ΠΛΗ31

ΕΝΟΤΗΤΑ 1: ΑΝΑΖΗΤΗΣΗ

Μάθημα 1.4:
Τέσσερα Δημοφιλή Προβλήματα Αναζήτησης

Δημήτρης Ψούνης

www.psounis.gr

Περιεχόμενα Μαθήματος

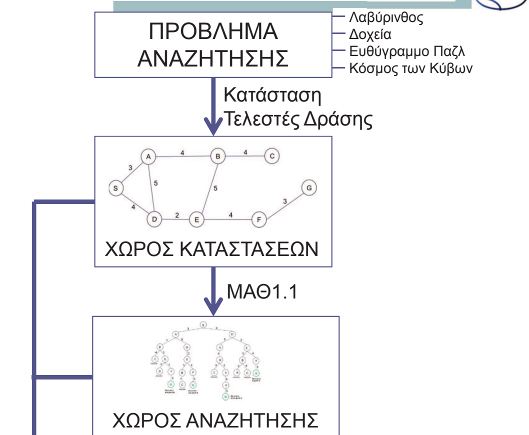
Α. Θεωρία
1. Εισαγωγή
1. Μοντελοποίηση Προβλημάτων Αναζήτησης

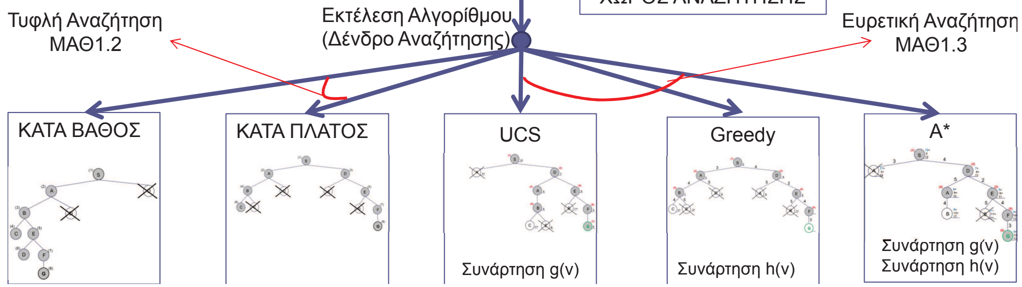
Ένα Πρόβλημα Αναζήτησης μοντελοποιείται ορίζοντας τα εξής τέσσερα στοιχεία:
- Την **Κατάσταση** (μία μαθηματική αναπαράσταση ενός στιγμιότυπου του προβλήματος).
  - Συνήθως είναι ένας πίνακας (π.χ. μονοδιάστατος, διδιάστατος κ.λπ.) με δυαδική, ακέραια ή κωδικοποίηση πραγματικών αριθμών με τις απαραίτητες πληροφορίες ενός στιγμιότυπου (μίας φωτογραφίας δηλαδή του προβλήματος).
- Τους **Τελεστές Δράσης** (οι κινήσεις που επιτρέπονται στο πρόβλημα ως ενέργειες σε μια κατάσταση)
  - Οι τελεστές δράσης (ή μετάβασης) θα ορίζονται περιγραφικά από την διατύπωση του προβλήματος και θα απομένει να τους συντάξουμε τυπικά.
- Τη **Συνάρτηση Πραγματικού Κόστους g(v)** (ορίζοντας τα βάρη των ακμών ή ισοδύναμα το κόστος εφαρμογής των τελεστών μετάβασης)
  - Η συνάρτηση κόστους διαδρομής θα είναι πάντα το άθροισμα των βαρών των ακμών από την αφετηρία έως τον τρέχοντα κόμβο
- Την **Ευρετική Συνάρτηση h(v)** (μία εκτίμηση για το πόσο απέχει μία κατάσταση από τον κόμβο στόχο του προβλήματος).
  - Όσο πιο μικρός ο αριθμός τόσο λιγότερο εκτιμάται ότι απέχει από τον κόμβο στόχο, άρα ο κόμβος είναι και πιο υποσχόμενος να οδηγήσει γρήγορα σε μία λύση του προβλήματος.
  - Προσοχή, για την εξέταση για το αν η ευρετική συνάρτηση είναι **παραδεκτή**, δηλαδή ότι δεν υπερεκτιμά το πραγματικό κόστος για να πάμε από τον κόμβο στον κόμβο-στόχο (μαθηματικά δηλαδή ότι: $h(v) \leq h^*(v)$ για κάθε κόμβο του γραφήματος)

Α. Θεωρία
1. Εισαγωγή
2. Το Πλάνο της Αναζήτησης

Ένα Πρόβλημα Αναζήτησης μοντελοποιείται ορίζοντας τα εξής τέσσερα στοιχεία:
- Την Κατάσταση
- Τους Τελεστές Δράσης
- Τη Συνάρτηση Πραγματικού Κόστους g(v)
- Την Ευρετική Συνάρτηση h(v)

Αυτή είναι και η προεργασία που κάνουμε προκειμένου να αποκτήσουν νόημα αυτά που κάναμε στα προηγούμενα μαθήματα!



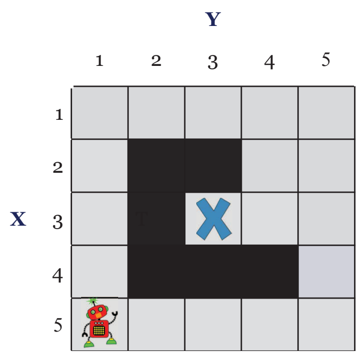


Α. Θεωρία

2. Το Πρόβλημα του Λαβυρίνθου

1. Διατύπωση του Προβλήματος

Στο Πρόβλημα του Λαβυρίνθου δίνεται ένα πλέγμα διαστάσεων ΜxΝ. Τα τετράγωνα είτε είναι προσβάσιμα, είτε είναι εμπόδια.
Ένα ρομπότ βρίσκεται σε ένα τετράγωνο και επιθυμεί να μεταβεί σε ένα τετράγωνο-στόχο. Μπορεί να κινηθεί κατά μία θέση πάνω, κάτω, αριστερά και δεξιά εφόσον βέβαια αυτό είναι εφικτό (δεν είναι εμπόδιο και δεν βγαίνει εκτός των ορίων του πίνακα).
Στο παράδειγμα το ρομπότ βρίσκεται στο τετράγωνο-αφετηρία (5,1) και επιθυμούμε να μεταβεί στο τετράγωνο-στόχο (3,3). Ζητείται η μοντελοποίηση του ως πρόβλημα αναζήτησης.



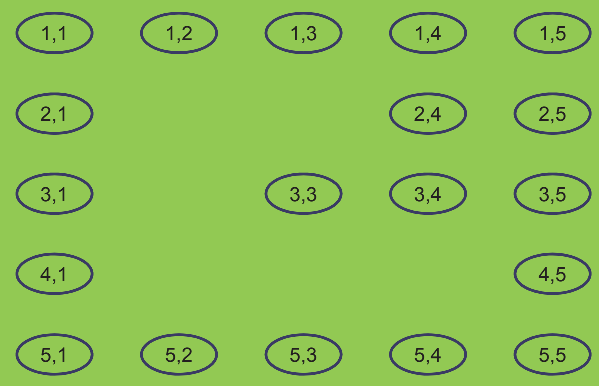
Α. Θεωρία

2. Το Πρόβλημα του Λαβυρίνθου

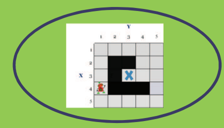
2. Κατάσταση

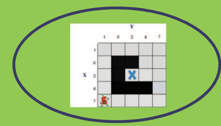
Αναπαριστούμε μία **κατάσταση** του προβλήματος με ένα **διατεταγμένο ζεύγος (Χ,Υ)** όπου
- $X,Y \in \{1,2,3,4,5\}$ είναι οι συντεταγμένες που βρίσκεται το ρομπότ.

Παρατήρηση 1: Ο ορισμός της κατάστασης ορίζει (νοητά) τους κόμβους του χώρου καταστάσεων του προβλήματος



Παρατήρηση 2: Κάθε κατάσταση είναι μια συντομογραφία της φωτογραφίας του προβλήματος





Α. Θεωρία

2. Το Πρόβλημα του Λαβυρίνθου

3. Τελεστές Δράσης

Τελεστές Δράσης: Ορίζουμε τους ακόλουθους 4 **τελεστές** οι οποίοι περιγράφουν πλήρως τις κινήσεις που μπορεί να κάνει το ρομπότ:

ΠΑΝΩ: Μετακίνηση του ρομπότ μία θέση πάνω
Προϋποθέσεις: $X \neq 1$ και το τετράγωνο $(X-1,Y)$ δεν είναι εμπόδιο.
Αποτέλεσμα: Το ρομπότ μετακινείται στο τετράγωνο $(X-1,Y)$

ΚΑΤΩ: Μετακίνηση του ρομπότ μία θέση κάτω
Προϋποθέσεις: $X \neq 5$ και το τετράγωνο $(X+1,Y)$ δεν είναι εμπόδιο.
Αποτέλεσμα: Το ρομπότ μετακινείται στο τετράγωνο $(X+1,Y)$

ΑΡΙΣΤΕΡΑ: Μετακίνηση του ρομπότ μία θέση αριστερά
Προϋποθέσεις: $Y \neq 1$ και το τετράγωνο $(X,Y-1)$ δεν είναι εμπόδιο.
Αποτέλεσμα: Το ρομπότ μετακινείται στο τετράγωνο $(X,Y-1)$

ΔΕΞΙΑ: Μετακίνηση του ρομπότ μία θέση δεξιά
Προϋποθέσεις: $Y \neq 5$ και το τετράγωνο $(X,Y+1)$ δεν είναι εμπόδιο.
Αποτέλεσμα: Το ρομπότ μετακινείται στο τετράγωνο $(X,Y+1)$

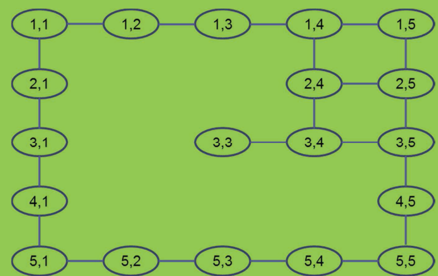
Παρατήρηση: Πάντα στον ορισμό των τελεστών θεωρούμε ότι βρισκόμαστε σε μια τυχαία κατάσταση, όπως την έχουμε ορίσει νωρίτερα. Εδώ λοιπόν οι ορισμοί θεωρούν ότι βρισκόμαστε στο (Χ,Υ) και περιγράφεται πως γίνεται η αλλαγή στην κατάσταση, λόγω της επίδρασης του αντίστοιχου τελεστή.

Α. Θεωρία

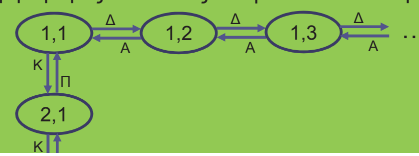
2. Το Πρόβλημα του Λαβυρίνθου

3. Τελεστές Δράσης

Παρατήρηση 1: Ο ορισμός της κατάστασης ορίζει (νοητά) τις ακμές του χώρου καταστάσεων του προβλήματος



Παρατήρηση 2: Οι ακμές σε έναν χώρο καταστάσεων είναι πάντα κατευθυνόμενες! (διότι ορίζονται από την εφαρμογή ενός τελεστή). Ωστόσο, καθαρά για λόγους συντομίας, συμβολίζουμε με μη κατευθυνόμενες ακμές εφαρμογές τελεστών που είναι αμφίδρομες. Συνεπώς θα ήταν συνεπέστερο (αν και πιο χρονοβόρο) να είχαμε την εξής απεικόνιση:



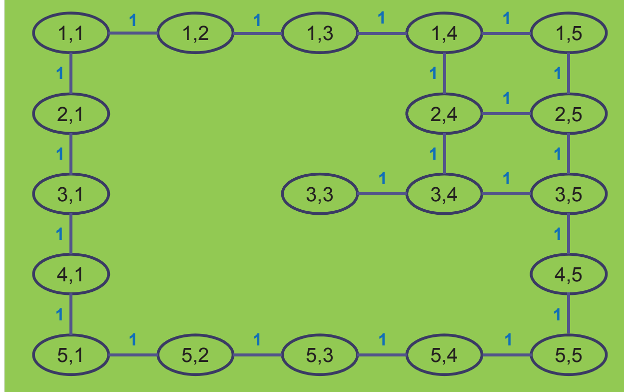
Α. Θεωρία

2. Το Πρόβλημα του Λαβυρίνθου

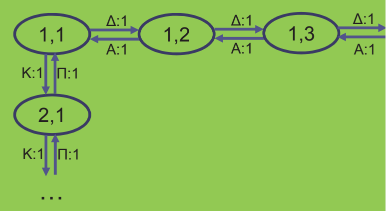
4. Συνάρτηση Πραγματικού Κόστους

Συνάρτηση Πραγματικού Κόστους: Ορίζουμε ότι το **κόστος κάθε ακμής** είναι ίσο με 1 (ισοδύναμα το κόστος εφαρμογής των τελεστών μετάβασης είναι ίσο με 1).
g(n): Άθροισμα βαρών των ακμών από την αφετηρία έως τον κόμβο n.

Παρατήρηση 1: Έτσι τώρα ο γράφος καταστάσεων αποκτά και βάρη στις ακμές



Παρατήρηση 2: Ο ισοδύναμος τρόπος είναι ότι όποτε χρησιμοποιούμε έναν τελεστή μετάβασης το κόστος που πληρώνουμε είναι ίσο με 1:



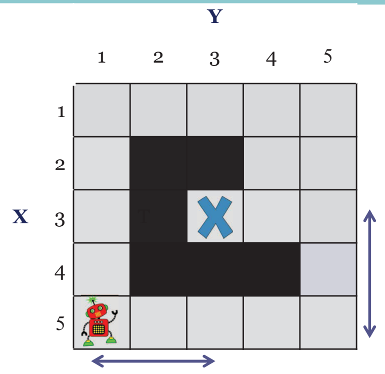
Α. Θεωρία

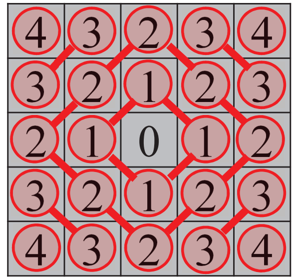
2. Το Πρόβλημα του Λαβυρίνθου

5. Ευρετική Συνάρτηση

Ειδικά για το πρόβλημα του Λαβυρίνθου η καταλληλότερη ευρετική συνάρτηση είναι η απόσταση Manhattan για την οποία είναι γνωστό ότι είναι παραδεκτή.

- Η απόσταση Manhattan δύο τετραγώνων ορίζεται ως *manhattan* $((x_1,y_1),(x_2,y_2)) = |x_1-x_2|+|y_1-y_2|$
- και πρακτικά είναι το ελάχιστο πλήθος κινήσεων που θα χρειαζόταν το ρομπότ για να φτάσει στο στόχο αν δεν υπήρχαν εμπόδια.





manhattan $((5,1),(3,3)) = |5-3|+|1-3|=4$

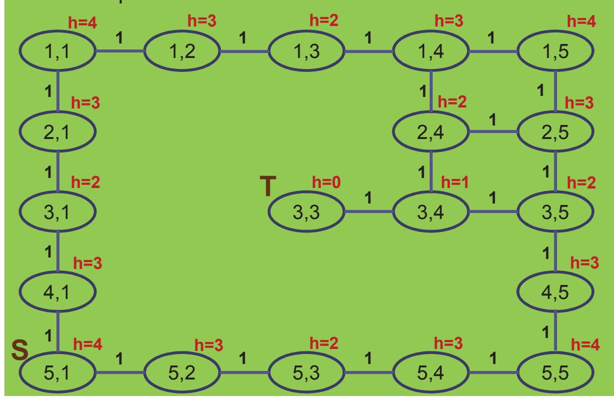
Α. Θεωρία

2. Το Πρόβλημα του Λαβυρίνθου

5. Ευρετική Συνάρτηση

Ευρετική Συνάρτηση: Ορίζουμε ως ευρετική συνάρτηση την απόσταση Manhattan της κατάστασης (X,Y), από την κατάσταση-στόχο (X1,Y1): *manhattan* $((X,Y),(X1,Y1)) = |X-X1|+|Y-Y1|$
Παρατήρηση: Η ευρετική συνάρτηση είναι παραδεκτή.

Παρατήρηση 1: Έτσι τώρα ο γράφος καταστάσεων αποκτά και την εκτίμηση της ευρετικής συνάρτησης για κάθε κατάσταση.



Παρατήρηση 2: Η ευρετική συνάρτηση καθορίζεται από την κατάσταση-στόχο, άρα πλέον είναι απαιτητό να έχουμε και τον ορισμό του τερματισμού (αλλά και της αφετηρίας)

Α. Θεωρία

2. Το Πρόβλημα του Λαβυρίνθου

6. Εφαρμογή των Αλγορίθμων Αναζήτησης

Άσκηση: Εφαρμόστε τους αλγορίθμους αναζήτησης Κατά Βάθος, Κατά Πλάτος, UCS, Greedy, A* στο παράδειγμα – πρόβλημα του λαβυρίνθου

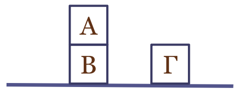
Α. Θεωρία
2. Το Πρόβλημα του Λαβυρίνθου
6. Εφαρμογή των Αλγορίθμων Αναζήτησης

Α. Θεωρία
3. Ο Κόσμος των Κύβων
1. Διατύπωση του Προβλήματος

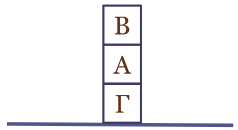
Στο πρόβλημα των κύβων (λόγω δημοφιλίας αναφέρεται και ως ο κόσμος των κύβων) 3 κύβοι με ονόματα Α,Β,Γ. είναι πάνω σε ένα τραπέζι και ζητείται να προκύψει μία τοποθέτηση των κύβων σε στοίβες, όταν επιτρέπονται οι εξής κινήσεις:

- Μετακίνηση ενός κύβου από το τραπέζι πάνω σε μία στοίβα κύβων.
- Μετακίνηση ενός κύβου από την κορυφή μιας στοίβας είτε πάνω στο τραπέζι είτε πάνω σε μια άλλη στοίβα

Θεωρούμε ότι η σειρά των κύβων σε μια στοίβα έχει σημασία, ενώ η σειρά των στοιβών στο τραπέζι δεν έχει σημασία.
Η αρχική και η τελική κατάσταση δίνονται στο παρακάτω σχήμα:



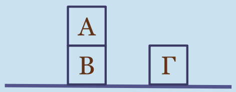
Αρχική Κατάσταση



Τελική Κατάσταση

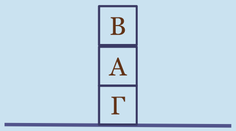
Α. Θεωρία
3. Ο Κόσμος των Κύβων
2. Κατάσταση

Κατάσταση: Αναπαριστούμε μία **κατάσταση** του προβλήματος με ένα **σύνολο στοιβών,** όπου κάθε στοίβα αναπαρίσταται με μία διατεταγμένη n-άδα με τα ονόματα των στοιβών όπως βρίσκονται στη στοίβα από πάνω προς τα κάτω.
Για παράδειγμα η αρχική και η τελική κατάσταση αναπαριστώνται ως εξής:



Αρχική Κατάσταση

{(Α,Β),(Γ)}



Τελική Κατάσταση

{(Β,Α,Γ)}

Α. Θεωρία
3. Ο Κόσμος των Κύβων
3. Τελεστές Δράσης

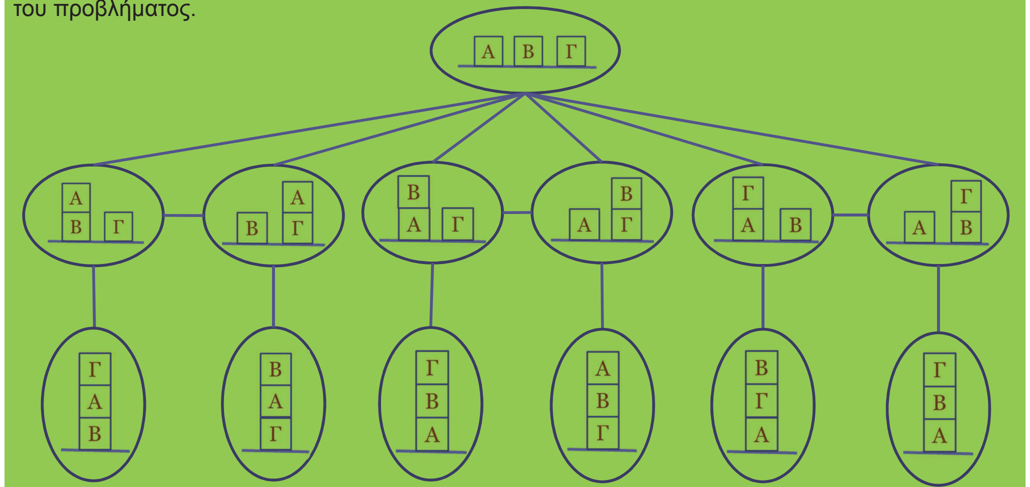
Τελεστές Δράσης: Ορίζουμε τους τελεστές ΦΟΡΤΩΣΕ(Χ,Υ) και ΞΕΦΟΡΤΩΣΕ(Χ) ως εξής:

ΦΟΡΤΩΣΕ(Χ,Υ): Μετακίνηση του κύβου Χ πάνω στον κύβο Υ
Προϋποθέσεις:
(1) Ο κύβος Χ δεν έχει άλλο κύβο πάνω του
(2) Ο κύβος Υ δεν έχει άλλο κύβο πάνω του
Αποτέλεσμα:
Ο κύβος Χ είναι πάνω στον κύβο Υ

ΞΕΦΟΡΤΩΣΕ(Χ): Μετακίνηση του κύβου Χ στο τραπέζι
Προϋποθέσεις:
(1) Ο κύβος Χ δεν είναι στο τραπέζι
(2) Ο κύβος Χ δεν έχει άλλο κύβο πάνω του
Αποτέλεσμα:
Ο κύβος Χ είναι στο τραπέζι

Α. Θεωρία
3. Ο Κόσμος των Κύβων
3. Τελεστές Δράσης

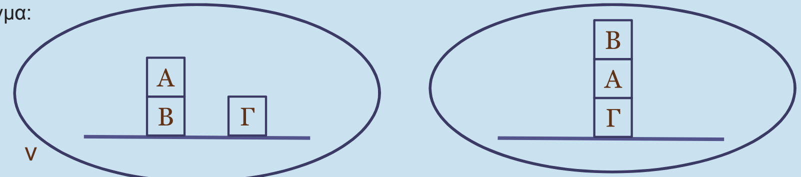
Με τον ορισμό της κατάστασης και των τελεστών δράσης ορίζεται (νοητά) ο χώρος καταστάσεων του προβλήματος.



Α. Θεωρία
3. Ο Κόσμος των Κύβων
4-5. Συνάρτηση Πραγματικού Κόστους – Ευρετική Συνάρτηση

Συνάρτηση Πραγματικού Κόστους: Ορίζουμε ότι το **κόστος κάθε ακμής** είναι ίσο με 1 (ισοδύναμα το κόστος εφαρμογής των τελεστών μετάβασης είναι ίσο με 1).
g(n): Άθροισμα βαρών των ακμών από την αφετηρία έως τον κόμβο n.

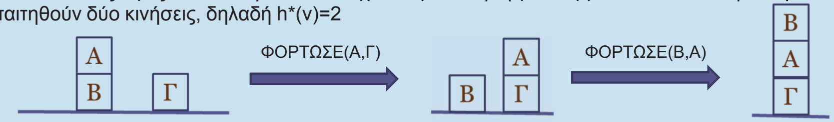
Ευρετική Συνάρτηση: Ορίζουμε ως ευρετική συνάρτηση, το πλήθος των κύβων που είναι σε λάθος ύψος σε σχέση με την κατάσταση-στόχο.
Παράδειγμα:



v

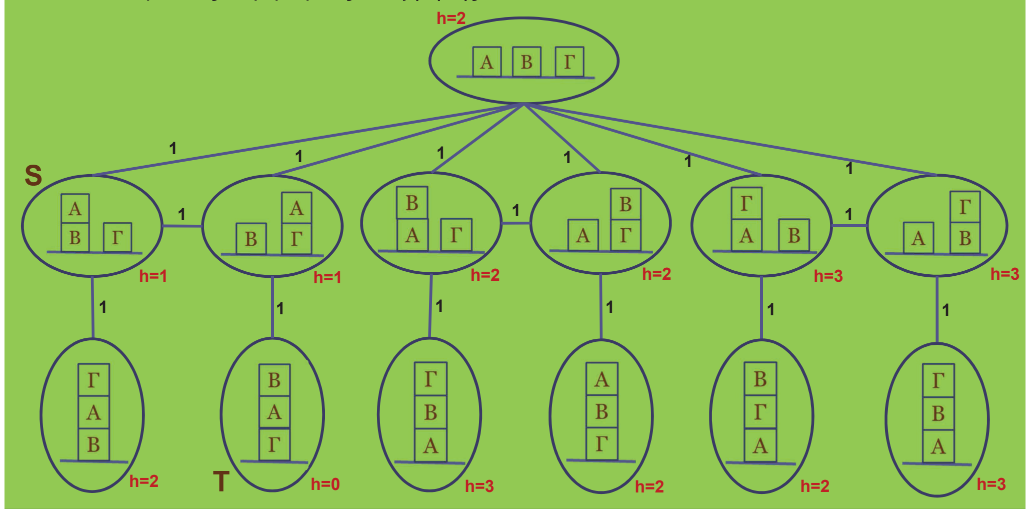
Τελική Κατάσταση

Οι κύβος Β είναι σε λάθος ύψος, ενώ οι κόμβοι Α και Γ είναι σε σωστό ύψος. Άρα η ευρετική αξιολόγηση του κόμβου είναι ίση με 1 (h(v)=1). Παρατηρούμε λοιπόν ότι η ευρετική συνάρτηση είναι παραδεκτή αφού οι κόμβοι που είναι σε λάθος ύψος θα απαιτήσουν τουλάχιστον μία κίνηση για να βρεθούν σε σωστή θέση. Στο παράδειγμα θα απαιτηθούν δύο κινήσεις, δηλαδή h*(v)=2



Α. Θεωρία
3. Ο Κόσμος των Κύβων
4-5. Συνάρτηση Πραγματικού Κόστους – Ευρετική Συνάρτηση

Με τον ορισμό συναρτήσεων κόστους και ευρετικής συνάρτησης πλέον ο γράφος είναι έτοιμος για να εκτελέσουμε τους αλγορίθμους αναζήτησης.



Α. Θεωρία
3. Ο Κόσμος των Κύβων
6. Εφαρμογή Αλγορίθμων Αναζήτησης

Άσκηση: Εφαρμόστε τον αλγόριθμο Α* για την επίλυση του προβλήματος του κόσμου των κύβων του παραδείγματος.

Α. Θεωρία
4. Το Πρόβλημα του Ευθυγράμμου Παζλ
1. Διατύπωση του Προβλήματος

Στο Πρόβλημα του Ευθυγράμμου Παζλ δίδεται ένα πλαίσιο 4 κενών θέσεων στο οποίο τοποθετούνται 3 πλακίδια εκ των οποίων τα δύο είναι άσπρα και το ένα είναι μαύρο.

Οι κινήσεις που επιτρέπονται είναι μετακίνηση του πλακιδίου στην κενή θέση (δεξιά ή αριστερά) είτε απ΄ευθείας εφόσον είναι δίπλα του, είτε υπερπηδώντας άλλα πλακίδια.

Η αρχική και η τελική κατάσταση φαίνονται στο παρακάτω σχήμα:

Αρχική Κατάσταση

Τελική Κατάσταση

Α. Θεωρία
4. Το Πρόβλημα του Ευθυγράμμου Παζλ
2. Κατάσταση

Κατάσταση: Αναπαριστούμε μία **κατάσταση** του προβλήματος με έναν πίνακα 4 θέσεων που περιέχει τα γράμματα Λ (δύο φορές), Μ (μία φορά), Κ(συμβολίζει το κενό).
Για παράδειγμα η αρχική και η τελική κατάσταση αναπαριστώνται ως εξής:

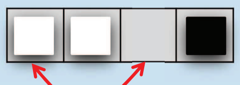
Αρχική Κατάσταση
[Λ,Λ,Κ,Μ]

Τελική Κατάσταση
[Μ,Κ,Λ,Λ]

Α. Θεωρία
4. Το Πρόβλημα του Ευθυγράμμου Παζλ
3. Τελεστές Δράσης

Τελεστές Δράσης: Ορίζουμε έναν(!) τελεστή Τ(Χ) που συμβολίζει την μετακίνηση του κενού!

Σκέψη:



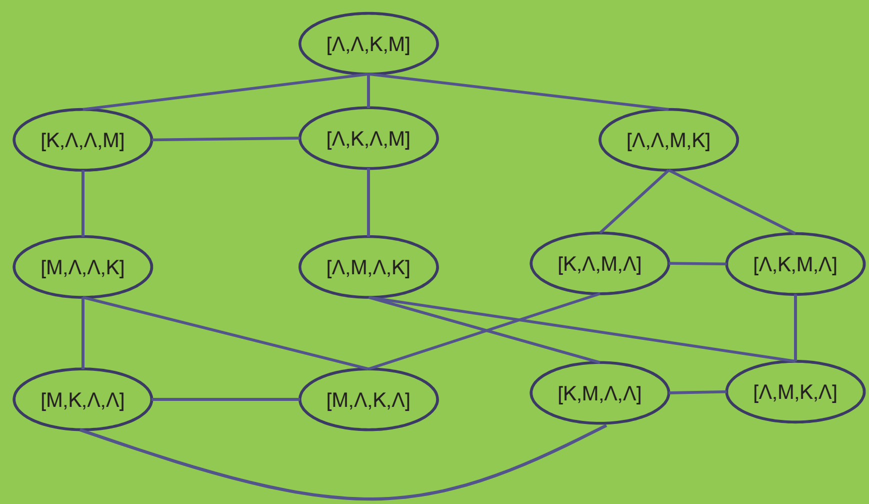
Αντί να λέμε ότι μετακινούμε π.χ. το λευκό πλακίδιο στη θέση του κενού, λέμε ισοδύναμα ότι μετακινούμε το κενό στη θέση του πλακιδίου.

Λύση. Θεωρώντας ότι το κενό είναι στη θέση $Y \in \{1,2,3,4\}$, έχουμε ότι:

Τ(Χ): Μετακίνηση του κενού κατά Χ θέσεις {-3,-2,-1: Αριστερά, 1,2,3: Δεξιά}
Προϋποθέσεις: $1 \le Y + X \le 4$
Αποτέλεσμα: Το πλακίδιο στην θέση Υ+Χ μετακινείται στη θέση του κενού.

Α. Θεωρία
4. Το Πρόβλημα του Ευθυγράμμου Παζλ
3. Τελεστές Δράσης

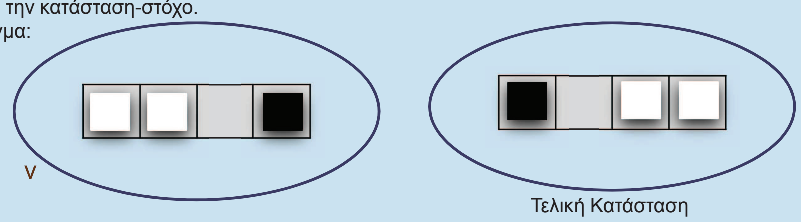
Με τον ορισμό της κατάστασης και των τελεστών δράσης ορίζεται (νοητά) ο χώρος καταστάσεων του προβλήματος.



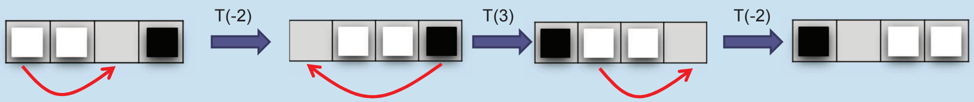
Α. Θεωρία
4. Το Πρόβλημα του Ευθυγράμμου Παζλ
4-5. Συνάρτηση Πραγματικού Κόστους – Ευρετική Συνάρτηση

Συνάρτηση Πραγματικού Κόστους: Ορίζουμε ότι το **κόστος κάθε ακμής** είναι ίσο με 1 (ισοδύναμα το κόστος εφαρμογής των τελεστών μετάβασης είναι ίσο με 1).
g(n): Άθροισμα βαρών των ακμών από την αφετηρία έως τον κόμβο n.

Ευρετική Συνάρτηση: Ορίζουμε ως ευρετική συνάρτηση, το πλήθος των πλακιδίων που είναι σε λάθος θέση σε σχέση με την κατάσταση-στόχο.
Παράδειγμα:

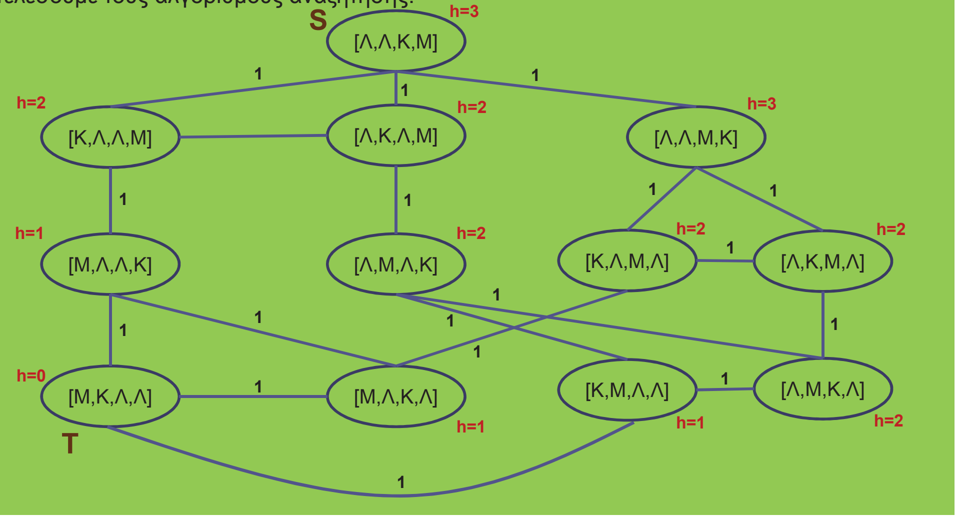


Και τα 3 πλακίδια είναι σε λάθος θέση σε σχέση με την τελική κατάσταση (h(v)=3). Παρατηρούμε λοιπόν ότι η ευρετική συνάρτηση είναι παραδεκτή αφού και τα 3 πλακίδια που είναι σε λάθος θέση θα απαιτήσουν τουλάχιστον μία κίνηση για να βρεθούν σε σωστή θέση. Στο παράδειγμα θα απαιτηθούν τρεις κινήσεις, δηλαδή h*(v)=3



Α. Θεωρία
4. Το Πρόβλημα του Ευθυγράμμου Παζλ
4-5. Συνάρτηση Πραγματικού Κόστους – Ευρετική Συνάρτηση

Με τον ορισμό συναρτήσεων κόστους και ευρετικής συνάρτησης πλέον ο γράφος είναι έτοιμος για να εκτελέσουμε τους αλγορίθμους αναζήτησης.



Α. Θεωρία
4. Το Πρόβλημα του Ευθυγράμμου Παζλ
6. Εφαρμογή Αλγορίθμων Αναζήτησης

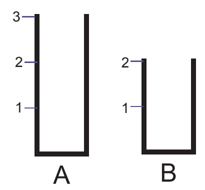
Άσκηση: Εφαρμόστε τον αλγόριθμο Α* για την επίλυση του προβλήματος του ευθυγράμμου παζλ του παραδείγματος.

Α. Θεωρία
5. Το Πρόβλημα των Δοχείων
1. Διατύπωση του Προβλήματος

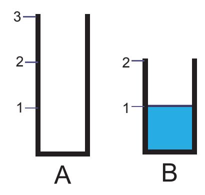
Στο Πρόβλημα των Δοχείων, δίνονται δύο δοχεία Α και Β με χωρητικότητα 3 lt και 2 lt αντίστοιχα.

Επιτρέπεται να γεμίσουμε (πλήρως) ένα δοχείο από τη βρύση, να αδειάσουμε τελείως ένα δοχείο και να αδειάσουμε (όσο περιεχομένο χωράει) από το ένα δοχείο στο άλλο.

Η αρχική και η τελική κατάσταση φαίνονται στο παρακάτω σχήμα:



Αρχική Κατάσταση



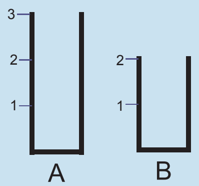
Τελική Κατάσταση

Α. Θεωρία

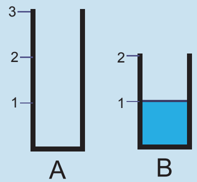
5. Το Πρόβλημα των Δοχείων

2. Κατάσταση

Κατάσταση: Αναπαριστούμε μία **κατάσταση** του προβλήματος με ένα διατεταγμένο ζεύγος (X,Y) όπου X είναι τα λίτρα στο δοχείο A και Y είναι τα λίτρα στο δοχείο B.
Για παράδειγμα η αρχική και η τελική κατάσταση αναπαριστώνται ως εξής:



Αρχική Κατάσταση
(0,0)



Τελική Κατάσταση
(0,1)

Α. Θεωρία

5. Το Πρόβλημα των Δοχείων

3. Τελεστές Δράσης

Τελεστές Δράσης: Ορίζουμε έξι τελεστές που αναπαριστούν τις κινήσεις που επιτρέπονται ως εξής:

T_1: Γέμισε το δοχείο A
Προϋποθέσεις: Το δοχείο A δεν είναι γεμάτο (X≠3)
Αποτέλεσμα: Το δοχείο A είναι γεμάτο (X=3)

T_2: Γέμισε το δοχείο B
Προϋποθέσεις: Το δοχείο B δεν είναι γεμάτο (Y≠2)
Αποτέλεσμα: Το δοχείο A είναι γεμάτο (Y=2)

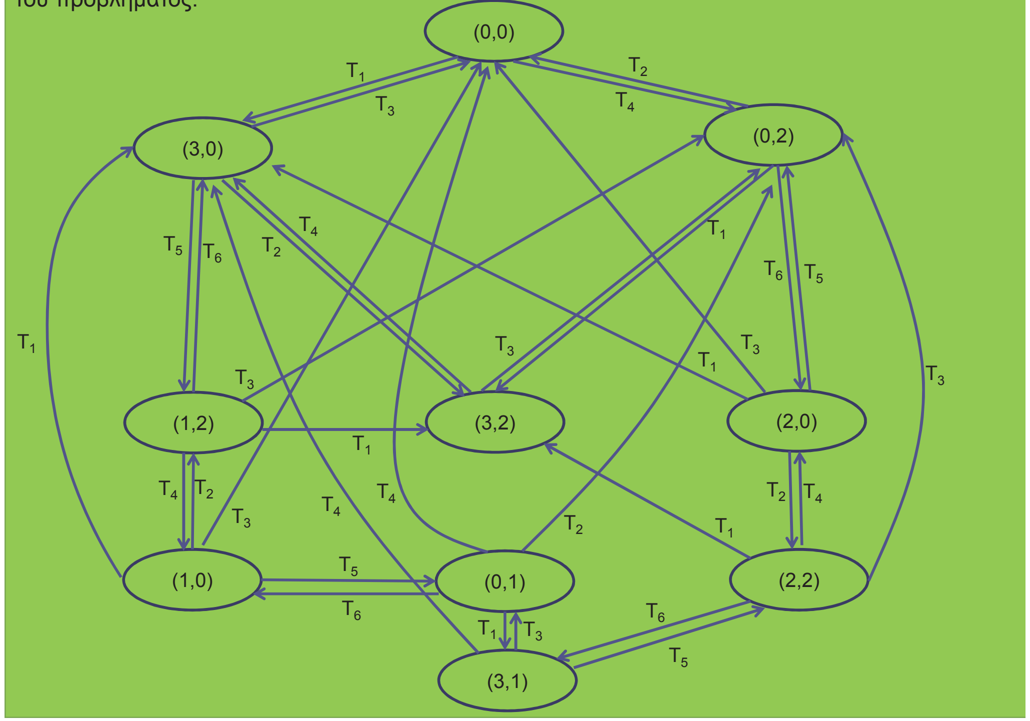
T_3: Άδειασε το δοχείο A
Προϋποθέσεις: Το δοχείο A δεν είναι άδειο (X≠0)
Αποτέλεσμα: Το δοχείο A είναι άδειο (X=0)

T_4: Άδειασε το δοχείο B
Προϋποθέσεις: Το δοχείο B δεν είναι άδειο (Y≠0)
Αποτέλεσμα: Το δοχείο B είναι άδειο (Y=0)

T_5: Άδειασε το δοχείο A στο δοχείο B
Προϋποθέσεις:
(1) Το δοχείο A δεν είναι άδειο (X≠0)
(2) Το δοχείο B δεν είναι γεμάτο (Y ≠2)
Αποτέλεσμα:
Αδειάζουμε (όσο χωράει) από το A στο B
Αν |X+Y|≤2 τότε νέα κατάσταση: (0,X+Y)
Αν |X+Y|>2 τότε νέα κατάσταση: (X-(2-Y),2)

T_6: Άδειασε το δοχείο B στο δοχείο A
Προϋποθέσεις:
(1) Το δοχείο B δεν είναι άδειο (Y≠0)
(2) Το δοχείο A δεν είναι γεμάτο (X≠3)
Αποτέλεσμα:
Αδειάζουμε (όσο χωράει) από το B στο A
Αν |X+Y|≤3 τότε νέα κατάσταση: (X+Y,0)
Αν |X+Y|>3 τότε νέα κατάσταση: (3,Y-(3-X))

Με τον ορισμό της κατάστασης και των τελεστών δράσης ορίζεται (νοητά) ο χώρος καταστάσεων του προβλήματος.



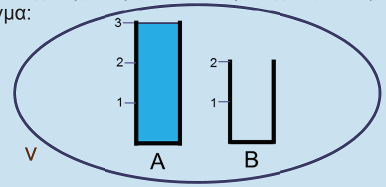
Α. Θεωρία

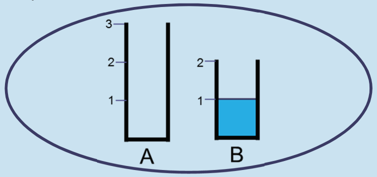
5. Το Πρόβλημα των Δοχείων

4-5. Συνάρτηση Πραγματικού Κόστους – Ευρετική Συνάρτηση

Συνάρτηση Πραγματικού Κόστους: Ορίζουμε ότι το **κόστος κάθε ακμής** είναι ίσο με 1 (ισοδύναμα το κόστος εφαρμογής των τελεστών μετάβασης είναι ίσο με 1).
g(n): Άθροισμα βαρών των ακμών από την αφετηρία έως τον κόμβο n.

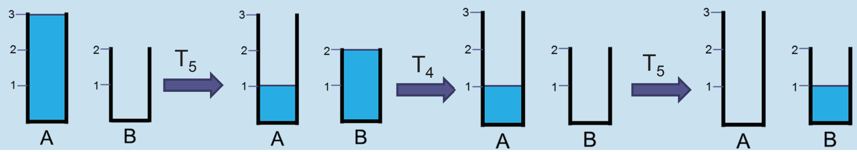
Ευρετική Συνάρτηση: Ορίζουμε ως ευρετική συνάρτηση, το άθροισμα των απολύτων διαφορών των λίτρων των δοχείων σε σχέση με την κατάσταση στόχο: f(X,Y)=|X-0|+|Y-1|
Παράδειγμα:



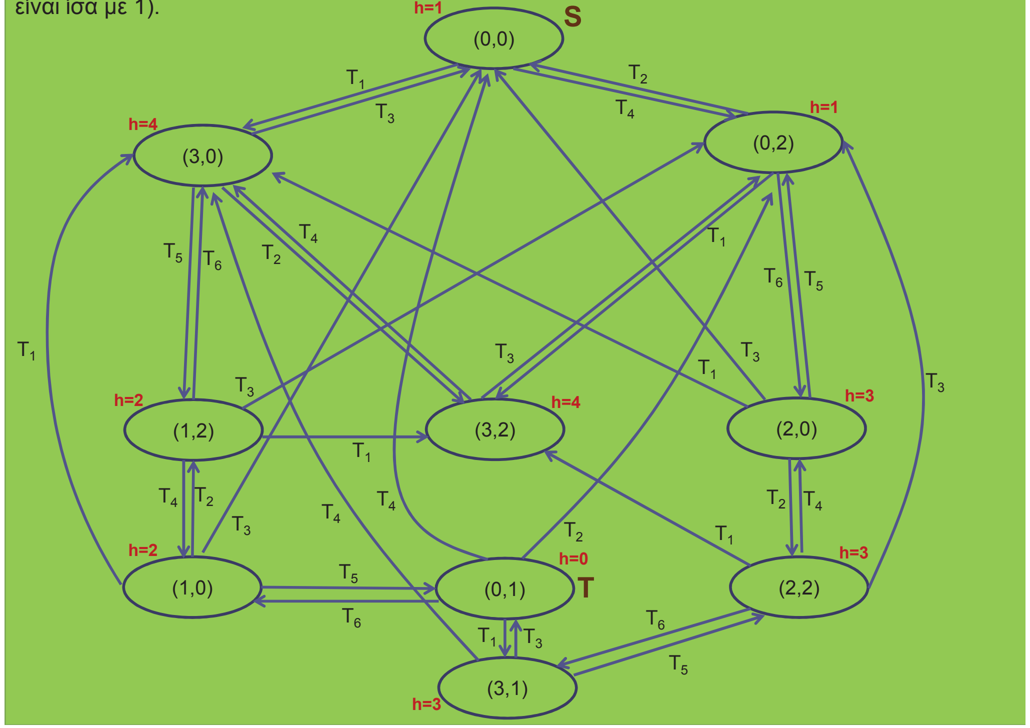


Τελική Κατάσταση

Η ευρετική αξιολόγηση του κόμβου v είναι ίση με h(v)=3+1=4. Ωστόσο (σύμφωνα και με το γράφο καταστάσεων η βέλτιστη λύση είναι αυτή που φαίνεται στο σχήμα, δηλαδή h*(v)=3. Συνεπώς η ευρετική ΔΕΝ είναι παραδεκτή.



Πλέον ο γράφος είναι έτοιμος για την εκτέλεση των αλγορίθμων αναζήτησης (Όλα τα κόστη ακμών είναι ίσα με 1).



Α. Θεωρία

5. Το Πρόβλημα των Δοχείων

6. Εφαρμογή Αλγορίθμων Αναζήτησης

Άσκηση: Εφαρμόστε τον αλγόριθμο Α* για την επίλυση του προβλήματος των δοχείων του παραδείγματος.