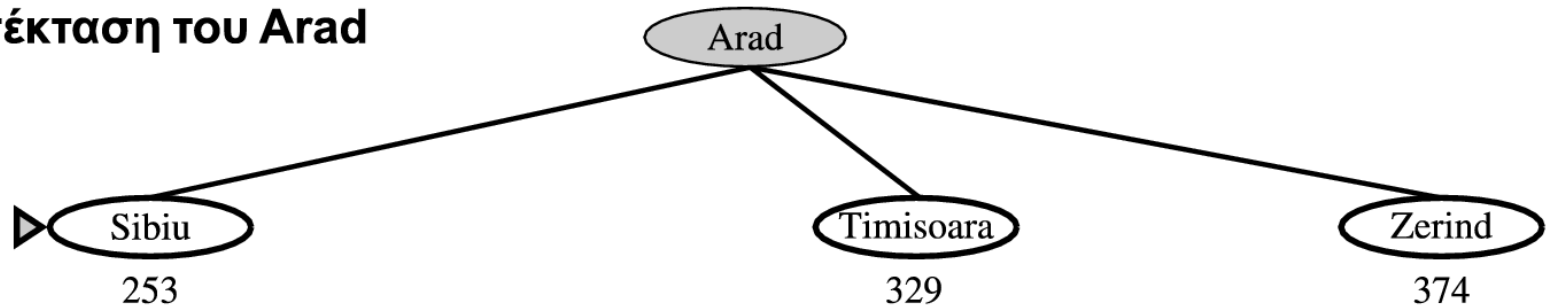
Αναζήτηση πρώτα στο καλύτερο (3/6)

- Μετάβαση από το Arad στο Βουκουρέστι

(α) Η αρχική κατάσταση

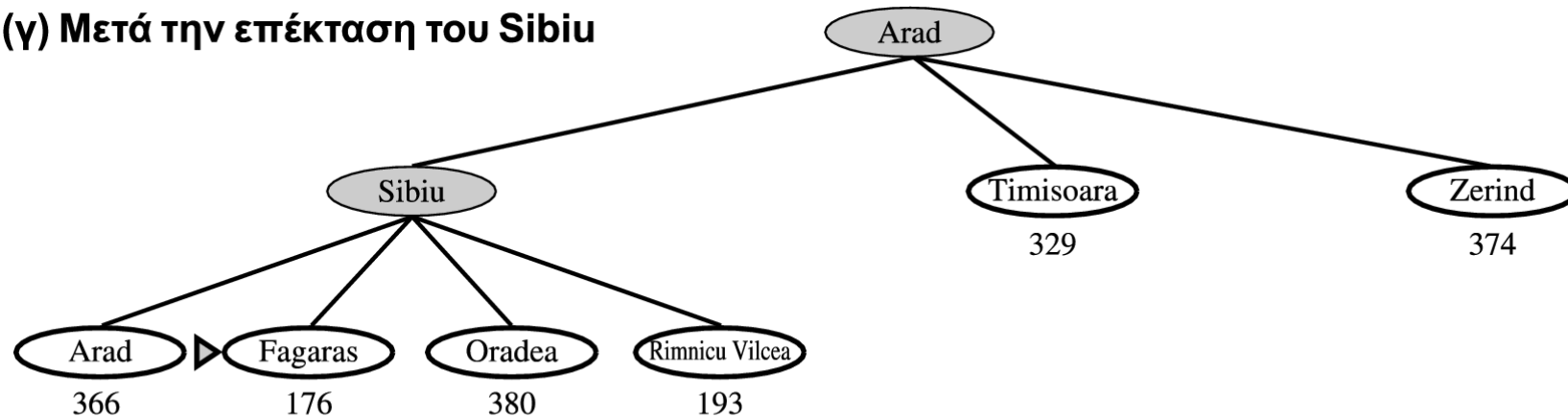


(β) Μετά την επέκταση του Arad

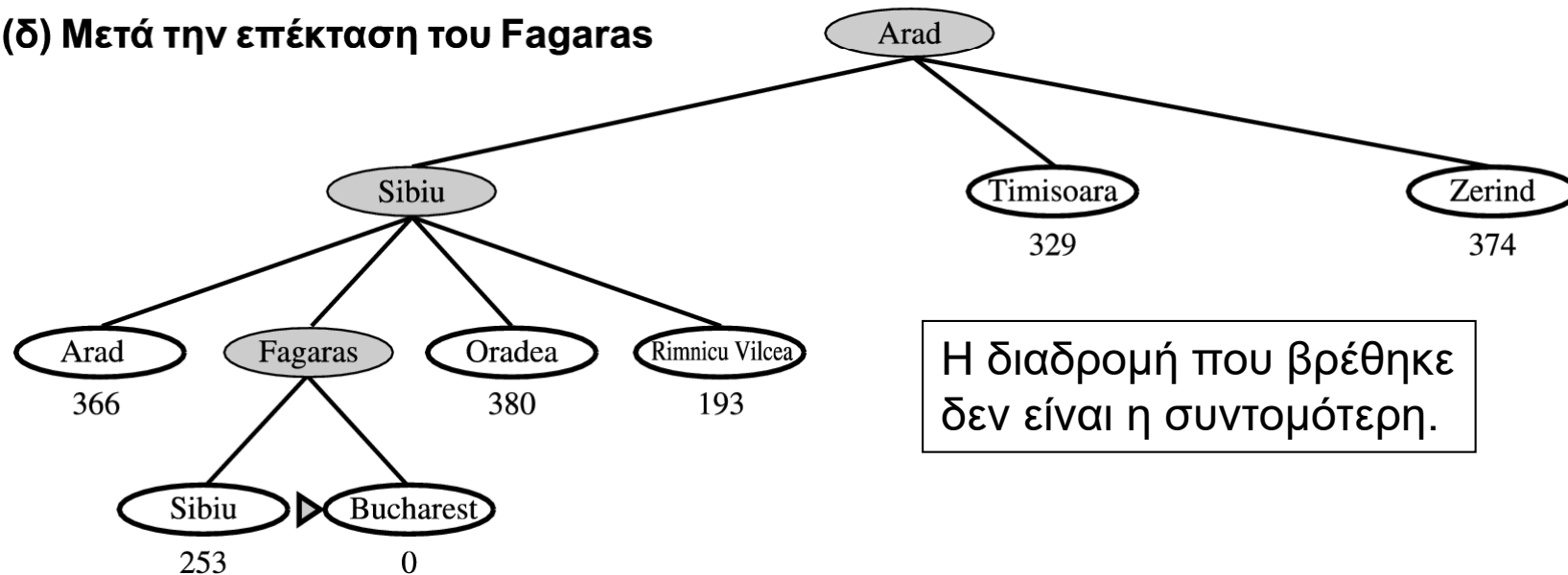


Αναζήτηση πρώτα στο καλύτερο (4/6)

(γ) Μετά την επέκταση του Sibiu



(δ) Μετά την επέκταση του Fagaras



Η διαδρομή που βρέθηκε
δεν είναι η συντομότερη.

Αναζήτηση πρώτα στο καλύτερο (5/6)

1. Βάλε την αρχική κατάσταση στο μέτωπο της αναζήτησης.
2. Αν το μέτωπο της αναζήτησης είναι κενό τότε σταμάτησε.
3. Πάρε την πρώτη κατάσταση από το μέτωπο της αναζήτησης.
 1. Αν η κατάσταση ανήκει στο κλειστό σύνολο τότε πήγαινε στο βήμα 2.
 2. Αν η κατάσταση είναι μία από τις τελικές, τότε ανέφερε τη λύση & σταμάτα.
4. Εφάρμοσε τους τελεστές μετάβασης για να βρεις τις καταστάσεις-παιδιά.
5. Εφάρμοσε την ευρετική συνάρτηση σε κάθε παιδί
6. Βάλε τις καταστάσεις-παιδιά στο μέτωπο της αναζήτησης.
7. Αναδιάταξε το μέτωπο αναζήτησης ώστε η κατάσταση με την καλύτερη ευρετική τιμή να είναι πρώτη
8. Βάλε την κατάσταση-γονέα στο κλειστό σύνολο.
9. Πήγαινε στο βήμα 2.

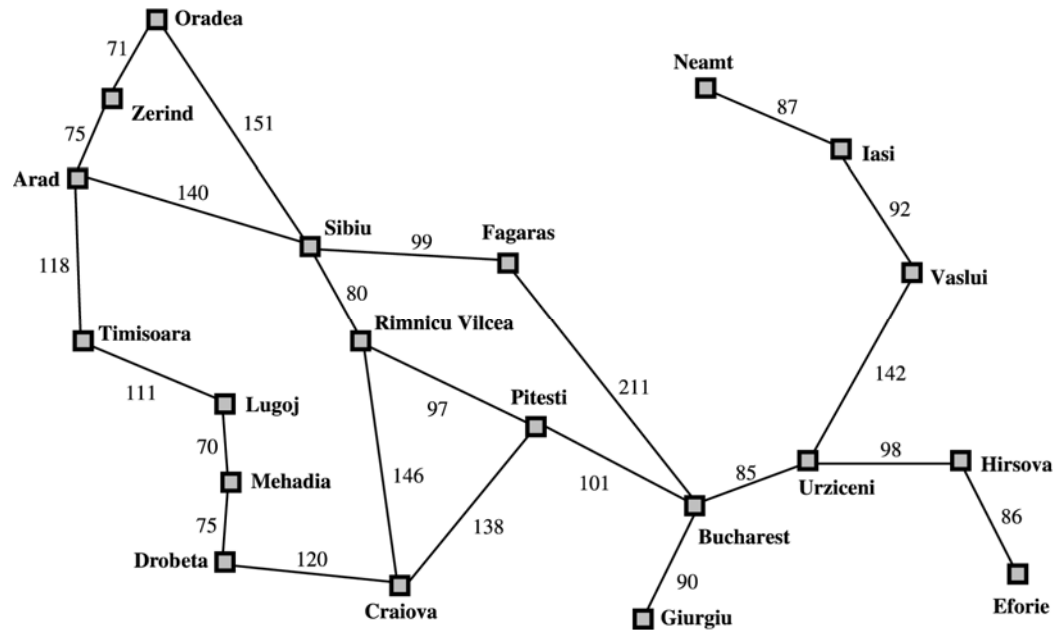
Αναζήτηση πρώτα στο καλύτερο (6/6)

- Πλεονεκτήματα:
 - Προσπαθεί να δώσει μια γρήγορη λύση σε κάποιο πρόβλημα.
 - Είναι πλήρης.
- Μειονεκτήματα:
 - Το μέτωπο αναζήτησης μεγαλώνει με υψηλό ρυθμό & μαζί ο χώρος που χρειάζεται για την αποθήκευσή του.
 - Δεν εγγυάται ότι η λύση που θα βρεθεί είναι η βέλτιστη.
- Έχει ομοιότητα με την αναζήτηση πρώτα κατά βάθος.
 - Μπορεί να μπλέξει σε ατέρμονα κλαδιά.
- Χρονική, χωρική πολυπλοκότητα: $O(b^m)$

Αναζήτηση A^*

- Ο αλγόριθμος A^* (Άλφα Άστρο) είναι κατά βάσει BestFS, αλλά με συνάρτηση αξιολόγησης:
- $F(n) = g(n) + h(n)$
- Η $g(n)$ δίνει την απόσταση της n από την αρχική κατάσταση, η οποία είναι πραγματική και γνωστή,
- Η $h(n)$ δίνει την εκτίμηση της απόστασης της n από την τελική κατάσταση μέσω μιας ευρετικής συνάρτησης, όπως ακριβώς στον BestFS.
- Αν για κάθε κατάσταση η τιμή $h(n)$ είναι μικρότερη ή το πολύ ίση με την πραγματική απόσταση της n από την τελική κατάσταση, τότε ο A^* βρίσκει πάντα τη βέλτιστη λύση.

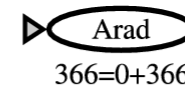
Να επιλυθεί με A*



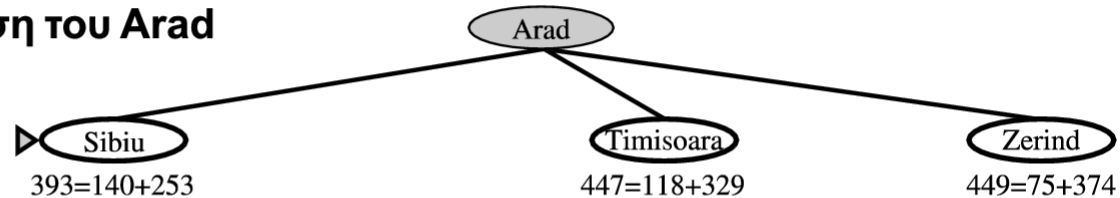
Arad	366		Mehadia	241
Bucharest	0		Neamt	234
Craiova	160		Oradea	380
Dobreta	242		Pitesti	100
Eforie	161		Rimniscu Vilcea	193
Fagaras	176		Sibiu	253
Giurgiu	77		Timisoara	329
Hirsova	151		Urziceni	80
Iasi	226		Vaslui	199
Lugoj	244		Zerind	374

Λύση με αναζήτηση A* (1/2)

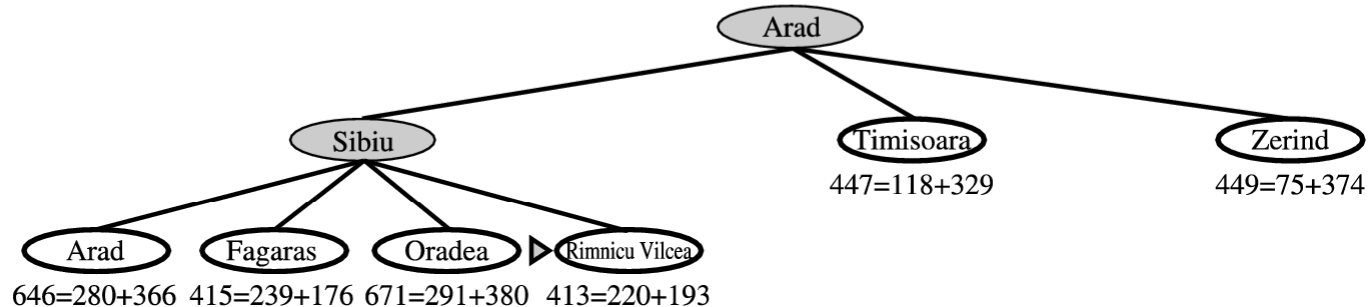
(α) Η αρχική κατάσταση



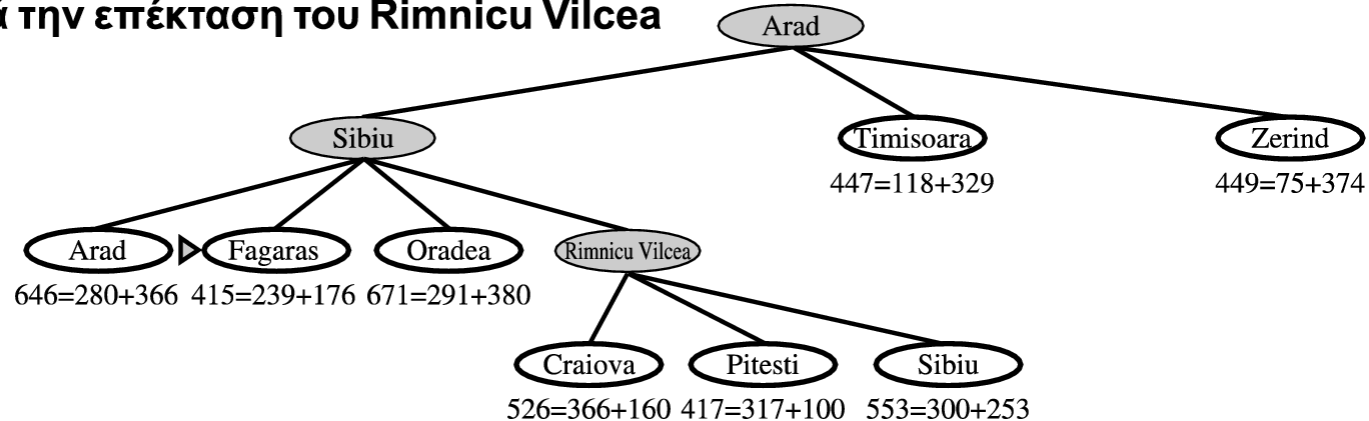
(β) Μετά την επέκταση του Arad



(γ) Μετά την επέκταση του Sibiu

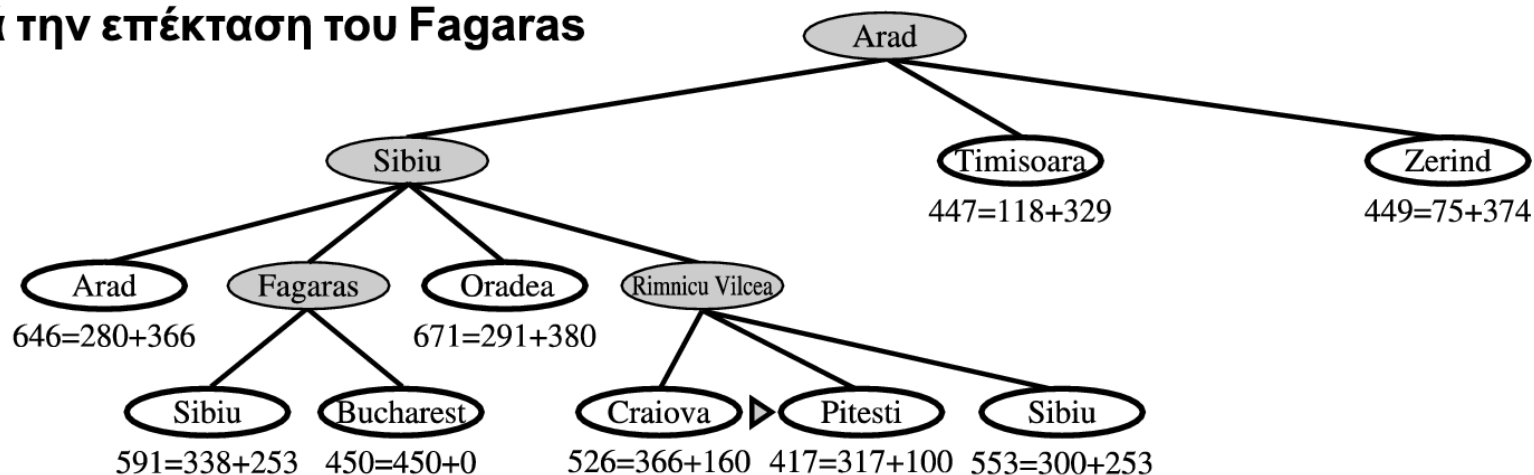


(δ) Μετά την επέκταση του Rimnicu Vilcea

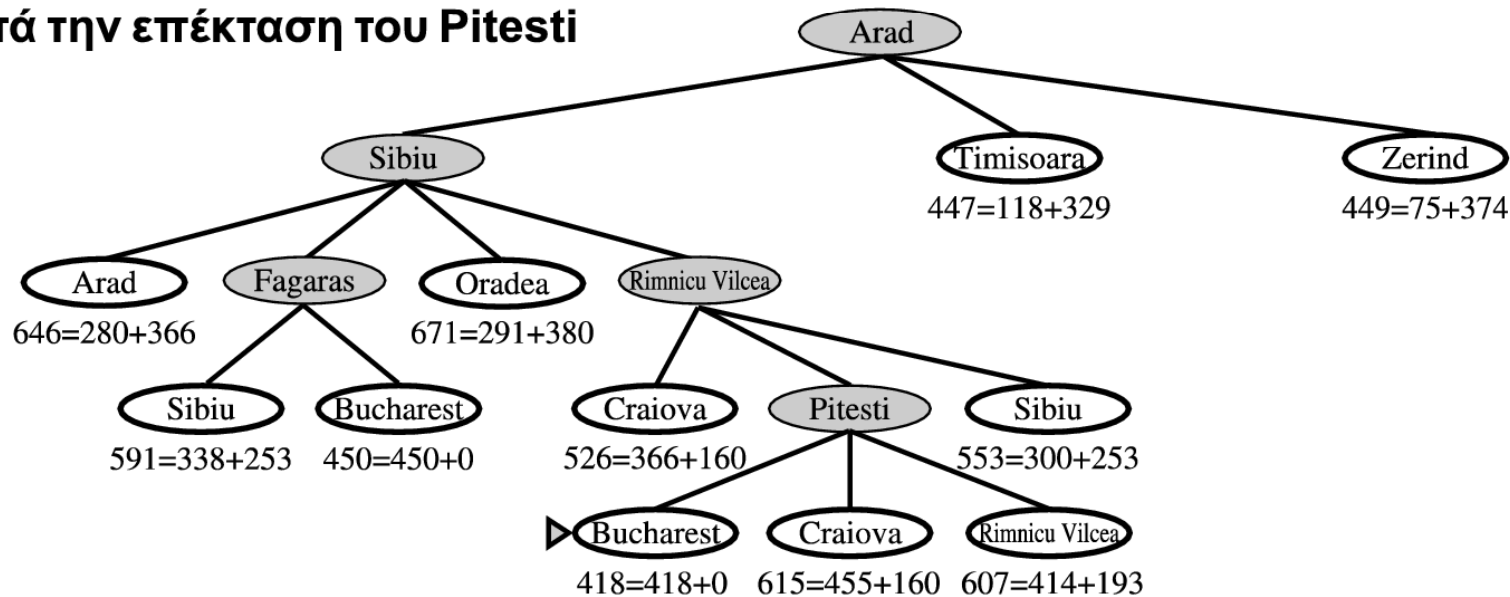


Λύση με αναζήτηση A* (2/2)

(ε) Μετά την επέκταση του Fagaras



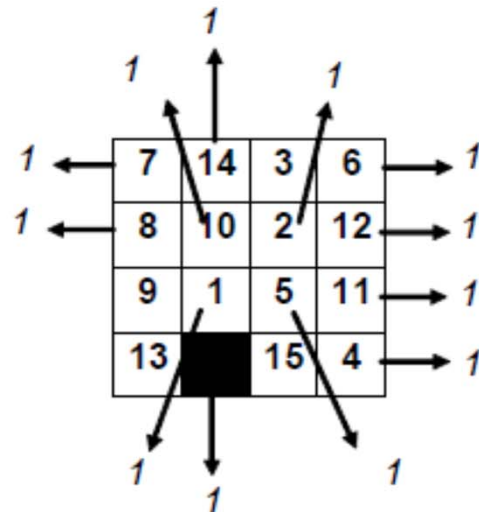
(στ) Μετά την επέκταση του Pitesti



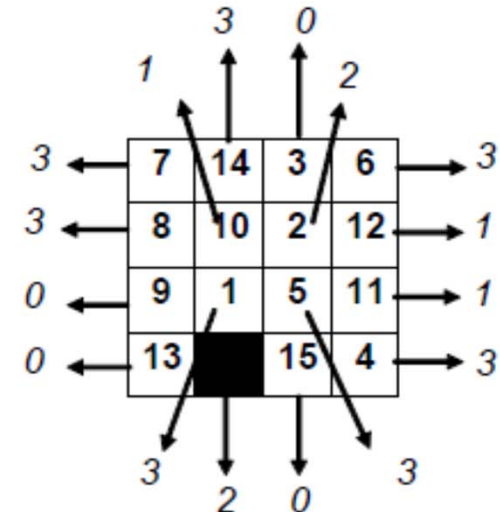
Ευρετικές συναρτήσεις: Παζλ των 15 πλακιδίων

1	2	3	4
5	6	7	8
9	10	11	12
13	14	15	

Κατάσταση στόχου



Εκτός θέσης = 12



Άθροισμα αποστάσεων Manhattan = 28

- h_1 = ο αριθμός των πλακιδίων που δεν είναι στη θέση τους.
- h_2 = το άθροισμα των αποστάσεων των πλακιδίων από τις θέσεις προορισμού τους.
 - Απόσταση Manhattan: το άθροισμα των οριζόντιων & κάθετων αποστάσεων
- Η h_2 επεκτείνει λιγότερους κόμβους

Ευρετικές συναρτήσεις: Παζλ των 8 πλακιδίων

7	2	4
5		6
8	3	1

Αρχική κατάσταση

	1	2
3	4	5
6	7	8

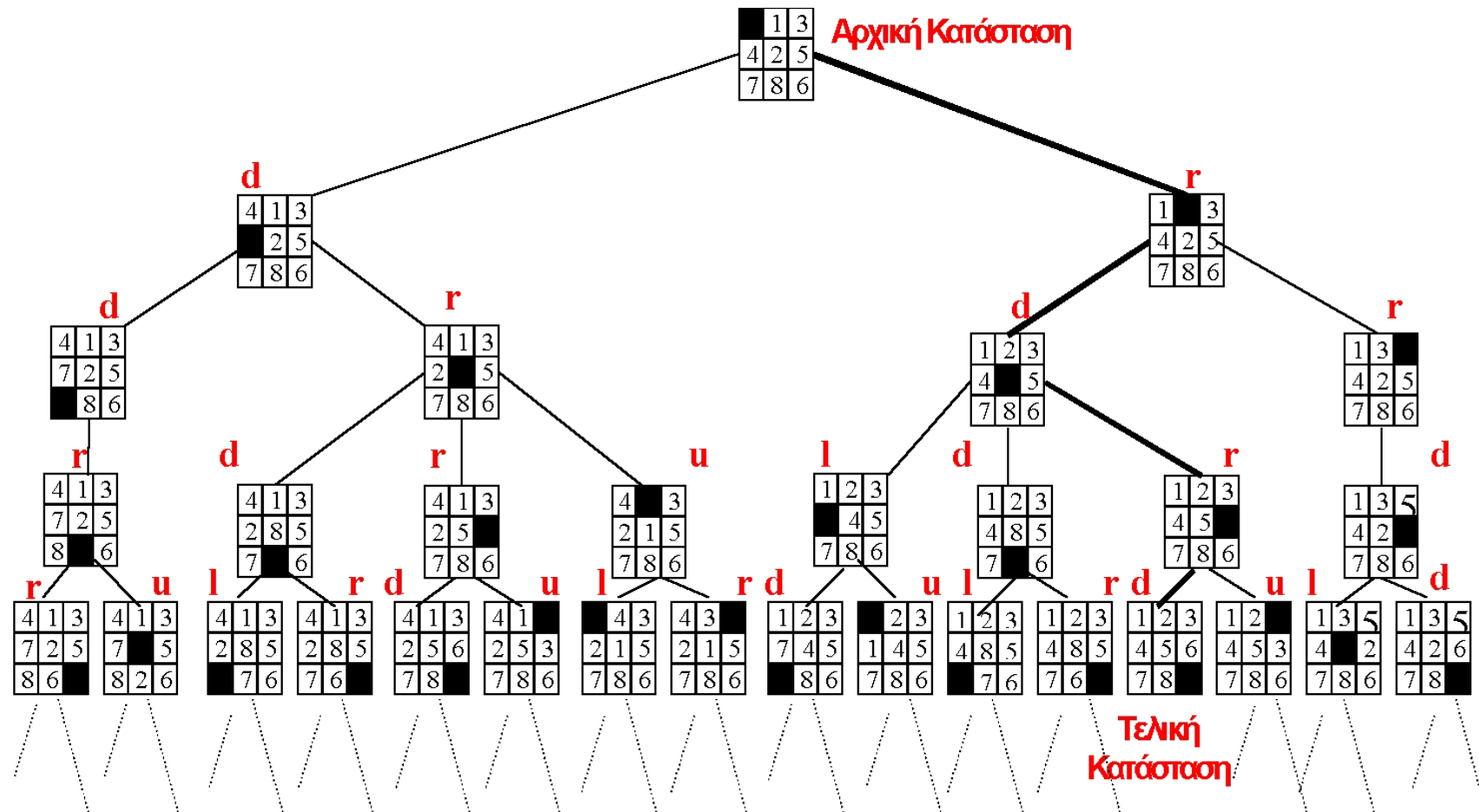
Κατάσταση στόχου

Υπολογίστε τα h_1 και h_2

- $h_1 = 8$
- $h_2 = 18$

Εφαρμογή των Αλγορίθμων Ευρετικής Αναζήτησης

Χώρος Αναζήτησης στο 8-puzzle



Εφαρμογή αλγορίθμου BestFS στο 8-puzzle

Ευρετική
συνάρτηση:
ο αριθμός
των
πλακιδίων
που δεν είναι
στη θέση
τους.

