

Ένα πρόβλημα τεχνητής νοημοσύνης απαιτεί για την μοντελοποίηση του ως πρόβλημα αναζήτησης τα εξής:

**1. 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.

Π.χ. στο σκάκι είναι ένας  $8 \times 8$  πίνακας που απεικονίζεται η θέση των πεσών, στο λαβύρινθο η θέση του ρομπότ κ.λπ.

**2. Τελεστές Μετάβασης** (Μηχανισμός Αλλαγής Καταστάσεων) – οι κινήσεις που επιτρέπονται στο πρόβλημα ως ενέργειες σε μια κατάσταση

Συντακτικό Τελεστών Μετάβασης:

**Όνομα\_Τελεστή**(πιθανά ορίσματα): Περιγραφή Ενέργειας  
**Προϋποθέσεις**: Καταγραφή Συνθηκών που πρέπει να ισχύουν

**Αποτέλεσμα**: Αλλαγές που επέρχονται στην κατάσταση του προβλήματος

**3. Συνάρτηση Πραγματικού Κόστους  $g(v)$**  (το κόστος από την αφετηρία έως τον κόμβο  $v$ ).

Είναι πάντα το άθροισμα των βαρών από την αφετηρία έως και τον τρέχοντα κόμβο.

Θέτουμε (συνήθως) τα βάρη των ακμών ίσα με 1 (ισοδύναμα το κόστος εφαρμογής των τελεστών μετάβασης), οπότε η συνάρτηση πραγματικού κόστους  $g(v)$  είναι το άθροισμα των βαρών των ακμών από την αφετηρία έως τον κόμβο  $v$

**4. Ευρετική Συνάρτηση  $h(v)$**  (η εκτίμηση για την απόσταση του  $v$  από έναν κόμβο-στόχο).

Μία συνάρτηση που δίνει έναν αριθμό σε μία κατάσταση. Όσο πιο μικρός ο αριθμός τόσο καλύτερος ο κόμβος (υπό την έννοια ότι εκτιμάται ότι απέχει λιγότερο από την αφετηρία)  
Ο κόμβος στόχος έχει πάντα τιμή 0.

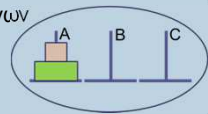
Μία ευρετική συνάρτηση καλείται **παραδεκτή** αν δεν υπερεκτιμάει το πραγματικό κόστος (δηλ.  $h(v) \leq h^*(v)$  για κάθε κόμβο του γραφήματος).



**Χώρος Καταστάσεων (ή Γράφος Καταστάσεων):** Είναι ένας γράφος που για κορυφές έχει όλες τις έγκυρες καταστάσεις ενός προβλήματος αναζήτησης και για ακμές έχει τους τελεστές μετάβασης

**Παράδειγμα Κατασκευής Χώρου Καταστάσεων:** Σε μία εκδοχή του προβλήματος των Πύργων του Hanoi υπάρχουν 3 πύργοι (A, B, C) και 2 δίσκοι (μικρός και μεγάλος). Στόχος είναι να μεταφερθούν και οι 2 δίσκοι από τον πύργο A στον πύργο C σύμφωνα με τα παρακάτω:

- Μπορεί να μεταφερθεί μόνο ένα δίσκος τη φορά.
- Δε μπορεί να τοποθετηθεί ο μεγάλος δίσκος πάνω από τον μικρό δίσκο.



**Λύση:**

**Κατάσταση:** Αναπαριστώ μια κατάσταση με μια διάδα (X,Y) όπου  $X \in \{A,B,C\}$  δείχνει σε ποιο πύργο βρίσκεται ο μεγάλος δίσκος και  $Y \in \{A,B,C\}$  δείχνει σε ποιο πύργο βρίσκεται ο μικρός δίσκος

**Τελεστές:**

**$T_1(x)$ :** Μετακίνηση του μικρού δίσκου στον πύργο x

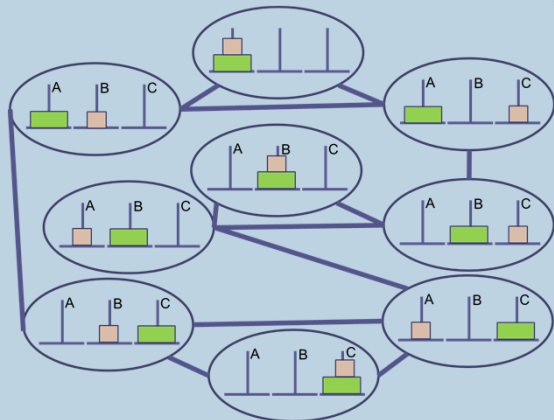
**Προϋποθέσεις:** Ο μικρός δίσκος βρίσκεται σε πύργο διαφορετικό του x

**Αποτέλεσμα:** Ο μικρός δίσκος μεταφέρεται στον πύργο x

**$T_2(x)$ :** Μετακίνηση του μεγάλου δίσκου στον πύργο x

**Προϋποθέσεις:** Ο μεγάλος δίσκος βρίσκεται σε πύργο διαφορετικό του x, ο μικρός δίσκος δεν βρίσκεται στον πύργο x και δεν είναι επάνω στον μεγάλο δίσκο

**Αποτέλεσμα:** Ο μεγάλος δίσκος μεταφέρεται στον πύργο x



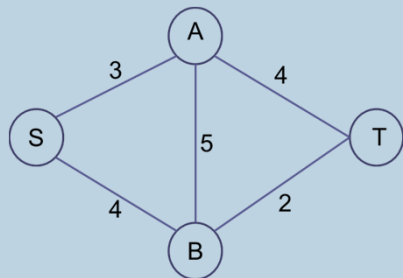
Ο γράφος καταστάσεων ορίζεται άμεσα από τον ορισμό της κατάστασης (κόμβοι) και τους τελεστές (ακμές). Ισχύει ότι τα βάρη των ακμών είναι το κόστος των τελεστών (εδώ π.χ. ίσα με 1) και ότι με μη κατευθυνόμενες ακμές ορίζουμε την εφαρμογή τελεστών αμφίδρομα.



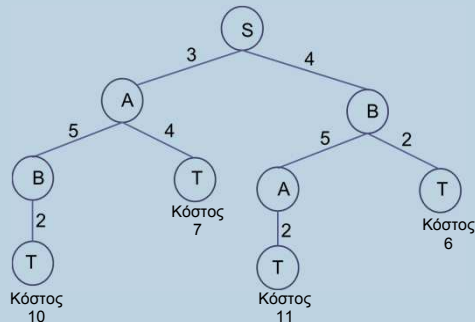
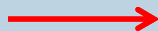
**Χώρος Αναζήτησης:** Δένδρο που περιλαμβάνει όλα τα μονοπάτια από την αφετηρία έως το κόμβο-στόχο.

Κατασκευή χώρου αναζήτησης: «Θέσε ως παιδιά του κόμβου, τους γείτονες στο γράφο, που δεν είναι πρόγονοι. Σταμάτα όταν είσαι σε αδιέξοδο ή στον τερματισμό»

**Παράδειγμα Κατασκευής Χώρου Αναζήτησης:** Στον ακόλουθο γράφο καταστάσεων με αφετηρία τον κόμβο S και τερματισμό το T, δώστε το χώρο αναζήτησης του προβλήματος.



**Χώρος Καταστάσεων**



**Χώρος Αναζήτησης**

**Στον χώρο αναζήτησης (με τα βάρη):**

**Κόστος μονοπατιού:** Άθροισμα βαρών ακμών από αφετηρία έως κόμβο (π.χ. κόστος S-A-B-T είναι 10)

**Βέλτιστο μονοπάτι:** Το συντομότερο (μικρότερο κόστος) από όλα τα μονοπάτια (εδώ είναι το S-B-T με κόστος 6)