

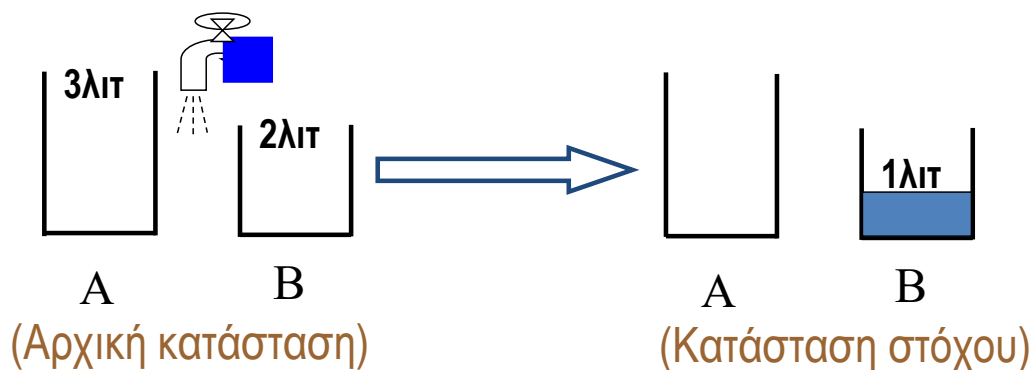
# Τεχνητή Νοημοσύνη

Επίλυση Προβλημάτων & Αναζήτηση (Φ)

Δρ. Δημήτριος Κουτσομητρόπουλος

## ΠΡΟΒΛΗΜΑ- ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

Το πρόβλημα των 2 δοχείων



**Διαθέσιμες ενέργειες:**

- Γέμισε το δοχείο A
  - Γέμισε το δοχείο B
  - Άδειασε το δοχείο A
- κλπ

# ΑΣΚΗΣΗ

---

Λύστε το πρόβλημα των 2 δοχείων και καταγράψτε τη λύση σε φυσική γλώσσα.

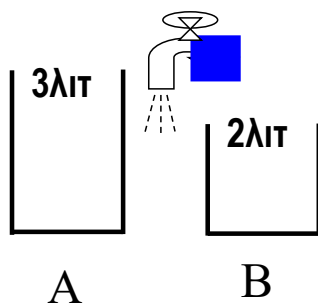
(5 λεπτά)

▶ 3

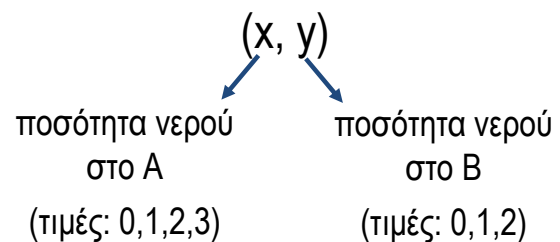
## ΠΡΟΒΛΗΜΑ- ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

---

Το πρόβλημα των 2 δοχείων



Αναπαράσταση κατάστασης



Αρχική κατάσταση:  $(0, 0)$

Τελικές καταστάσεις:  $(0, 1)$   
(κρίτήριο τερματισμού :  $x=0, y=1$ )

▶ 4

# ΠΡΟΒΛΗΜΑ- ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

---

## Χώρος Καταστάσεων

$S = \{(x, y): x \in \{0, 1, 2, 3\}, y \in \{0, 1, 2\}\}$ , δηλ.

$S = \{ (0, 0), (0,1) , (0, 2), (1, 0), (1, 1), (1, 2),$   
 $(2, 0), (2, 1), (2, 2), (3, 0), (3, 1), (3, 2)\}$

---

► 5

# ΠΡΟΒΛΗΜΑ- ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

---

## Τελεστές Δράσης

Περιγραφή Ενέργειας

T1: Γέμισε το δοχείο A

Προϋποθέσεις

$x < 3$

Αποτέλεσμα

$(3, y)$

---

► 6

# ΑΣΚΗΣΗ

---

Γράψτε τους υπόλοιπους τελεστές (πρώτα τις ενέργειες όλες, μετά τις προϋποθέσεις και τα αποτελέσματα)

(10 λεπτά)

---

▶ 7

## ΠΡΟΒΛΗΜΑ- ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

---

### Τελεστές Δράσης

<u>Περιγραφή Ενέργειας</u>	<u>Προϋποθέσεις</u>	<u>Αποτέλεσμα</u>
T1: Γέμισε το δοχείο A	$x < 3$	$(3, y)$
T2: Γέμισε το δοχείο B	$y < 2$	$(x, 2)$
T3: Άδειασε το δοχείο A	$x > 0$	$(0, y)$
T4: Άδειασε το δοχείο B	$y > 0$	$(x, 0)$
T5: Άδειασε το δοχείο A στο B	$x > 0, y < 2$	$\begin{cases} (x-(2-y), 2) & \text{αν } x \geq 2-y \\ (0, y+x) & \text{αν } x < 2-y \end{cases}$
T6: Άδειασε το δοχείο B στο A	$x < 3, y > 0$	$\begin{cases} (3, y-(3-x)) & \text{αν } y \geq 3-x \\ (y+x, 0) & \text{αν } y < 3-x \end{cases}$

---

▶ 8

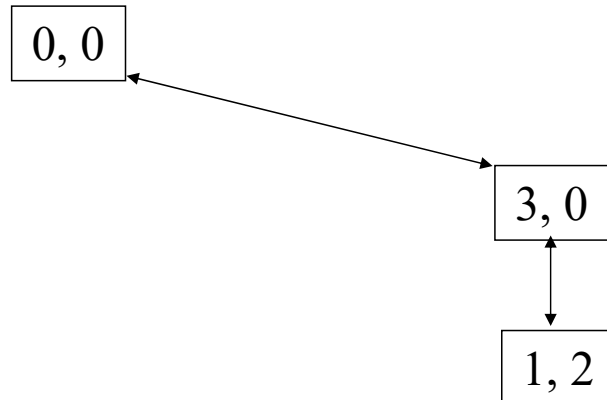
# ΠΡΟΒΛΗΜΑ- ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

## Χώρος Καταστάσεων

$S = \{(x, y): x \in \{0, 1, 2, 3\}, y \in \{0, 1, 2\}\}$ , δηλ.

$S = \{(0, 0), (0,1), (0, 2), (1, 0), (1, 1), (1, 2),$   
 $(2, 0), (2, 1), (2, 2), (3, 0), (3, 1), (3, 2)\}$

## Γράφος καταστάσεων (μέρος)



▶ 9

# ΑΣΚΗΣΗ

Συμπληρώστε το γράφο καταστάσεων

(10 λεπτά)

▶ 10

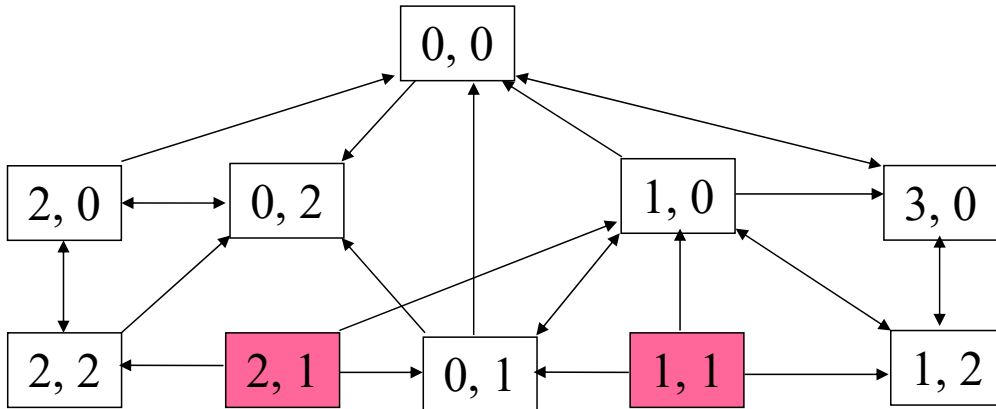
# ΠΡΟΒΛΗΜΑ- ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

## Χώρος Καταστάσεων

$S = \{(x, y): x \in \{0, 1, 2, 3\}, y \in \{0, 1, 2\}\}$ , δηλ.

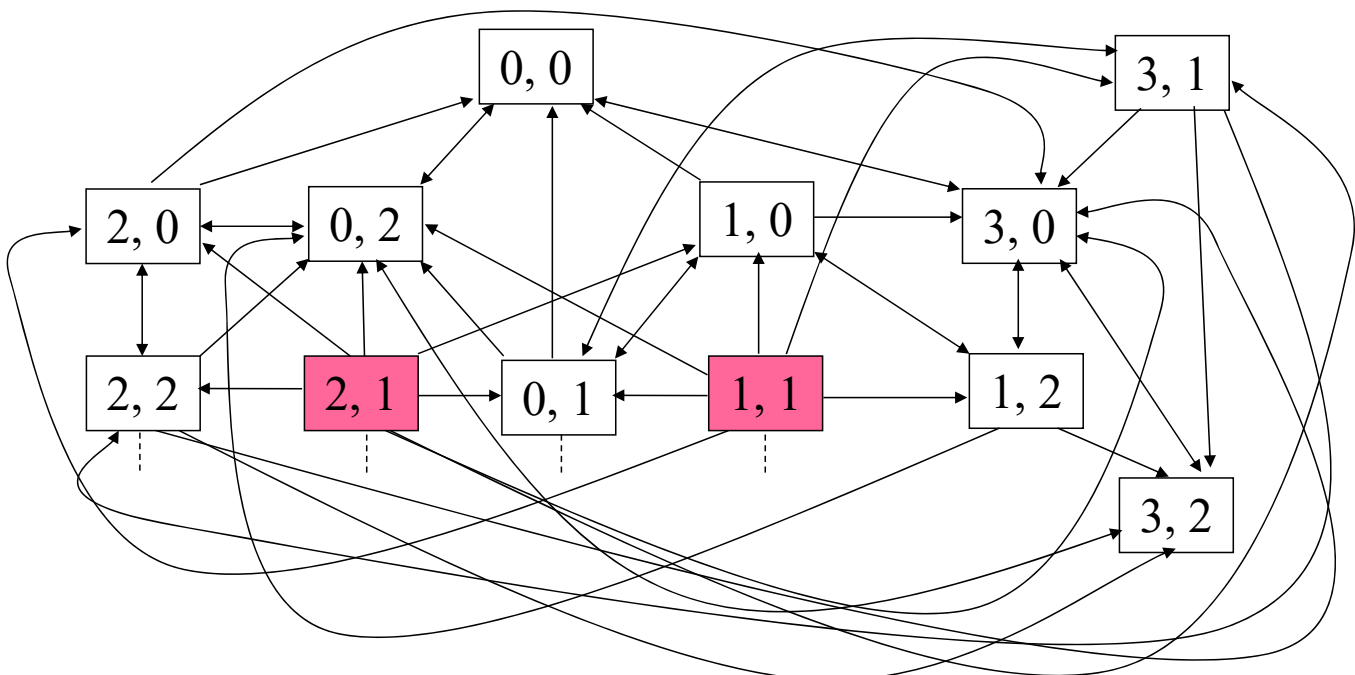
$S = \{(0, 0), (0,1), (0, 2), (1, 0), (1, 1), (1, 2), (2, 0), (2, 1), (2, 2), (3, 0), (3, 1), (3, 2)\}$

## Γράφος καταστάσεων (μέρος)

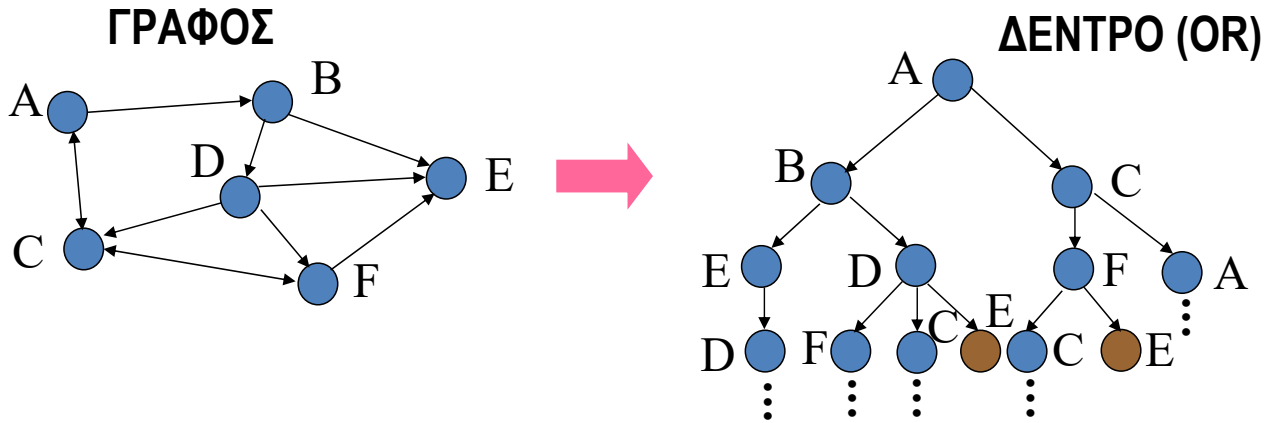


# ΠΡΟΒΛΗΜΑ- ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

## Γράφος καταστάσεων (!!!)



# ΓΡΑΦΟΣ/ΔΕΝΤΡΟ ΑΝΑΖΗΤΗΣΗΣ

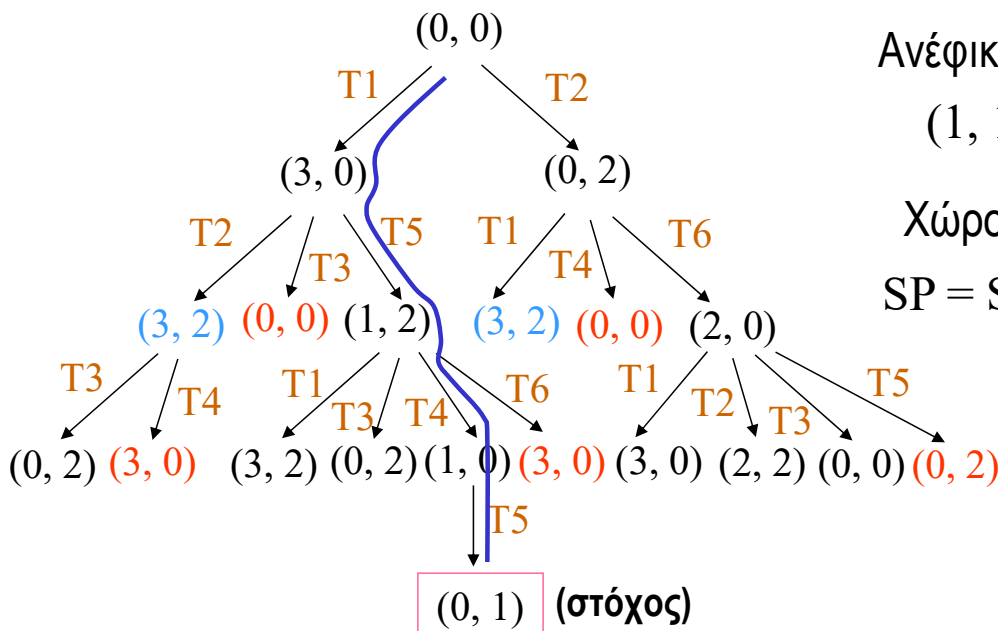


## Ορολογία Δέντρων

- ρίζα (root)  $\rightarrow$  A
  - κόμβοι (nodes)  $\rightarrow$  A, B, C, ...
  - ενδιάμεσοι κόμβοι  $\rightarrow$  B, C, ...
  - κλάδοι (branches)  $\rightarrow$  A-B, B-D, ...
  - φύλλα (leaves)  $\rightarrow$  E
- απόγονος (descendant)
  - πρόγονος (ancestor)
  - παιδιά (children)
  - γονέας (parent)
  - αδέρφια (siblings)

# ΠΡΟΒΛΗΜΑ- ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

## Δέντρο Αναζήτησης (μέρος)



Ανέφικτες Καταστάσεις  
(1, 1) και (2, 1)

Χώρος Αναζήτησης  
 $SP = S - \{(1, 1), (2, 1)\}$

# ΣΥΖΗΤΗΣΗ

---

- Υπάρχει διαφορά ανάμεσα σε χώρο καταστάσεων και χώρο αναζήτησης;
- Η λύση σας ανιχνεύεται στο δέντρο αναζήτησης;

## Το παιχνίδι με τα σπέρτα

---

Το παιχνίδι των σπέρτων ανάμεσα σε δύο παίκτες, A και B, παίζεται ως εξής:

- ο A ξεκινάει και μετά εναλλάσσονται ως προς τη σειρά
- από ένα σωρό σπέρτων, ο παίκτης που έχει σειρά αφαιρεί 1, 2 ή 3 σπέρτα, με μία κίνηση
- αυτός που αφαιρεί το τελευταίο σπέρτο χάνει

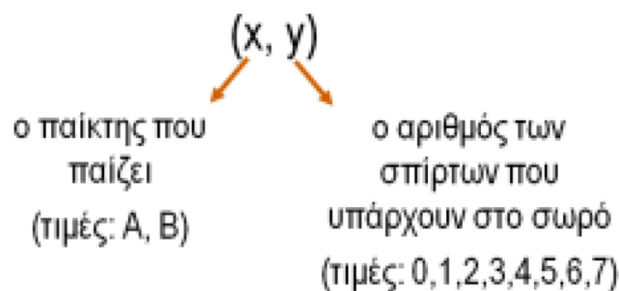
Ο αρχικός σωρός περιέχει 7 σπέρτα.

1. Βρείτε ένα τρόπο αναπαράστασης μιας κατάστασης.
2. Προσδιορίστε τους τελεστές δράσης.
3. Σχεδιάστε πλήρως ένα δέντρο αναζήτησης του προβλήματος.



# Αναπαράσταση

## Αναπαράσταση κατάστασης



Αρχική κατάσταση: (A, 7)

Τελικές καταστάσεις: (A, 0) ή (B, 0)  
(κριτήριο τερματισμού:  $x=A$  ή  $y=0$ )

► 17

# Τελεστές και χώρος καταστάσεων

## Τελεστές Δράσης

<u>Περιγραφή Ενέργειας</u>	<u>Προϋποθέσεις</u>	<u>Αποτέλεσμα</u>
1: Ο παίκτης αφαιρεί 1 σπίρτο (από το σωρό)	$y > 1$	(x, y-1)
2: Ο παίκτης αφαιρεί 2 σπίρτα (από το σωρό)	$y > 2$	(x, y-2)
3: Ο παίκτης αφαιρεί 3 σπίρτα (από το σωρό)	$y > 3$	(x, y-3)

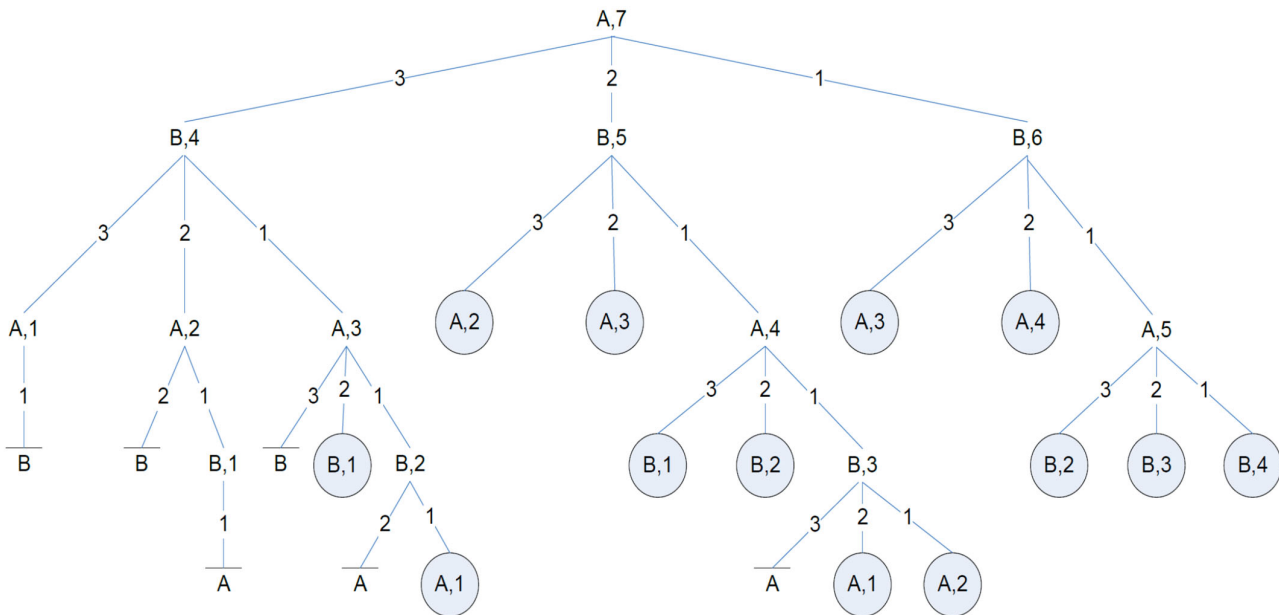
## Χώρος Καταστάσεων

$S = \{(x, y): x \in \{A, B\}, y \in \{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}\}$ , δηλ.

$S = \{(A, 0), (A, 1), (A, 2), (A, 3), (A, 4), (A, 5), (A, 6), (A, 7),$   
 $(B, 0), (B, 1), (B, 2), (B, 3), (B, 4), (B, 5), (B, 6), (B, 7)\}$

► 18

# Δένδρο αναζήτησης



Η γραμμή πάνω από ένα γράμμα υποδηλώνει ότι ο αντίστοιχος παίκτης κερδίζει (A ή B). Εναλλακτικά, χρησιμοποιούμε το συμβολισμό A' για το νικητή (A). Η αναγραφή μιας κατάστασης σε κύκλο υποδηλώνει ότι έχει αναπτυχθεί πλήρως σε άλλο σημείο του σχήματος.

**Χώρος Αναζήτησης:**  
 $SP = S - \{(A, 6), (B, 7)\}$

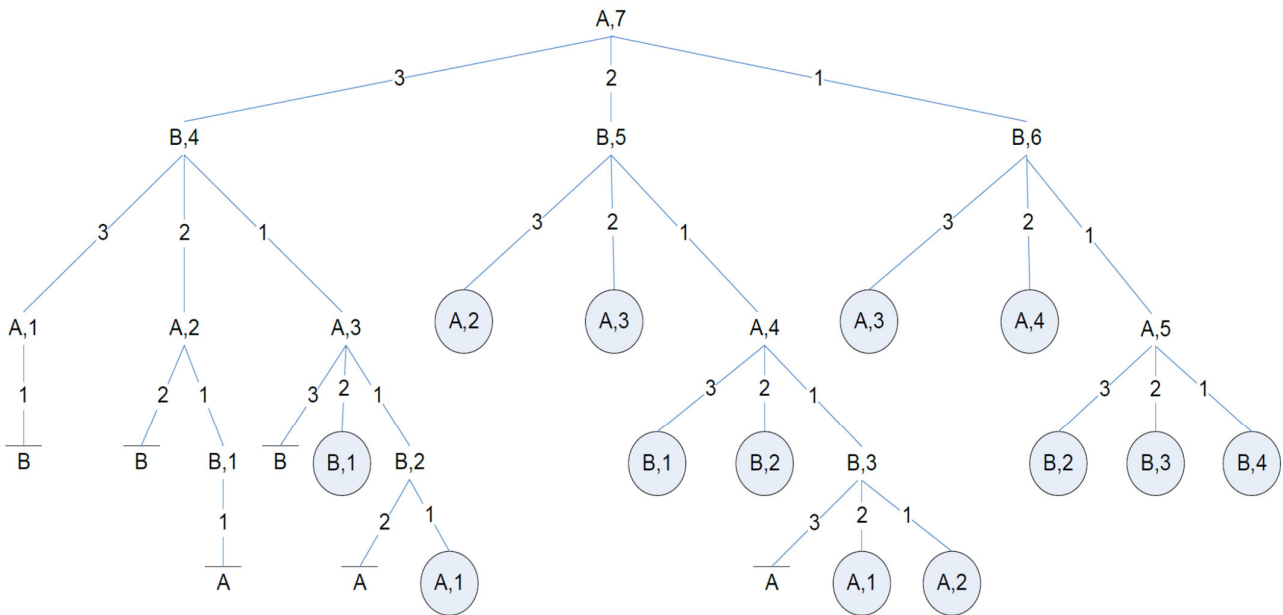
▶ 19

## Το παιχνίδι με τα σπέρτα (συνέχεια)

- ▶ Κόστος: Πόσοι κόμβοι θα δημιουργηθούν;
  - ▶ Κόμβοι δημιουργούνται κατά την επέκταση του γονέα
  - ▶ Όμως **BFS**: έλεγχος κατά τη δημιουργία, όχι κατά την επέκταση
  - ▶ Μέχρι να βρεθεί η 1<sup>η</sup> λύση;
- ▶ Ποιο είναι το μονοπάτι που βρίσκει ο αλγόριθμος;
- ▶ Αν εφαρμόσετε:
  - ▶ Αναζήτηση κατά βάθος (BFS)
  - ▶ Αναζήτηση κατά πλάτος (DFS)

▶ 20

## Σπίρτα - DFS

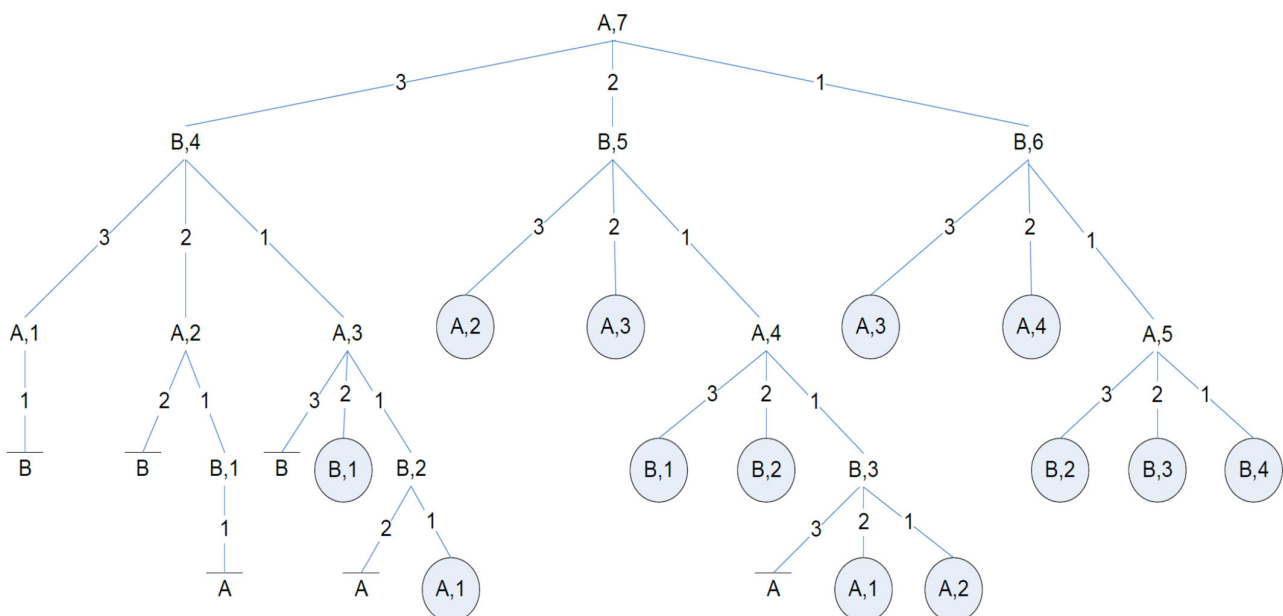


Δημιουργούνται 7+1 κόμβοι (A7, B4, B5, B6, A1, A2, A3, B')

Μονοπάτι: A7, B4, A1, B' μεγέθους 4

► 21

## Σπίρτα - BFS



Δημιουργούνται 13+1 κόμβοι (A7, B4, B5, B6, A1, A2, A3, A2, A3, A4, A3, A4, A5, B')

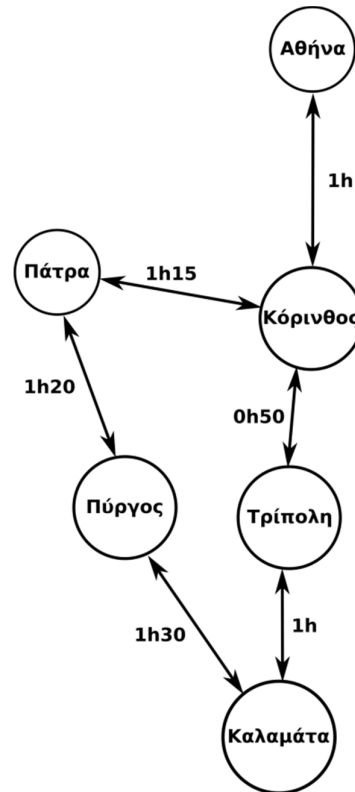
Μονοπάτι: A7, B4, A3, B' μεγέθους 4

► 22

# Οδικό δίκτυο

Δεξιά βλέπουμε σε γραφική απεικόνιση ένα μέρος του οδικού δικτύου της Ελλάδας. Ένας ταξιδιώτης θέλει να πάει από την Αθήνα στην Καλαμάτα. Ποια διαδρομή θα ακολουθήσει χρησιμοποιώντας: α) αναζήτηση κατά βάθος, β) αναζήτηση κατά πλάτος και γ) αναζήτηση ομοιόμορφου κόστους (uniform cost search);

Θεωρείστε ότι σε περίπτωση ισοβαθμίας επιλέγουμε το παιδί που προηγείται λεξικογραφικά. Θα αλλάξει κάτι στα αποτελέσματα αν επιλέγουμε με την αντίθετη σειρά;



▶ 2323

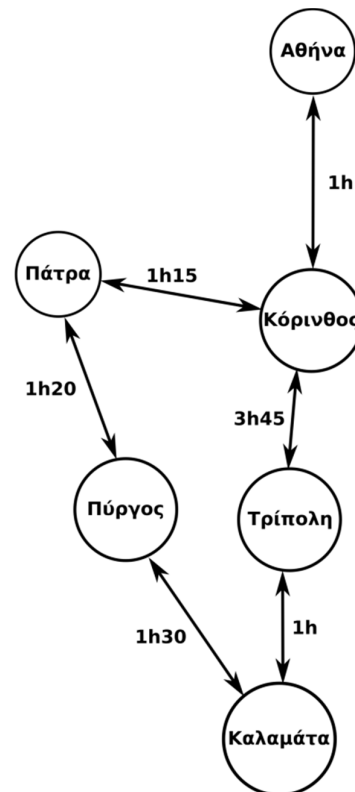
## Οδικό δίκτυο – λύση

- ▶ Αν χρησιμοποιήσουμε την **αναζήτηση κατά βάθος**, θα πάρουμε το εξής μονοπάτι:
  - ▶ Αθήνα -> Κόρινθος -> Πάτρα -> Πύργος-> Καλαμάτα
  - ▶ Το συνολικό κόστος της διαδρομής είναι **5h05**.
  - ▶ Αν επιλέγουμε παιδιά με την αντίθετη σειρά, τότε θα πάρουμε το μονοπάτι: Αθήνα -> Κόρινθος -> Τρίπολη -> Καλαμάτα με κόστος **2h50**.
- ▶ Αν χρησιμοποιήσουμε την **αναζήτηση κατά πλάτος**, θα πάρουμε το παρακάτω μονοπάτι:
  - ▶ Αθήνα -> Κόρινθος -> Τρίπολη -> Καλαμάτα.
  - ▶ Το συνολικό κόστος της διαδρομής είναι 2h50.
  - ▶ Αν επιλέγουμε παιδιά με την αντίθετη σειρά, τότε και πάλι θα πάρουμε το ίδιο μονοπάτι.
- ▶ Αν χρησιμοποιήσουμε **αναζήτηση ομοιόμορφου κόστους**, θα πάρουμε:
  - ▶ το ίδιο μονοπάτι με την αναζήτηση κατά πλάτος
  - ▶ το συνολικό κόστος της διαδρομής είναι 2h50
  - ▶ Στην αναζήτηση ομοιόμορφου κόστους στο συγκεκριμένο πρόβλημα, δεν βρισκόμαστε ποτέ σε ισοβαθμία κόστους.

▶ 2424

## Οδικό δίκτυο - 2

Τι θα αλλάξει στα αποτελέσματα των διαδρομών αν στο δρόμο Κόρινθο->Τρίπολη γίνονται κάποια έργα που απαιτούν παράκαμψη και αλλάζουν οι χρόνοι μετάβασης ως εξής:



▶ 2525

## Οδικό δίκτυο -2 - λύση

- ▶ Η αναζήτηση κατά βάθος και η αναζήτηση κατά πλάτος, μιας και δεν αξιοποιούν καμία πληροφορία για το κόστος της διαδρομής:
  - ▶ θα παράξουν πανομοιότυπα αποτελέσματα με προηγουμένως.
  - ▶ Το κόστος διαδρομής για την **αναζήτηση κατά βάθος** παραμένει **5h05** στην πρώτη περίπτωση.
  - ▶ Όταν επιλέγουμε με αντίθετη σειρά το κόστος γίνεται **5h45**.
  - ▶ Για την **αναζήτηση κατά πλάτος** το κόστος διαδρομής και στις δύο περιπτώσεις γίνεται **5h45**.
- ▶ Η **αναζήτηση ομοιόμορφου κόστους**, μιας και λαμβάνει υπόψη το κόστος της διαδρομής για τις αποφάσεις:
  - ▶ καταφέρνει να βρει κάθε φορά το βέλτιστο μονοπάτι (αφού δεν έχουμε αρνητικά κόστη).
  - ▶ Σε αυτή την περίπτωση (με τα έργα), το βέλτιστο μονοπάτι είναι:
  - ▶ Αθήνα -> Κόρινθος -> Πάτρα -> Πύργος-> Καλαμάτα με κόστος **5h05**.

▶ 26