



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΑΝΟΙΚΤΑ ακαδημαϊκά
μαθήματα ΠΠ

Τεχνητή Νοημοσύνη Ι

Ενότητα 4B: Πληροφορημένη Αναζήτηση και
Εξερεύνηση

Μουστάκας Κωνσταντίνος
Πολυτεχνική Σχολή
Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και
Τεχνολογίας Υπολογιστών

Σκοποί ενότητας

- Πληροφορημένη Αναζήτηση και Εξερεύνηση



Περιεχόμενα ενότητας

- Πληροφορημένη Αναζήτηση και Εξερεύνηση



Πληροφορημένη αναζήτηση και εξερεύνηση



Ευρετική αναζήτηση περιορισμένης μνήμης



A* με επαναληπτική εμφάθυνση

- Iterative Deepening A* (IDA*)
- Επέκταση των κλαδιών πρώτα κατά βάθος.
- Όριο αποκοπής στη συνάρτηση $f(n) = g(n)+h(n)$
- Αν δεν βρεθεί λύση σε κάποιο κόστος, αυξάνεται το όριο αποκοπής στο κόστος του «φθηνότερου» κόμβου που κλαδεύτηκε.
- Δεν ανιχνεύει επαναλαμβανόμενες καταστάσεις.



Απλουστευμένος A^* περιορισμένης μνήμης

- Simplified memory-bounded A^* (SMA*)
- Ίδιος καταρχήν με τον A^* .
- Όταν γεμίσει η μνήμη, για κάθε νέο κόμβο διαγράφει έναν παλιό.
- Διαγράφει πάντα τον κόμβο με το χειρότερο $f(n)$.
 - Ο κόμβος αυτός θα είναι πάντα ένας κόμβος-φύλλο, μιας και για συνεπείς ευρετικούς μηχανισμούς τα παιδιά έχουν πάντα μεγαλύτερη τιμή f από τους γονείς.
 - Σε περίπτωση ισοβαθμίας, διαγράφεται ο παλαιότερος κόμβος.
- Η τιμή $f(n)$ του κόμβου που διαγράφηκε διατηρείται στον γονικό κόμβο.

Πλήρης αλγόριθμος, εκτός και αν η βέλτιστη λύση δεν χωρά στη μνήμη!



Ευρετικές συναρτήσεις



Παζλ των 8 πλακιδίων

$h_1=8$

| | | |
|---|---|---|
| 7 | 2 | 4 |
| 5 | | 6 |
| 8 | 3 | 1 |

$h_2=18$

$h^*=26$

| | | |
|---|---|---|
| | 1 | 2 |
| 3 | 4 | 5 |
| 6 | 7 | 8 |

Αρχική κατάσταση

Κατάσταση στόχου

- 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
- Παραδεκτές και οι δύο.
 - Η h_2 κυριαρχεί της h_1 (χωρίς να υπερεκτιμά)
 - Η h_2 επεκτείνει λιγότερους κόμβους



Δραστικός παράγοντας διακλάδωσης

$$N + 1 = 1 + b^* + (b^*)^2 + \dots + (b^*)^d$$

| d | Κόστος αναζήτησης | | | Δραστικός παράγοντας διακλάδωσης | | |
|-----|-------------------|------------|------------|----------------------------------|------------|------------|
| | IDS | $A^*(h_1)$ | $A^*(h_2)$ | IDS | $A^*(h_1)$ | $A^*(h_2)$ |
| 2 | 10 | 6 | 6 | 2,45 | 1,79 | 1,79 |
| 4 | 112 | 13 | 12 | 2,87 | 1,48 | 1,45 |
| 6 | 680 | 20 | 18 | 2,73 | 1,34 | 1,30 |
| 8 | 6384 | 39 | 25 | 2,80 | 1,33 | 1,24 |
| 10 | 47127 | 93 | 39 | 2,79 | 1,38 | 1,22 |
| 12 | 3644035 | 227 | 73 | 2,78 | 1,42 | 1,24 |
| 14 | — | 539 | 113 | — | 1,44 | 1,23 |
| 16 | — | 1301 | 211 | — | 1,45 | 1,25 |
| 18 | — | 3056 | 363 | — | 1,46 | 1,26 |
| 20 | — | 7276 | 676 | — | 1,47 | 1,27 |
| 22 | — | 18094 | 1219 | — | 1,48 | 1,28 |
| 24 | — | 39135 | 1641 | — | 1,48 | 1,26 |

Επινόηση παραδεκτών μηχανισμών: Χαλαρά προβλήματα

- **Χαλαρά προβλήματα** (relaxed problems): Απλοποίηση των κανόνων του προβλήματος.
 - Το κόστος μιας βέλτιστης λύσης για ένα χαλαρό πρόβλημα είναι ένας παραδεκτός ευρετικός μηχανισμός για το αρχικό πρόβλημα.
- Κανόνας:
 - Ένα πλακίδιο μπορεί να μετακινηθεί από το τετράγωνο A στο τετράγωνο B αν το A συνορεύει οριζόντια ή κάθετα με το B και το B είναι κενό
- Χαλαροί κανόνες:
 - Ένα πλακίδιο μπορεί να μετακινηθεί από το τετράγωνο A στο τετράγωνο B αν το A συνορεύει με το B. ($\rightarrow h_2$)
 - Ένα πλακίδιο μπορεί να μετακινηθεί από το τετράγωνο A στο τετράγωνο B αν το B είναι κενό.
 - Ένα πλακίδιο μπορεί να μετακινηθεί από το τετράγωνο A στο τετράγωνο B. ($\rightarrow h_1$)



Επινόηση παραδεκτών μηχανισμών: Υποπροβλήματα

- Βάσεις δεδομένων προτύπων (pattern databases)
 - Αποθήκευση λύσεων υποπροβλημάτων.

| | | |
|---|---|---|
| * | 2 | 4 |
| * | | * |
| * | 3 | 1 |

Αρχική κατάσταση

| | | |
|---|---|---|
| | 1 | 2 |
| 3 | 4 | * |
| * | * | * |

Κατάσταση στόχου

Βάσεις δεδομένων ξένων προτύπων (disjoint pattern databases)

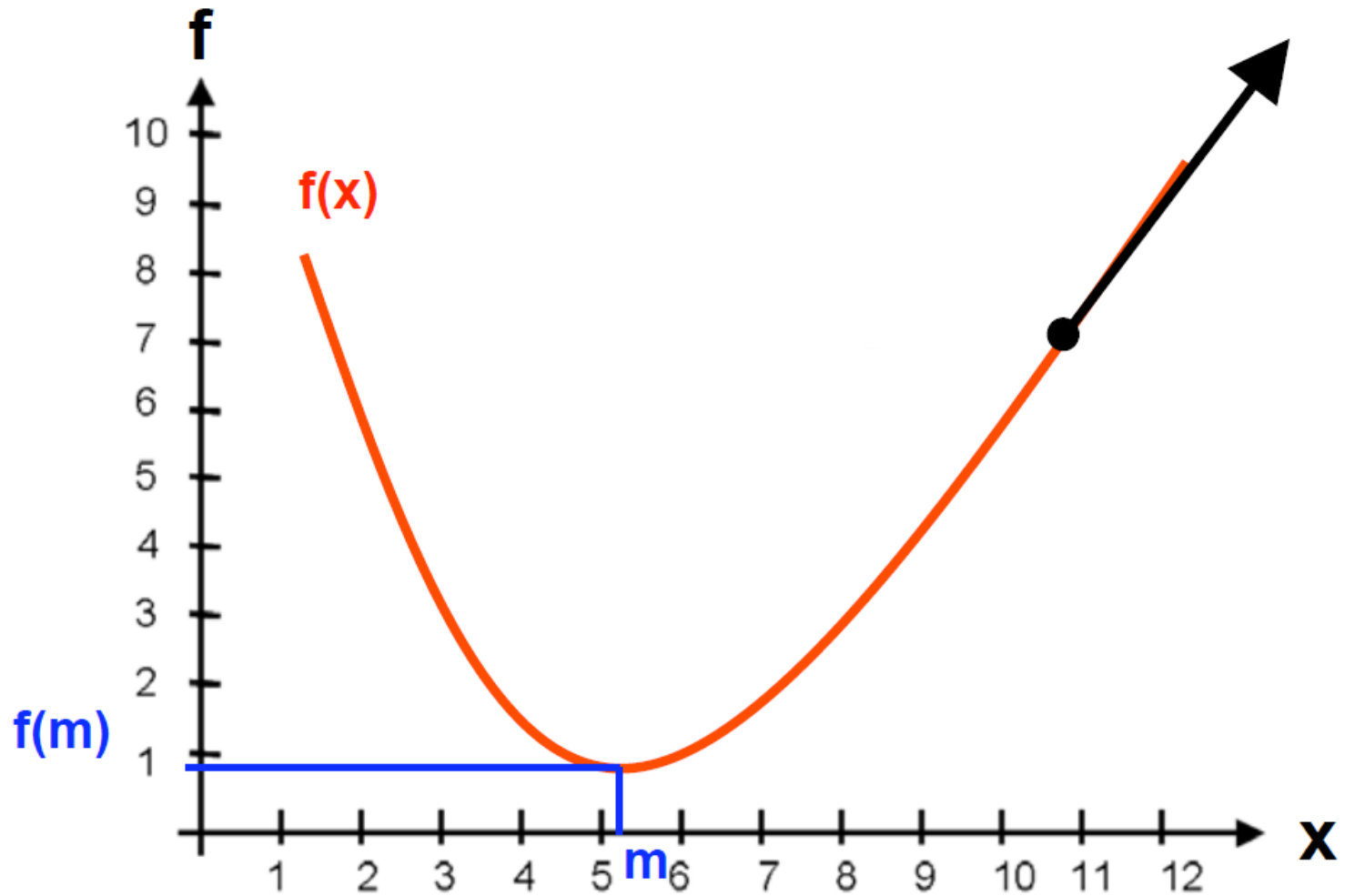
- Ξεχωριστές βάσεις δεδομένων, πρόσθεση των εκτιμήσεών τους, αφαίρεση (πλήρης) των κοινών κινήσεων.



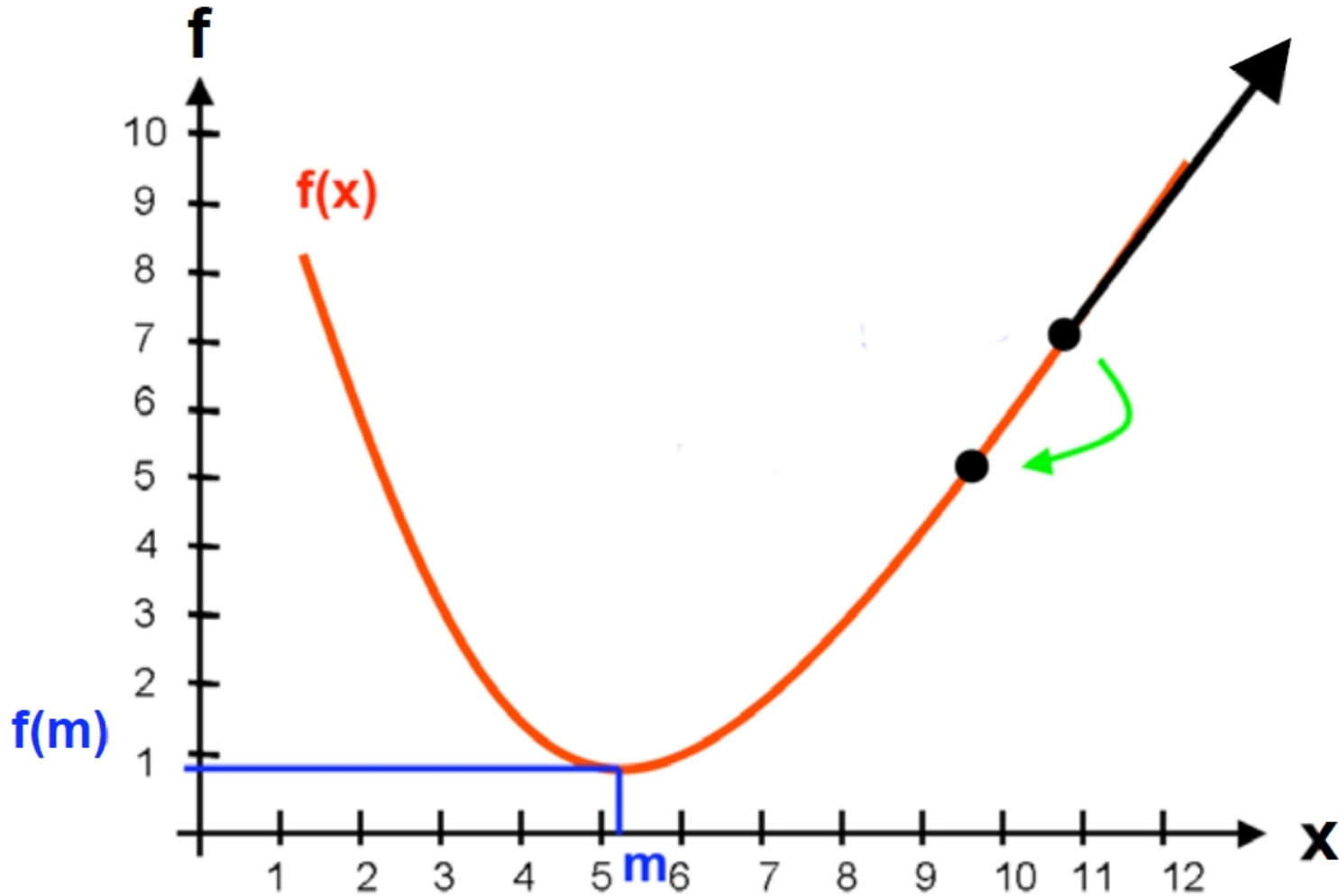
Αλγόριθμοι τοπικής αναζήτησης και προβλήματα βελτιστοποίησης



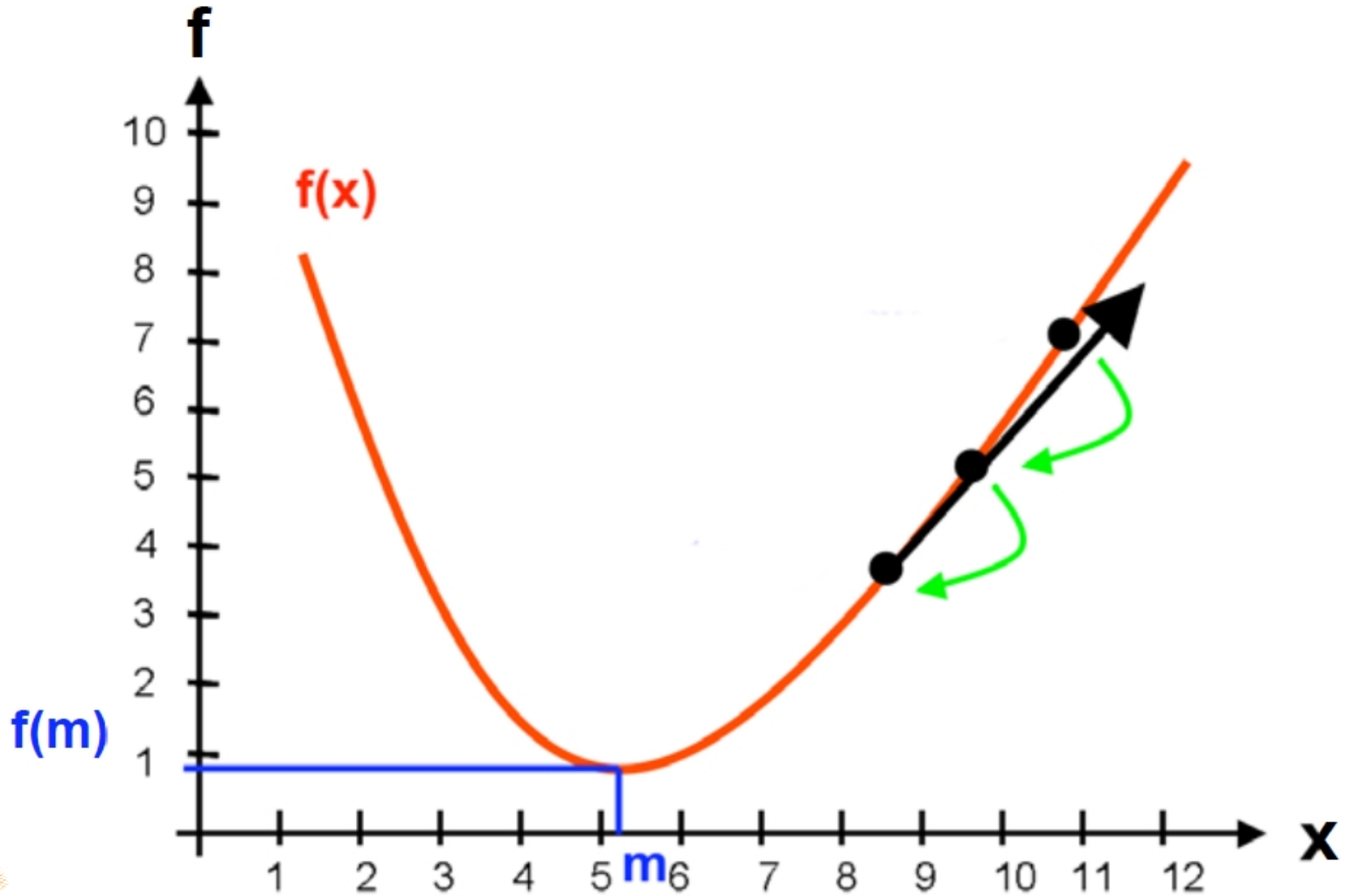
Τοπική αναζήτηση



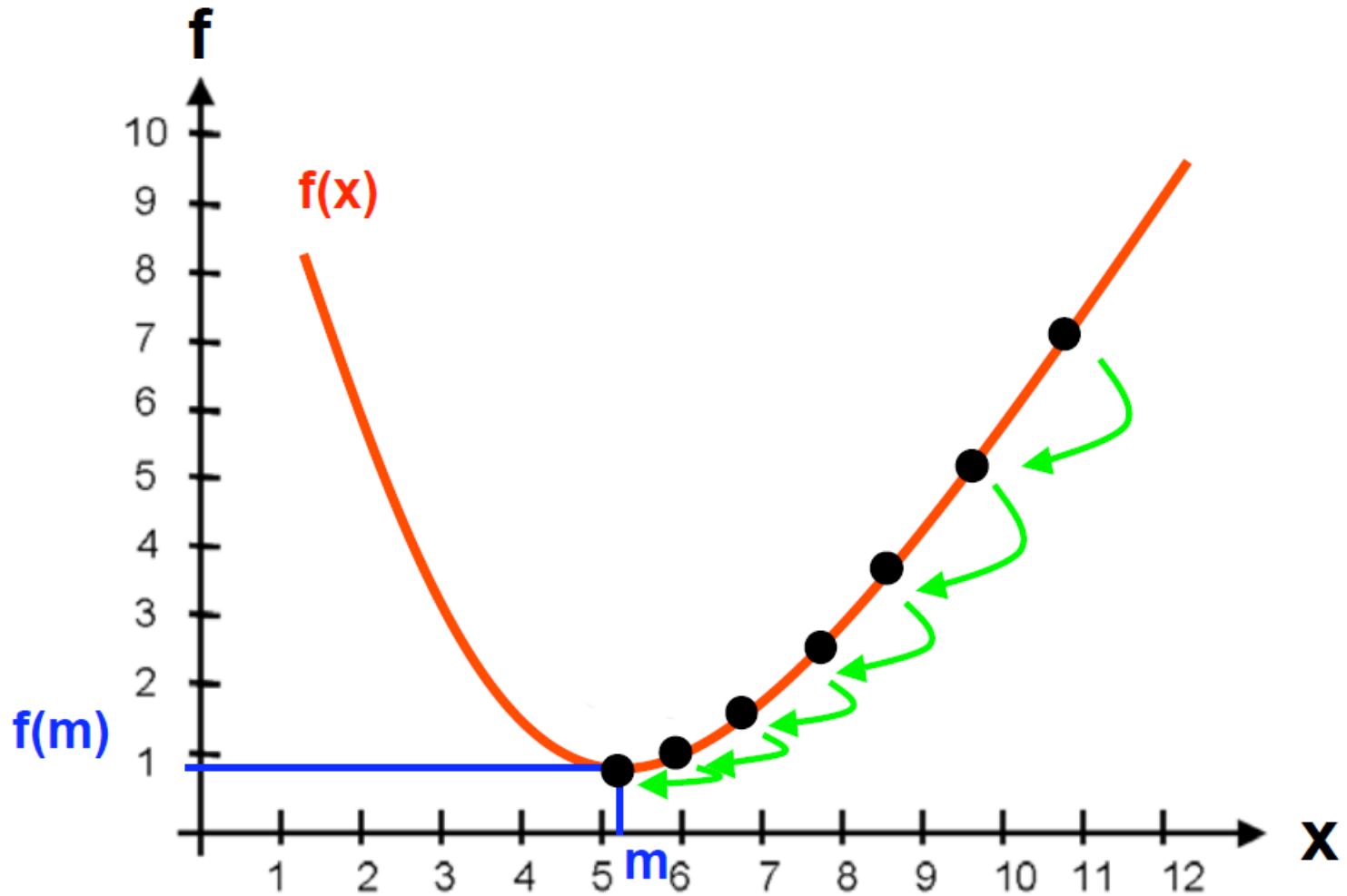
Τοπική αναζήτηση



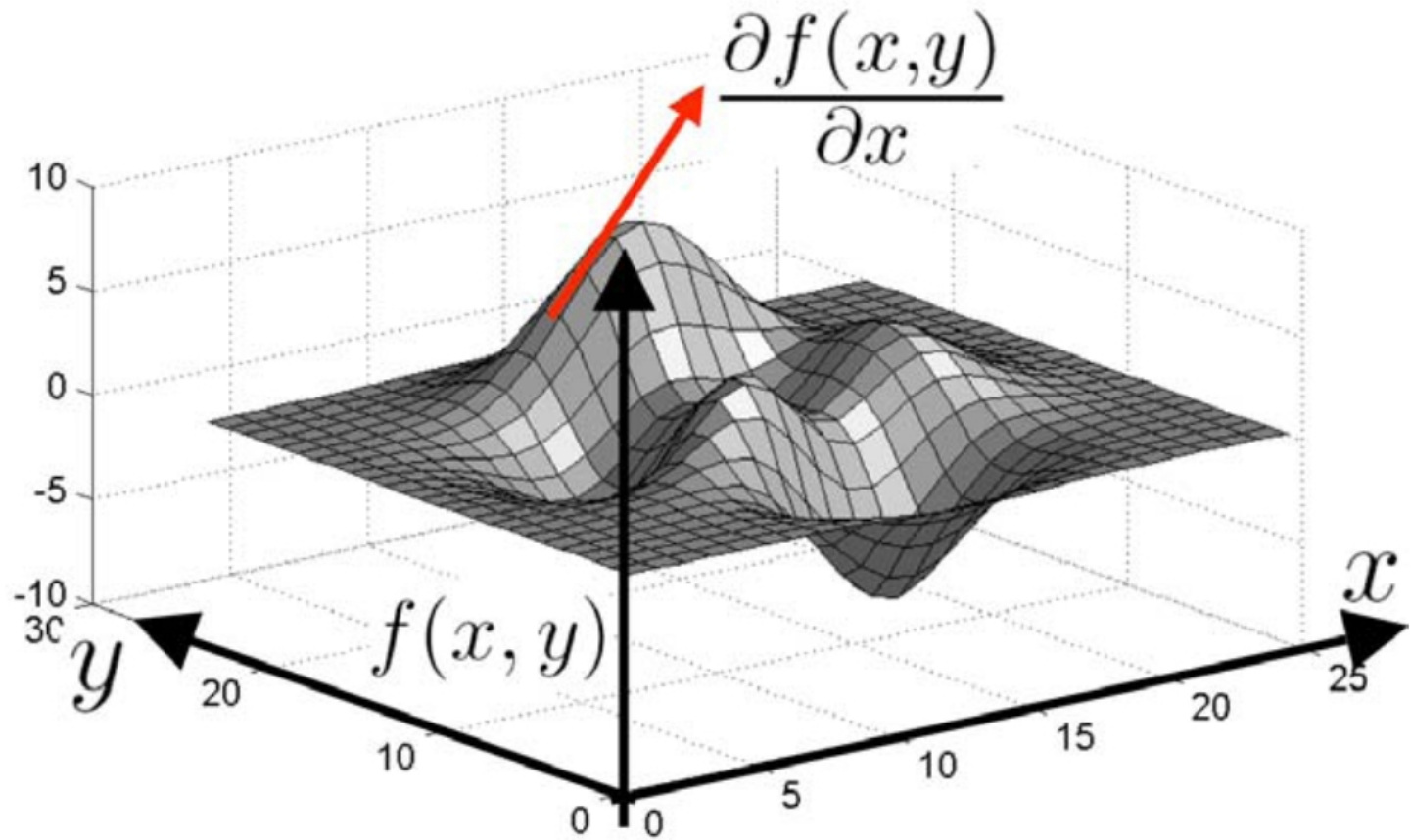
Τοπική αναζήτηση



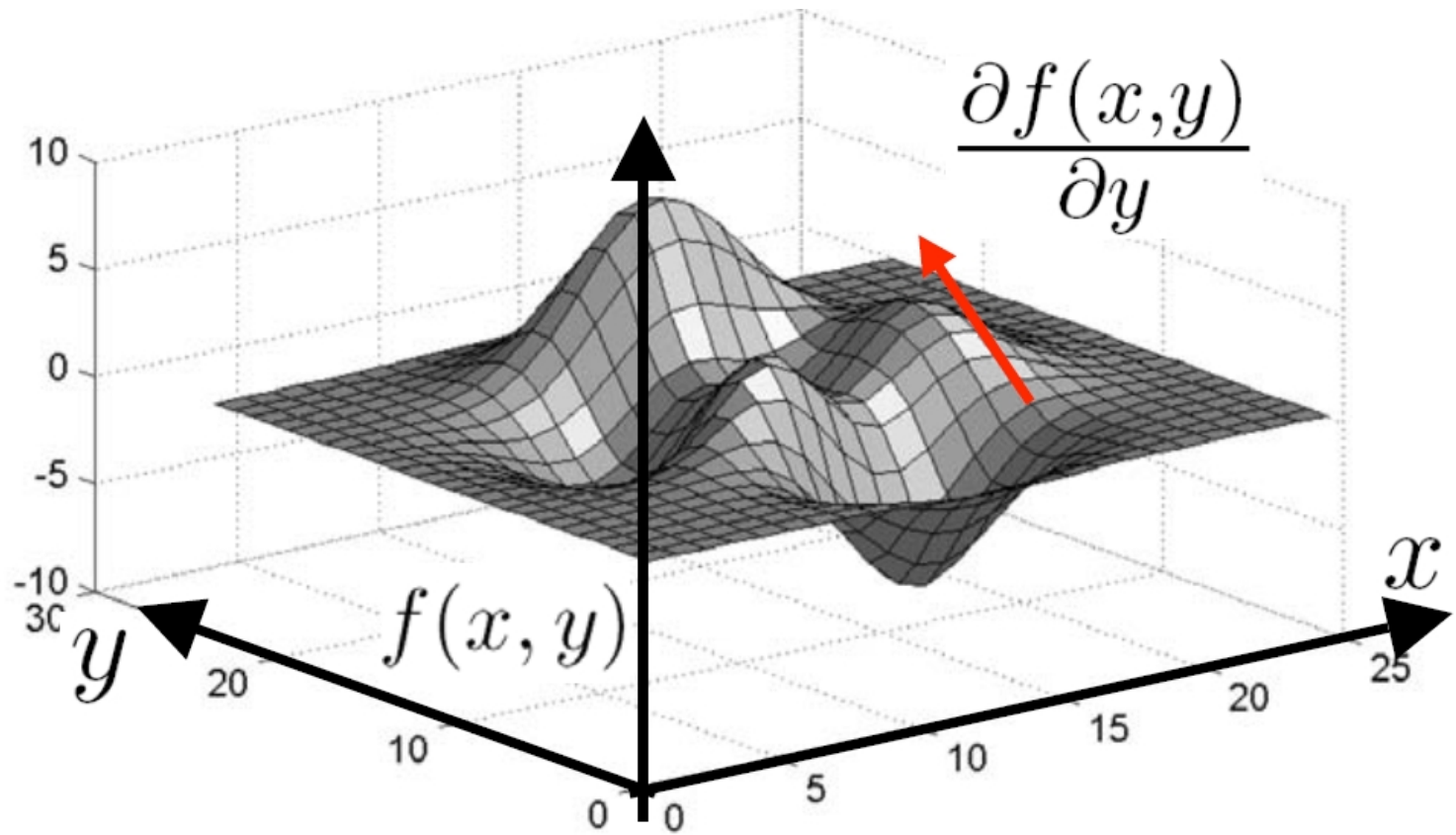
Τοπική αναζήτηση



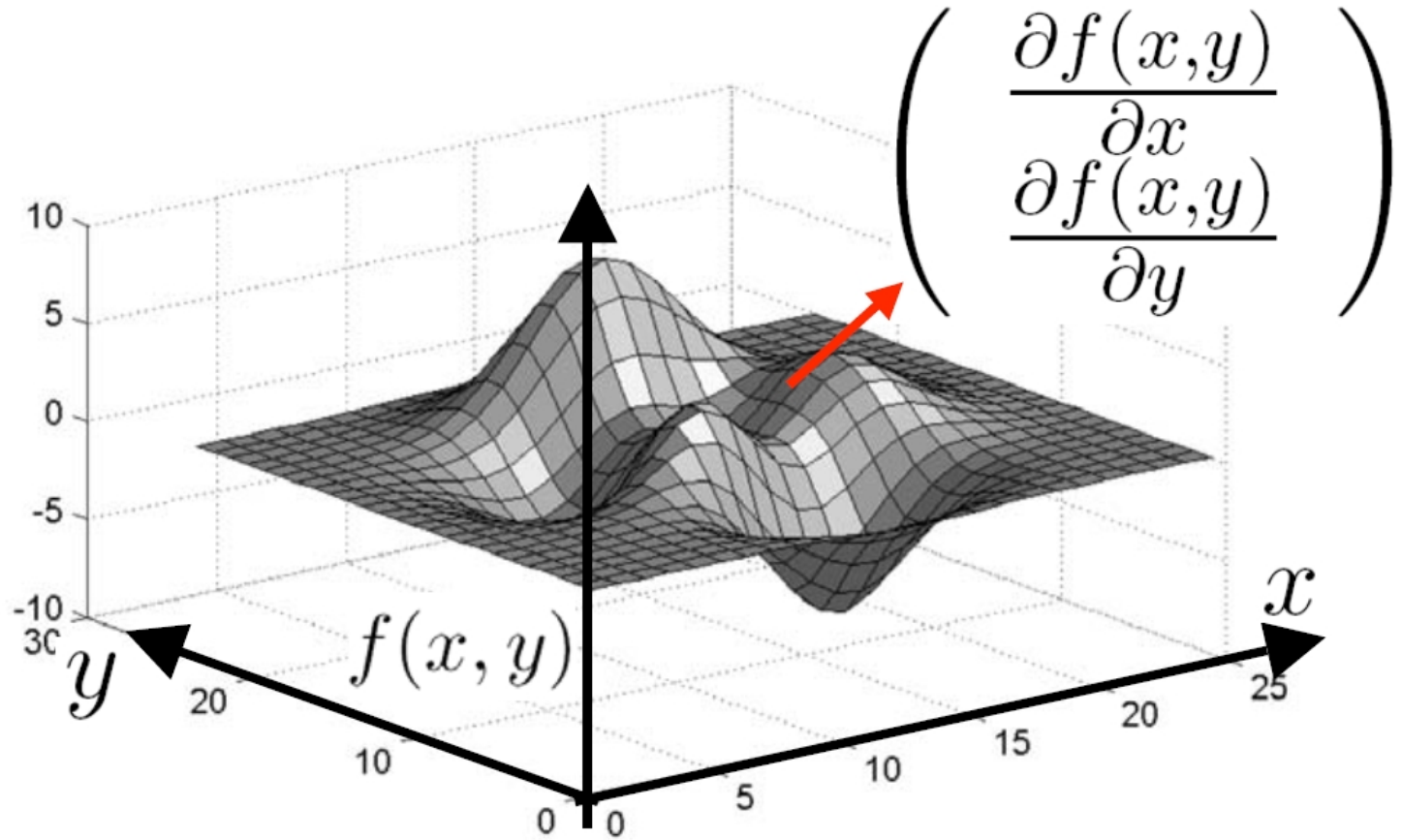
Τοπική αναζήτηση



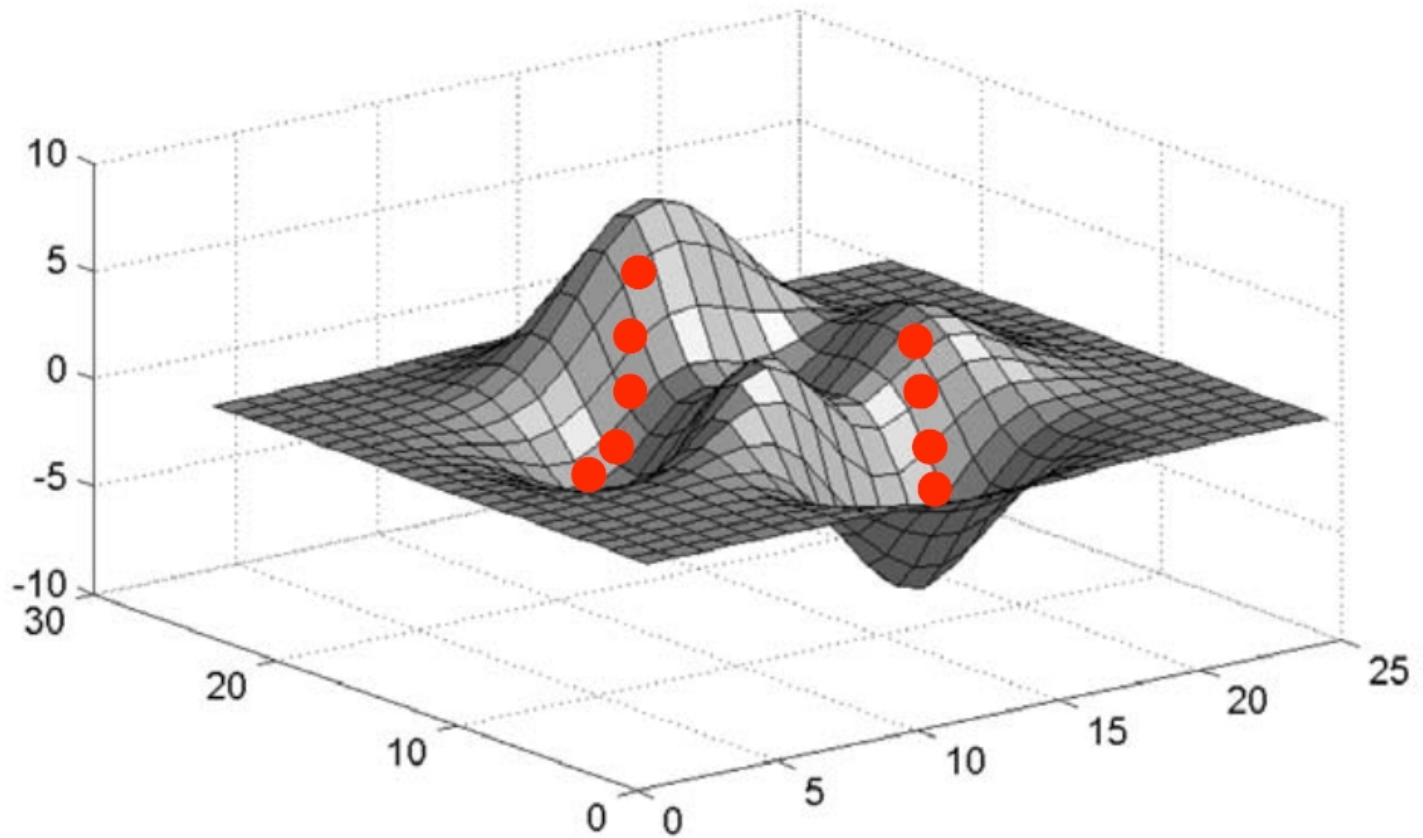
Τοπική αναζήτηση



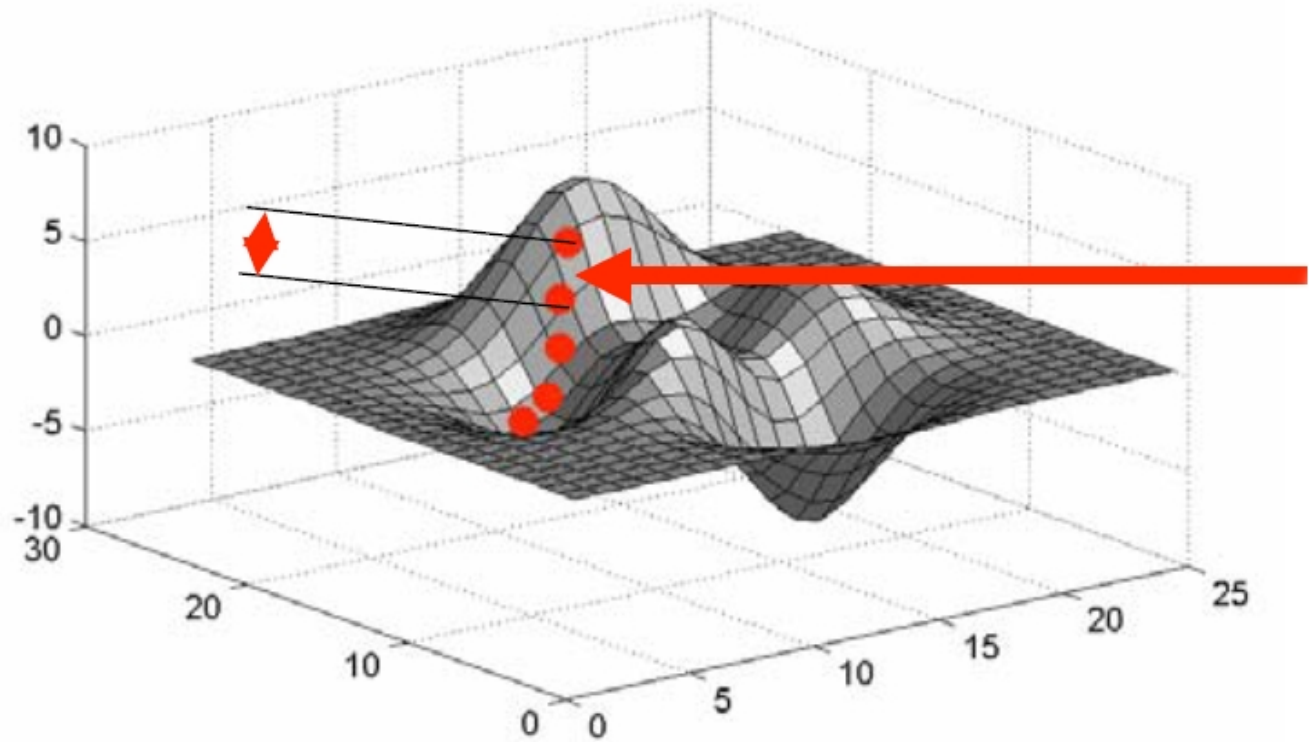
Τοπική αναζήτηση



Τοπική αναζήτηση

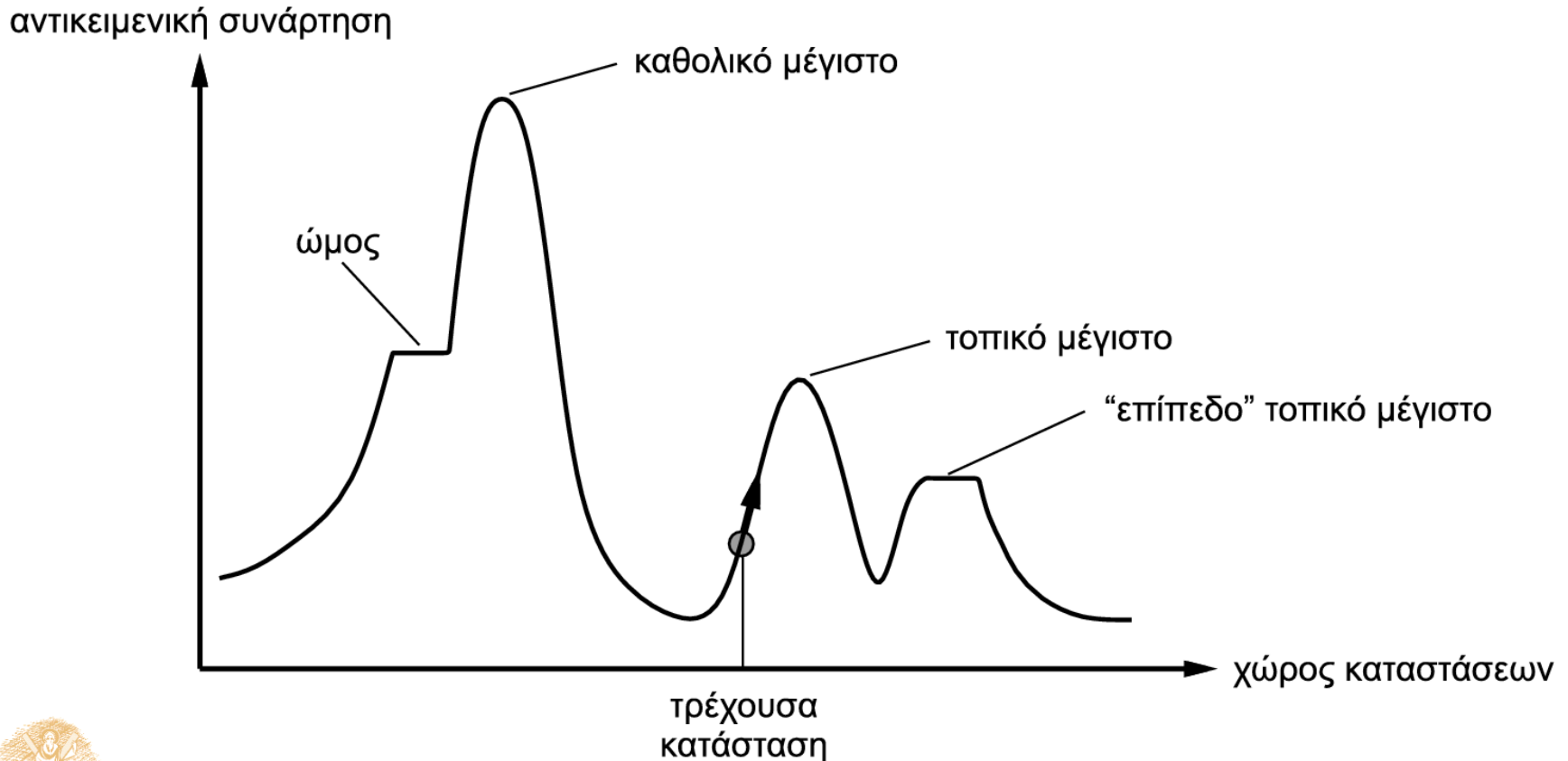


Τοπική αναζήτηση

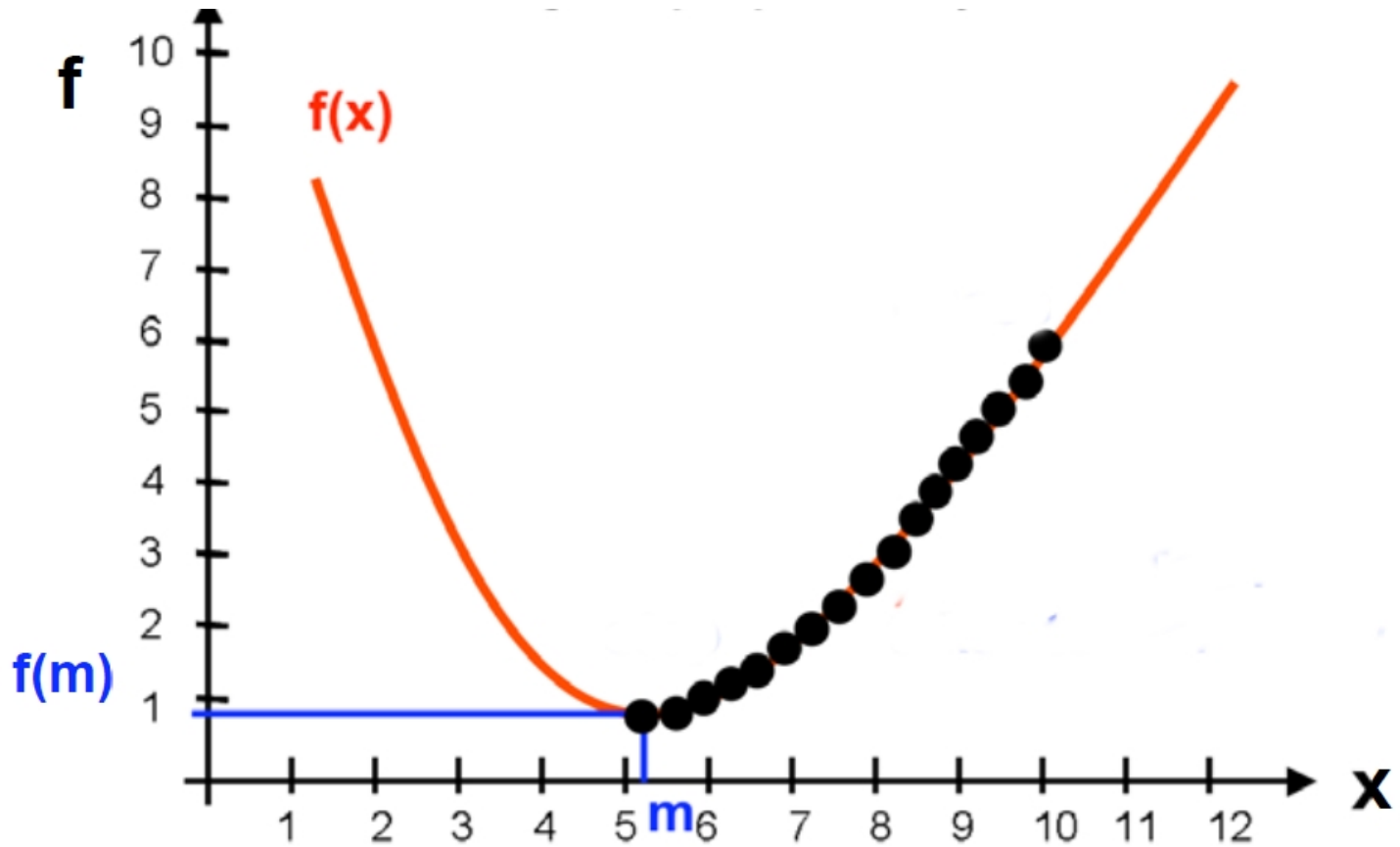


Τοπική αναζήτηση

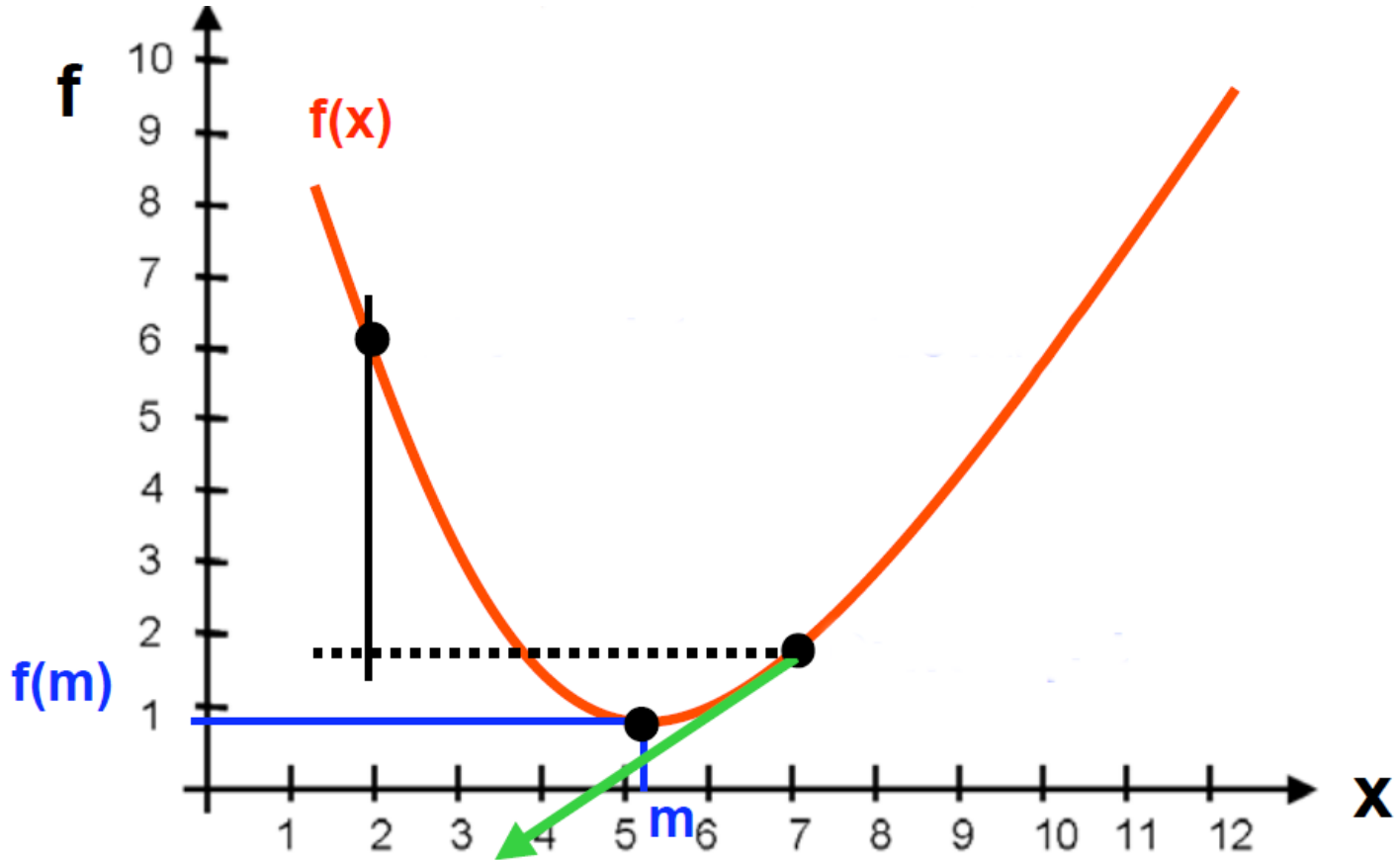
- Προβλήματα βελτιστοποίησης, αντικειμενική συνάρτηση
 - Τοπίο χώρου καταστάσεων

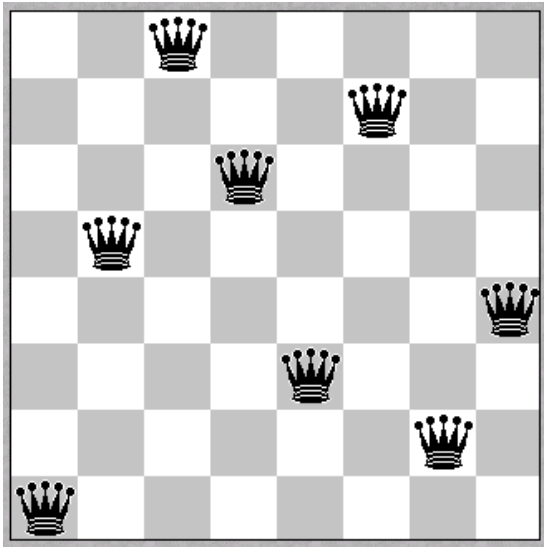


Τοπική αναζήτηση



Τοπική αναζήτηση





ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ: 64 (τετράγωνα)

ΠΕΔΙΟ ΤΙΜΩΝ: {q,∅}

ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ:

A. ακριβώς 8 βασίλισσες

B. καμία στην ίδια γραμμή, στήλη ή διαγώνιο με κάποια άλλη

ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ: 8 (στήλες)

ΠΕΔΙΟ ΤΙΜΩΝ: {1,2,3,4,5,6,7,8}

Πολλές λύσεις
Μας αρκεί μια (οποιαδήποτε)



Τοπική Αναζήτηση
(Local Search)



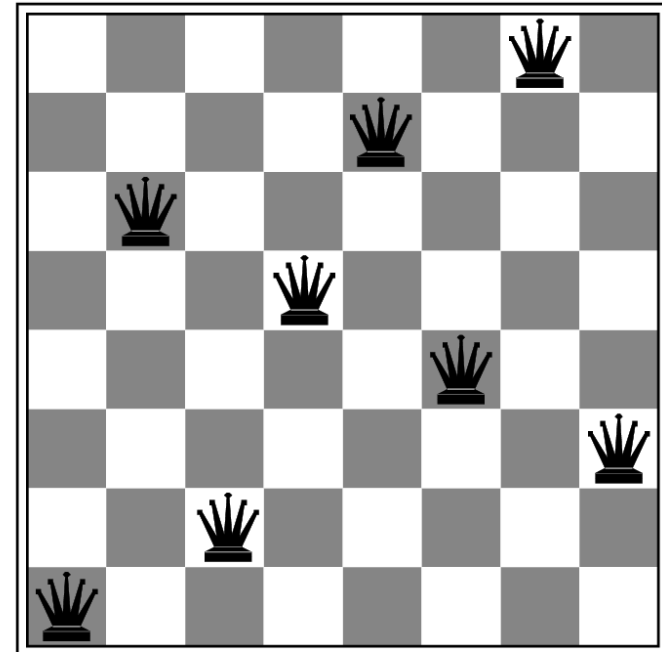
Αναρρίχηση λόφων

- Μετακινείται συνεχώς στην καλύτερη γειτονική κατάσταση.
 - Συνήθως διατύπωση με πλήρεις καταστάσεις

| | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 18 | 12 | 14 | 13 | 13 | 12 | 14 | 14 |
| 14 | 16 | 13 | 15 | 12 | 14 | 12 | 16 |
| 14 | 12 | 18 | 13 | 15 | 12 | 14 | 14 |
| 15 | 14 | 14 | ♔ | 13 | 16 | 13 | 16 |
| ♔ | 14 | 17 | 15 | ♔ | 14 | 16 | 16 |
| 17 | ♔ | 16 | 18 | 15 | ♔ | 15 | ♔ |
| 18 | 14 | ♔ | 15 | 15 | 14 | ♔ | 16 |
| 14 | 14 | 13 | 17 | 12 | 14 | 12 | 18 |

(α)

Τρέχουσα τιμή $h=17$

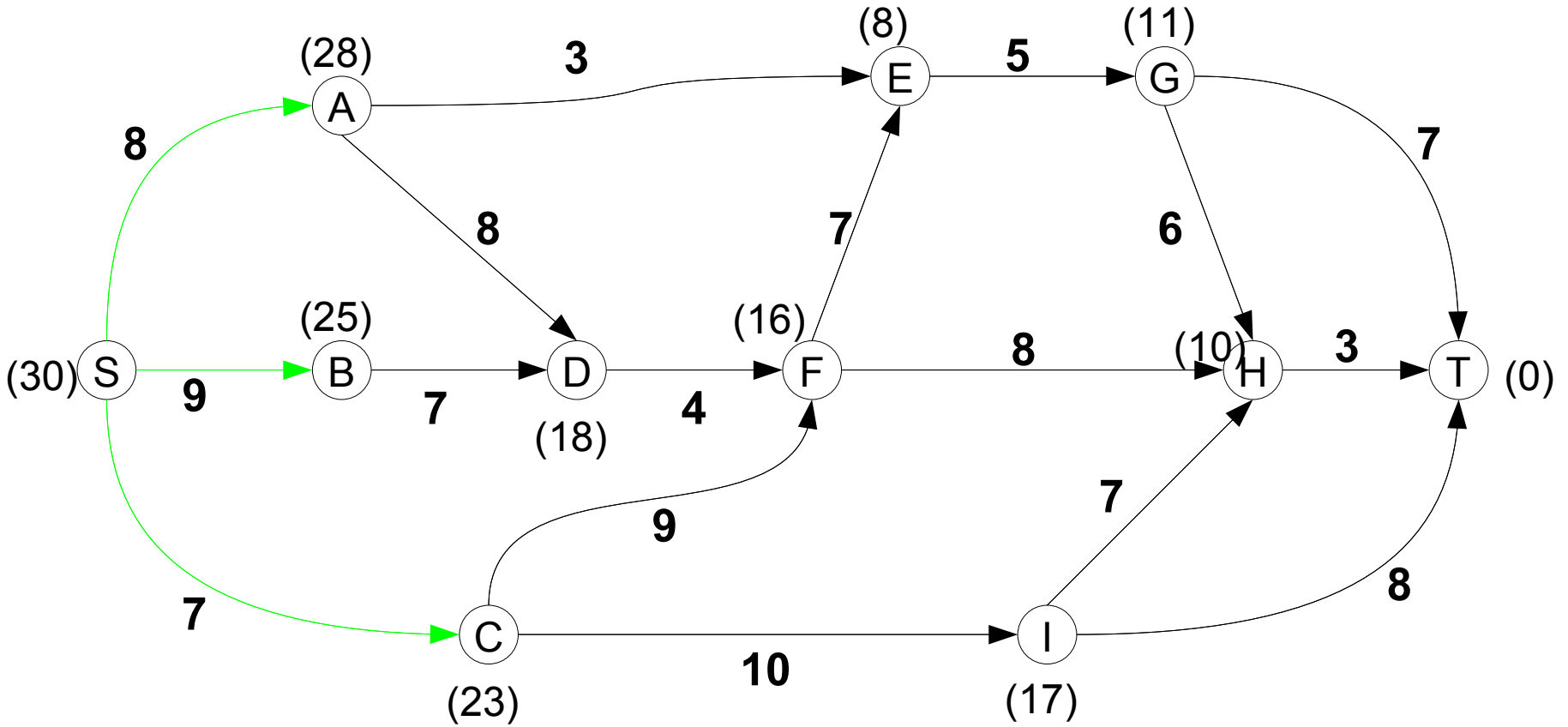


(β)

Τοπικό ελάχιστο με $h=1$



Hill-Climbing

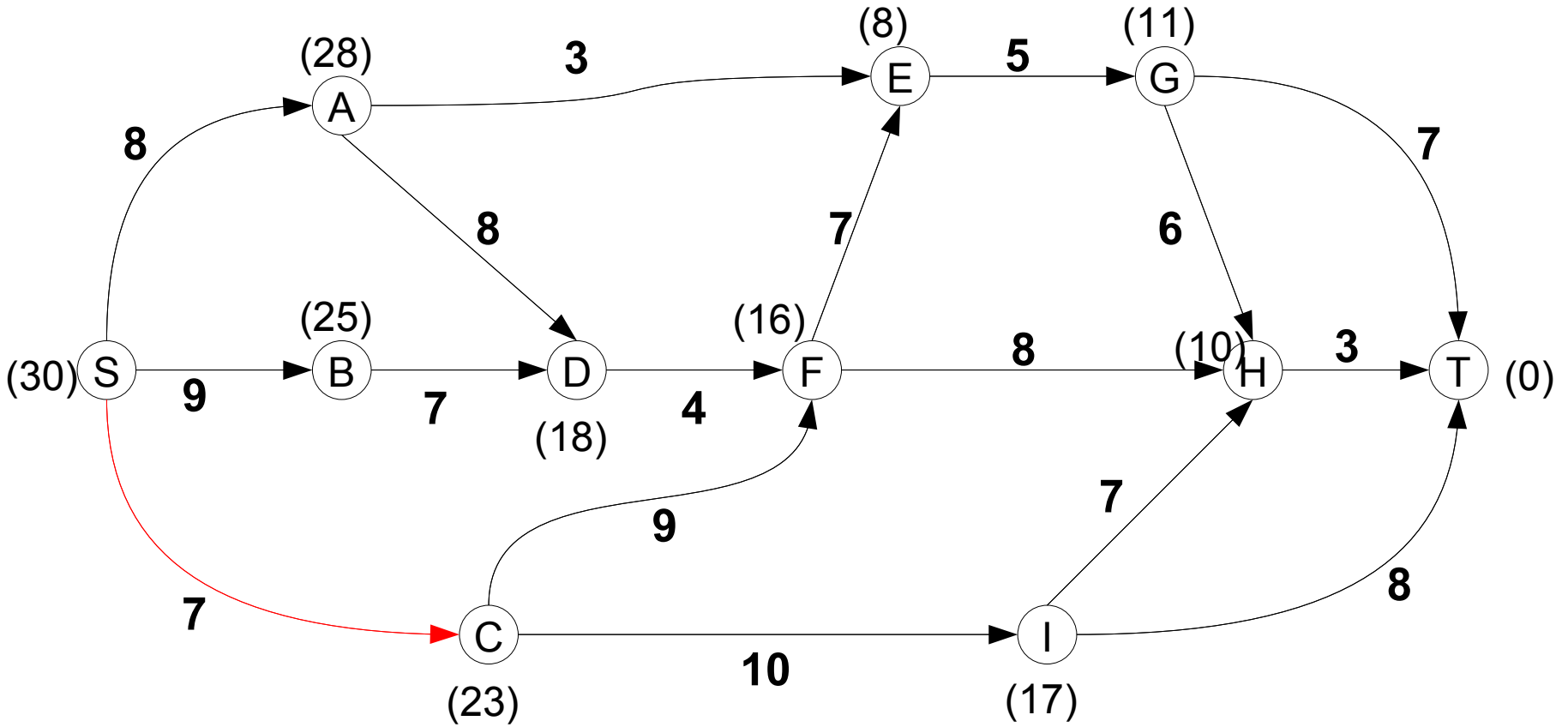


Τρέχουσα = S

Σύνολο = [C(7),A(8),B(9)]



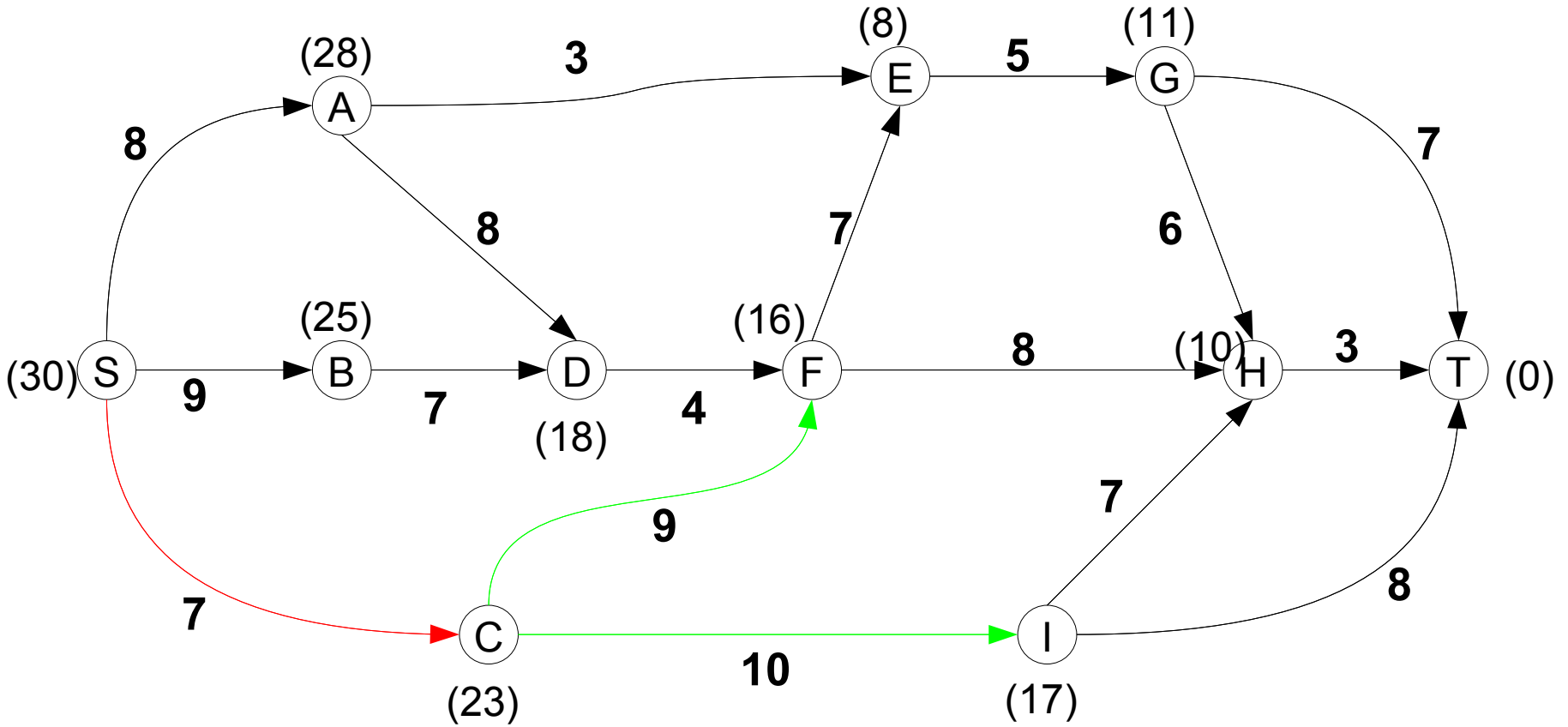
Hill-Climbing



Τρέχουσα = C
Σύνολο = []



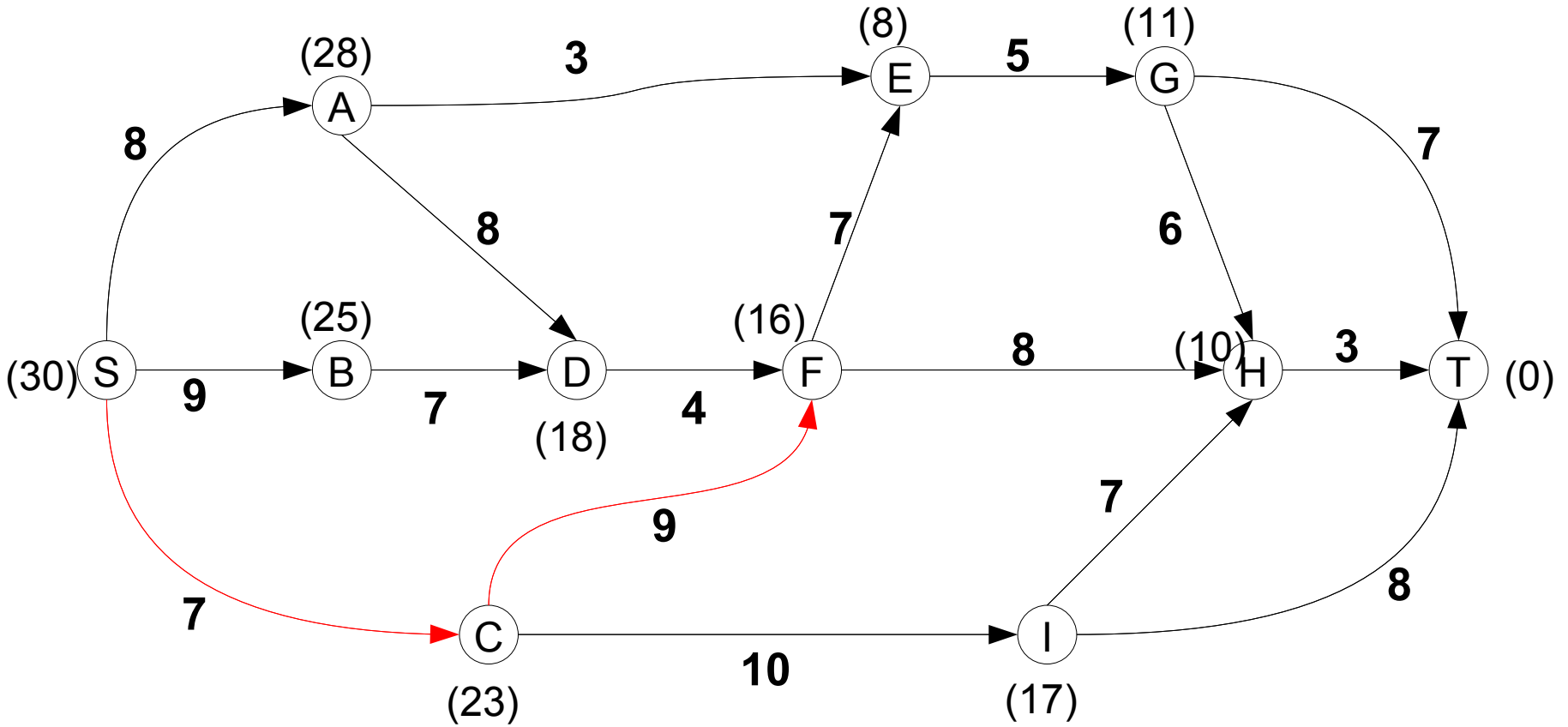
Hill-Climbing



Τρέχουσα = C
Σύνολο = [F(9), I(10)]



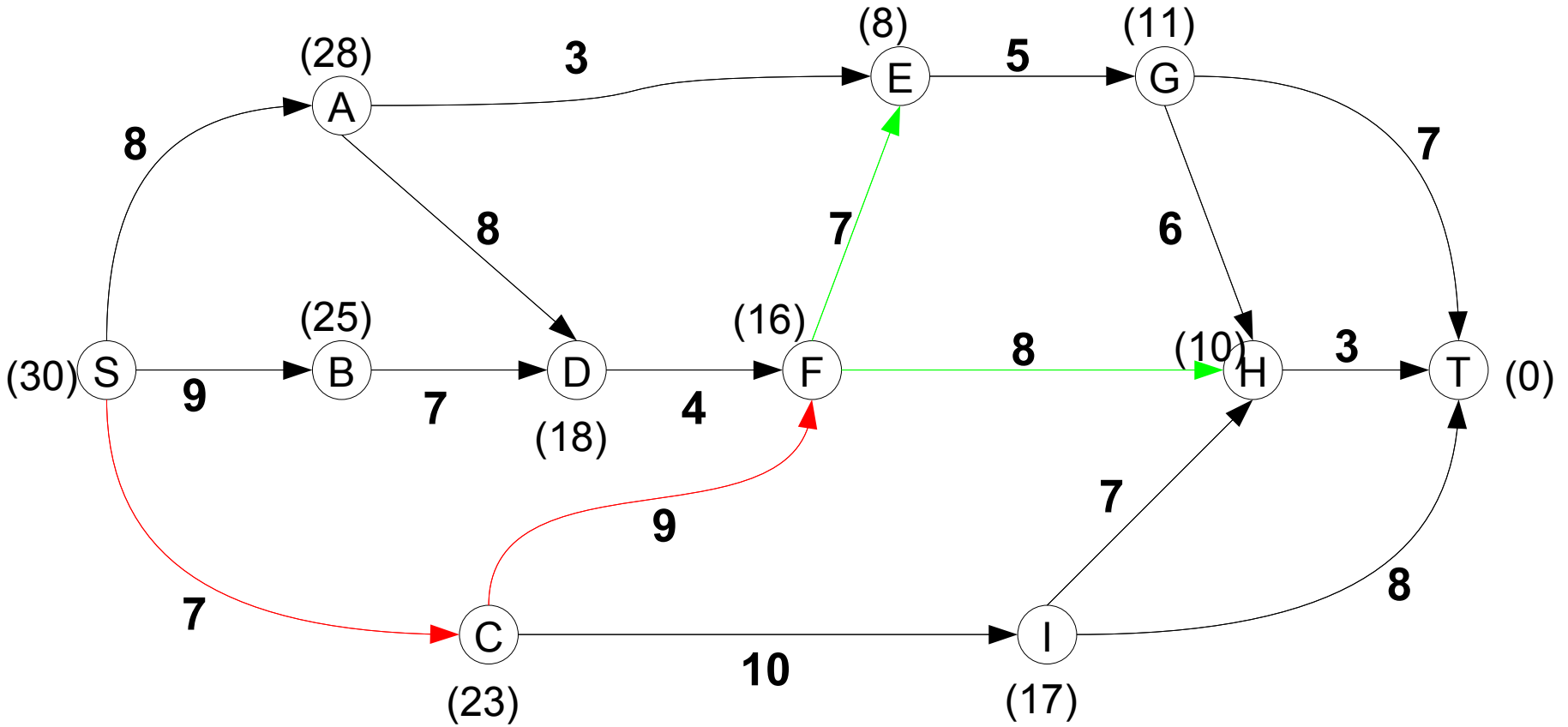
Hill-Climbing



Τρέχουσα = F
Σύνολο = []



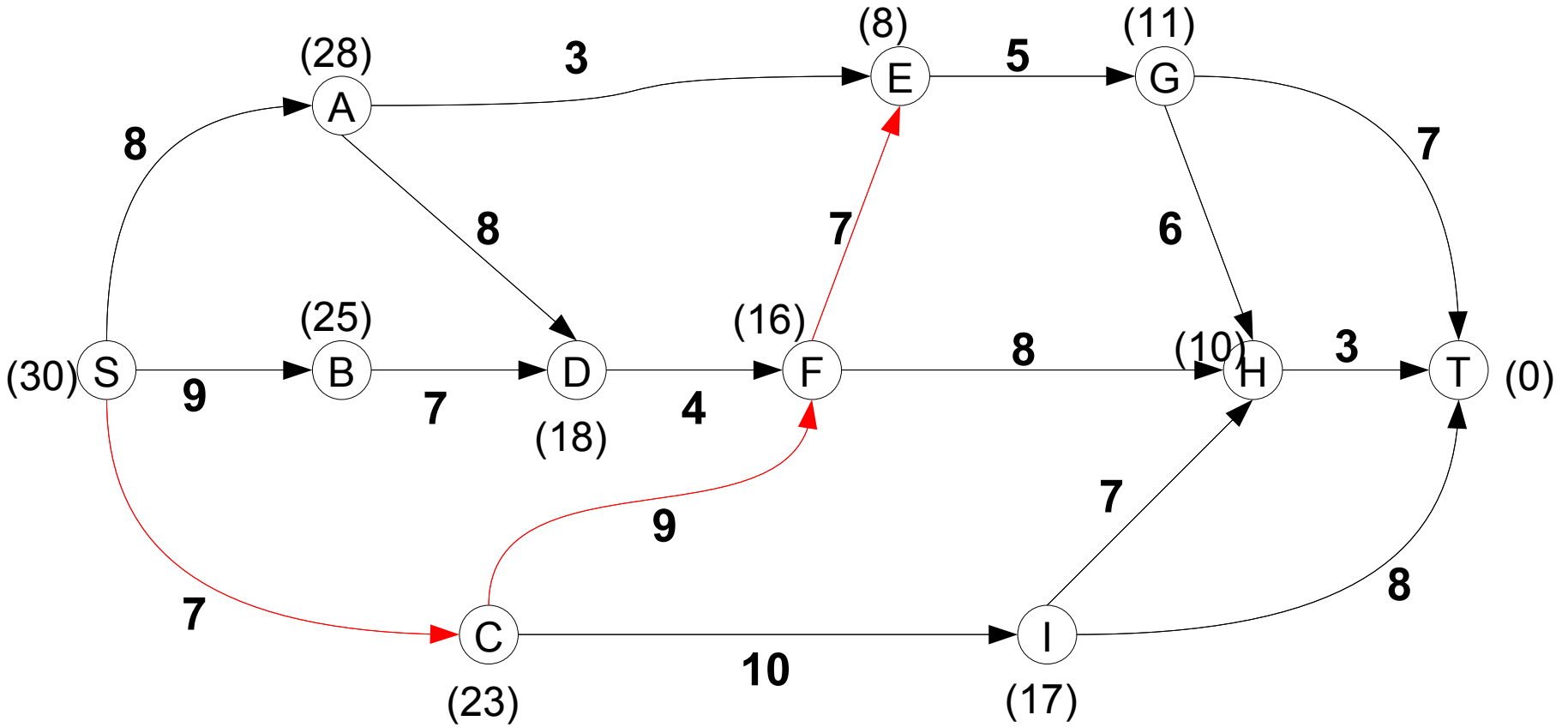
Hill-Climbing



Τρέχουσα = F
Σύνολο = [E(7), H(8)]



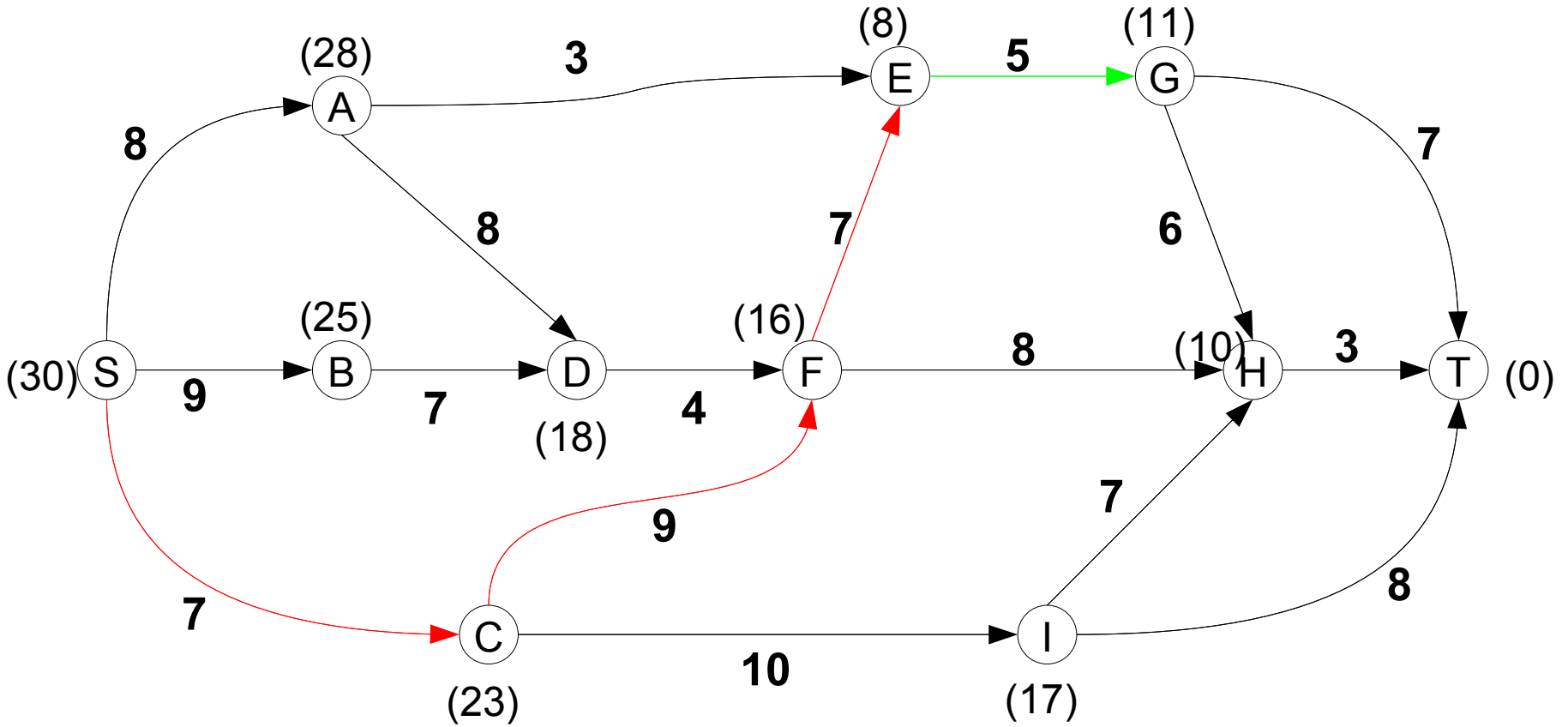
Hill-Climbing



Τρέχουσα = E
Σύνολο = []



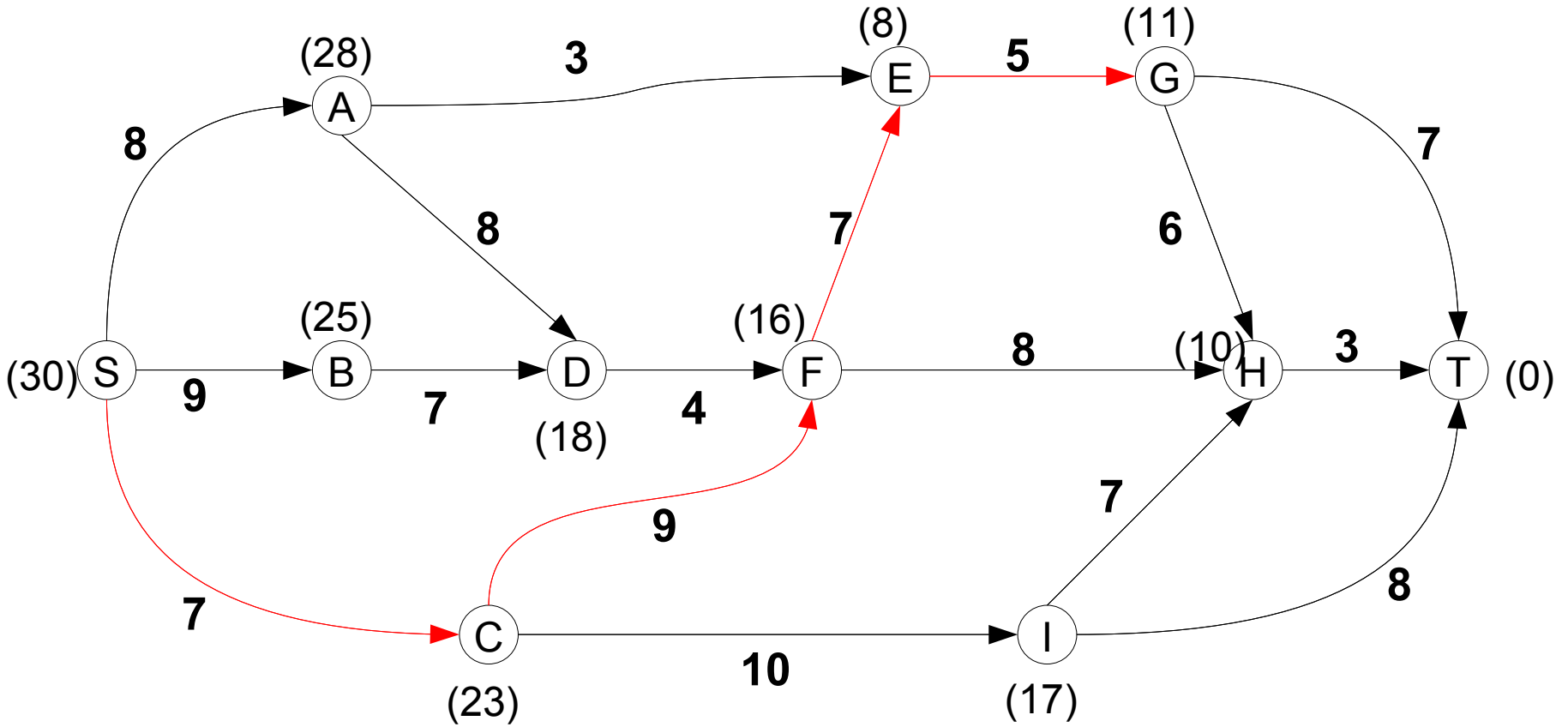
Hill-Climbing



Τρέχουσα = E
Σύνολο = [G(5)]



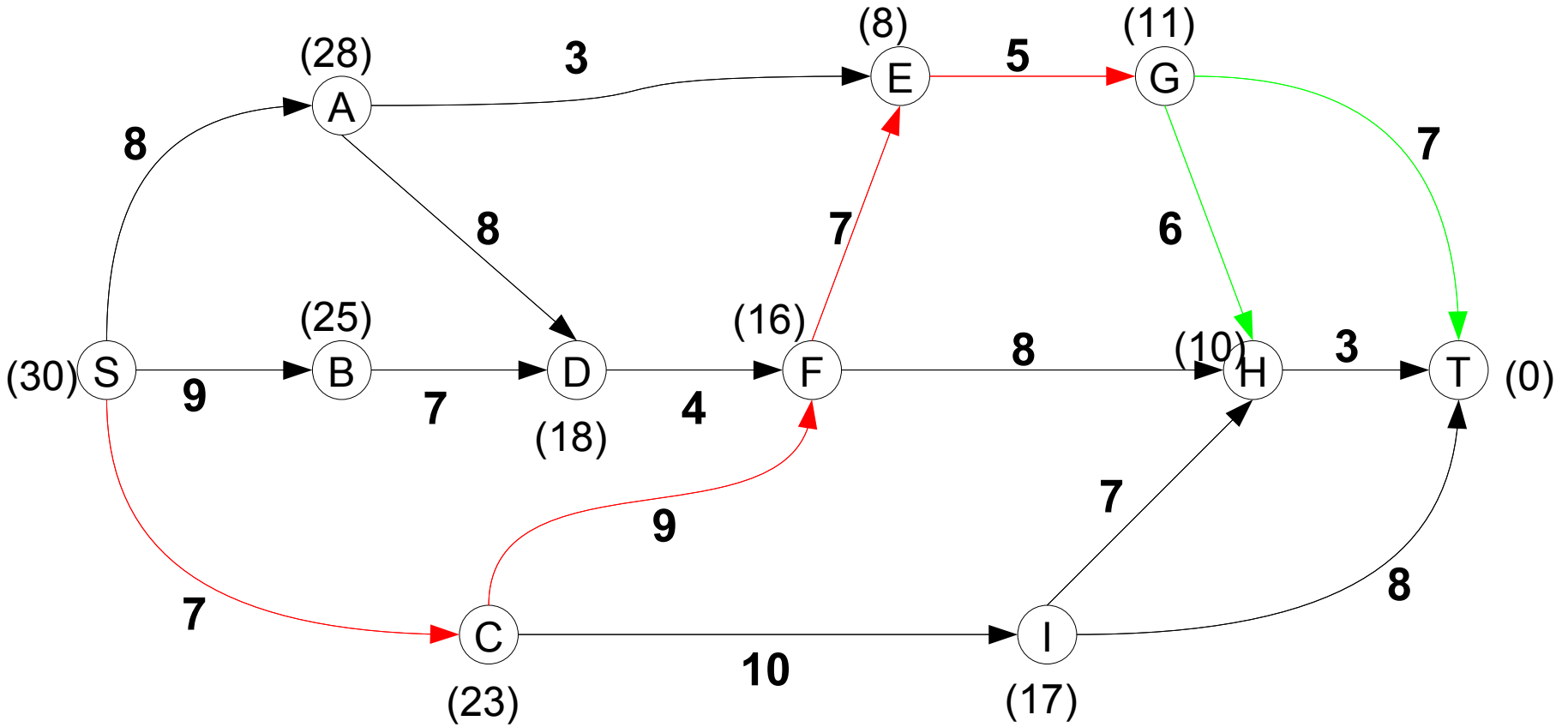
Hill-Climbing



Τρέχουσα = G
Σύνολο = []



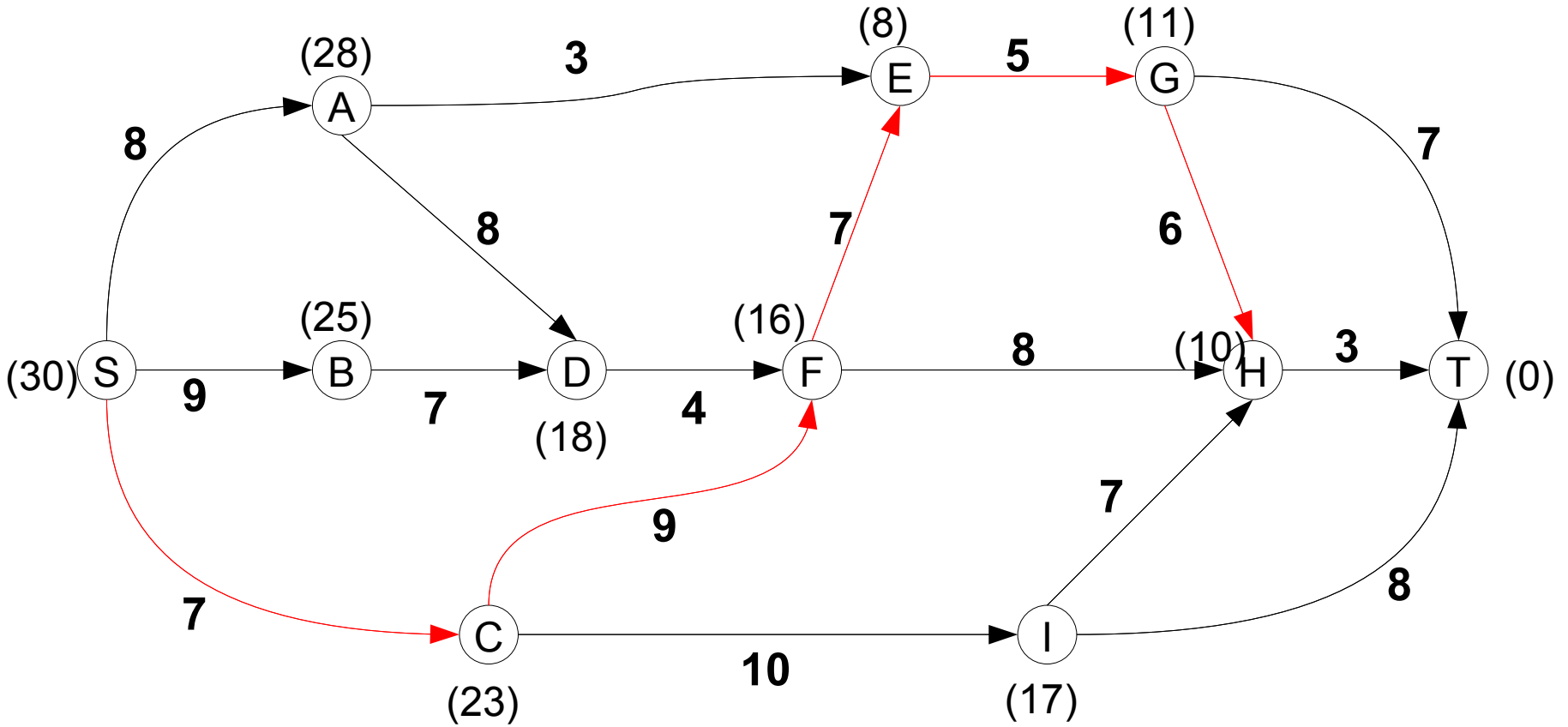
Hill-Climbing



Τρέχουσα = G
Σύνολο = [H(6), T(7)]



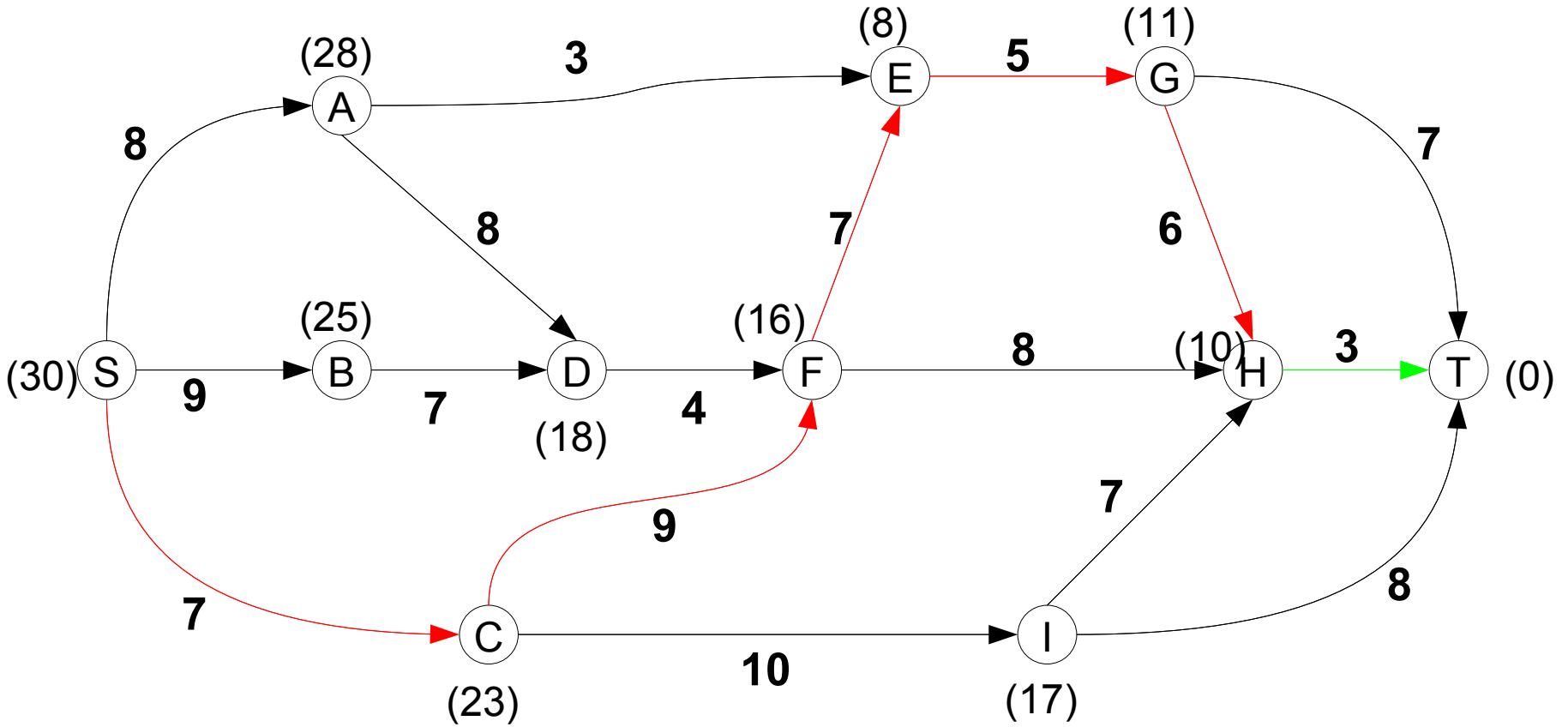
Hill-Climbing



Τρέχουσα = H
Σύνολο = []



Hill-Climbing



Τρέχουσα = H
Σύνολο = [T(3)]



Παράδειγμα με 4 βασίλισσες (1/2)

- Σε κάθε στήλη θα υπάρχει μία μόνο βασίλισσα.
- Ξεκινάμε με όλες τις βασίλισσες στην κάτω γραμμή.

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| B | B | B | B |

- Σε κάθε βήμα μπορούμε να μετακινήσουμε μια βασίλισσα σε μια άλλη θέση στη στήλη της, άρα οι δυνατές κινήσεις είναι $4 \times 3 = 12$.
- Χρησιμοποιούμε ως ευρετική συνάρτηση το πόσες απειλές υπάρχουν κάθε φορά (όλες οι απειλές είναι διπλές, εμείς τις μετράμε ως μία απειλή κάθε φορά).



Παράδειγμα με 4 βασίλισσες (2/2)

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| B | B | B | B |

6

| | | | |
|---|---|---|---|
| | B | | |
| | | | |
| | | | |
| B | | B | B |

3

| | | | |
|---|---|---|---|
| | B | | |
| | | | |
| B | | | |
| | | B | B |

1

| | | | |
|---|---|---|---|
| | B | | |
| | | | B |
| B | | | |
| | | B | |

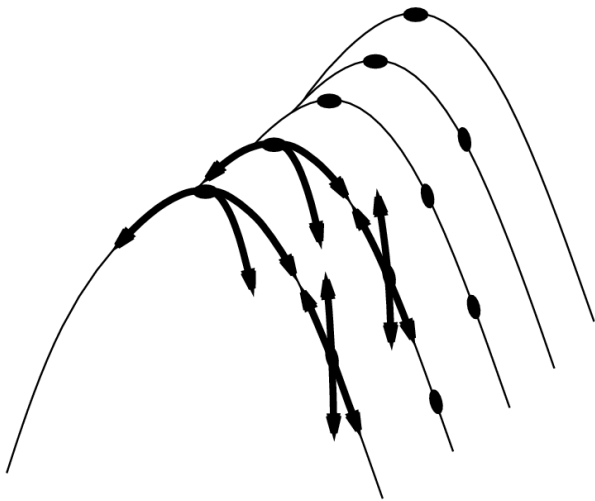
0

Στο συγκεκριμένο παράδειγμα ήμασταν «τυχεροί», μιας και όλες οι επιλογές μας βγήκαν σωστές.



Προβλήματα αναρρίχησης λόφων

- Προβλήματα:
 - Τοπικά μέγιστα
 - Κορυφογραμμές



- Οροπέδια

- Αντιμετώπιση:
 - Στοχαστική αναζήτηση
 - Επιλέγει τυχαία από τις «καλές» κινήσεις
 - Αναρρίχηση λόφων με την πρώτη επιλογή
 - Τυχαίες επανεκκινήσεις (πλήρης αλγόριθμος)

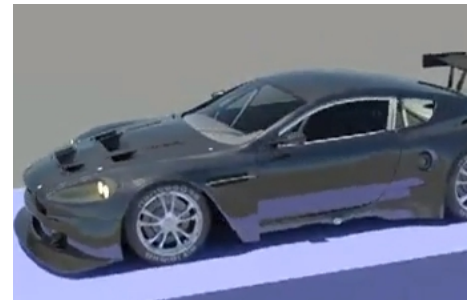
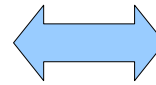
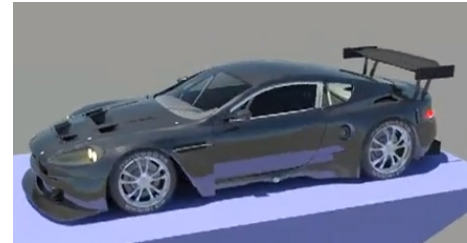
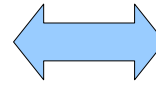


Παράδειγμα εφαρμογής

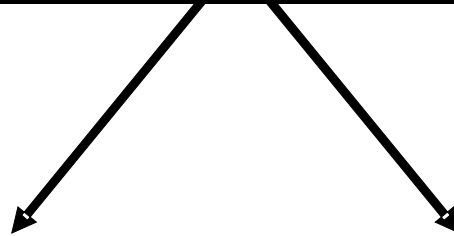
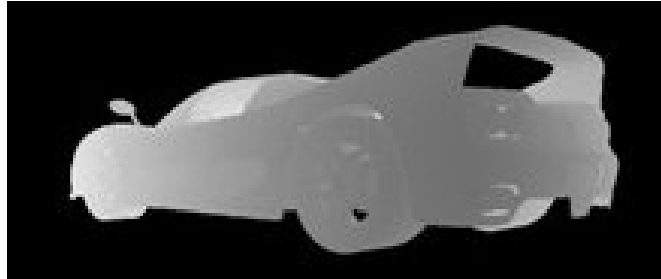
- Αναζήτηση n-D αντικειμένων
- Άμεση εφαρμογή και σε αναζητήσεις συνεχούς χώρου καταστάσεων



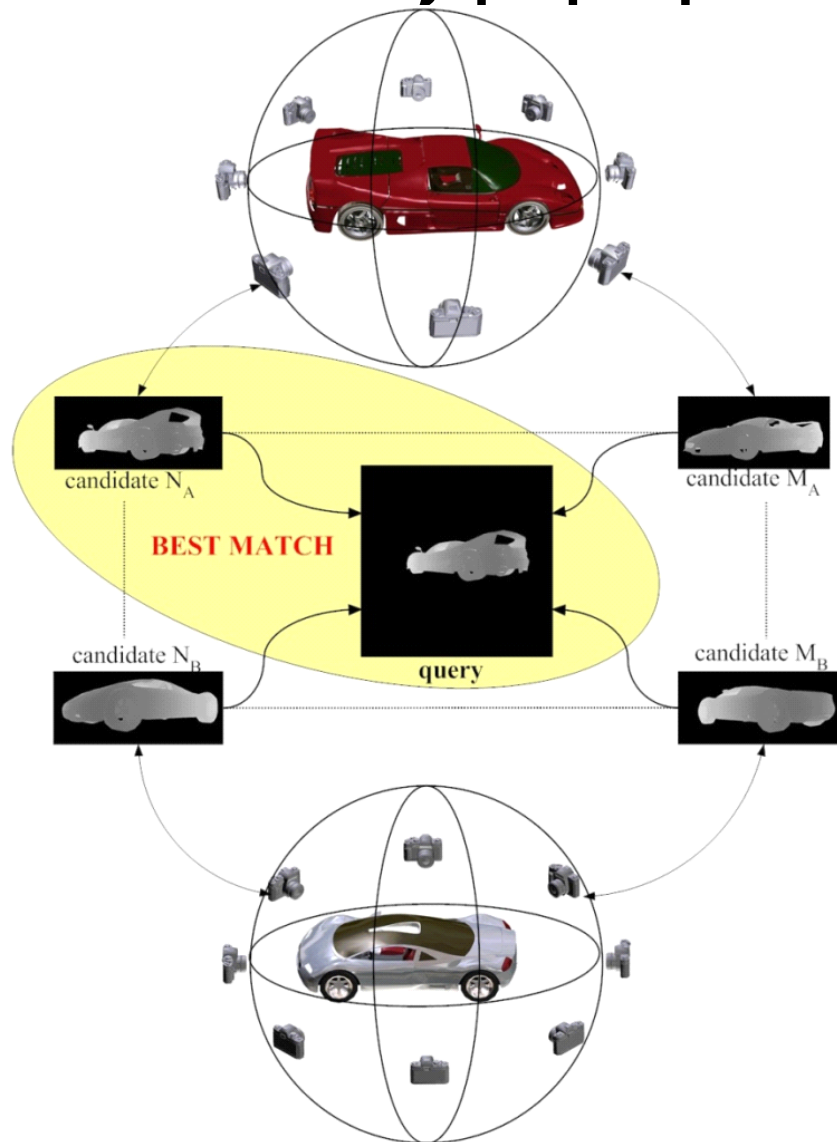
Παράδειγμα εφαρμογής



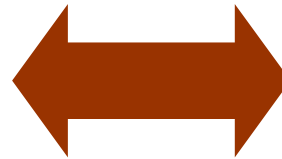
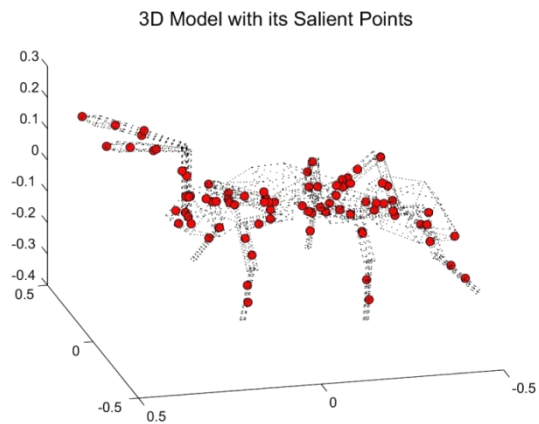
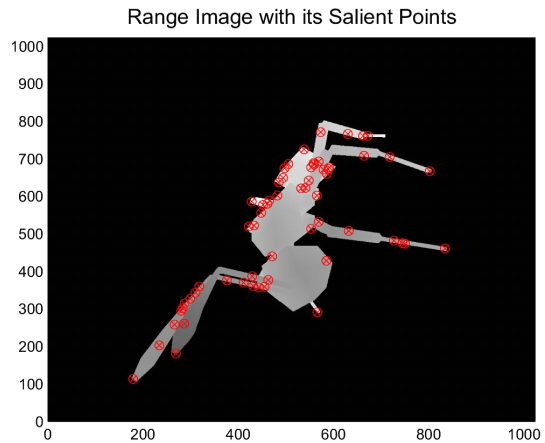
3Δ αναζήτηση



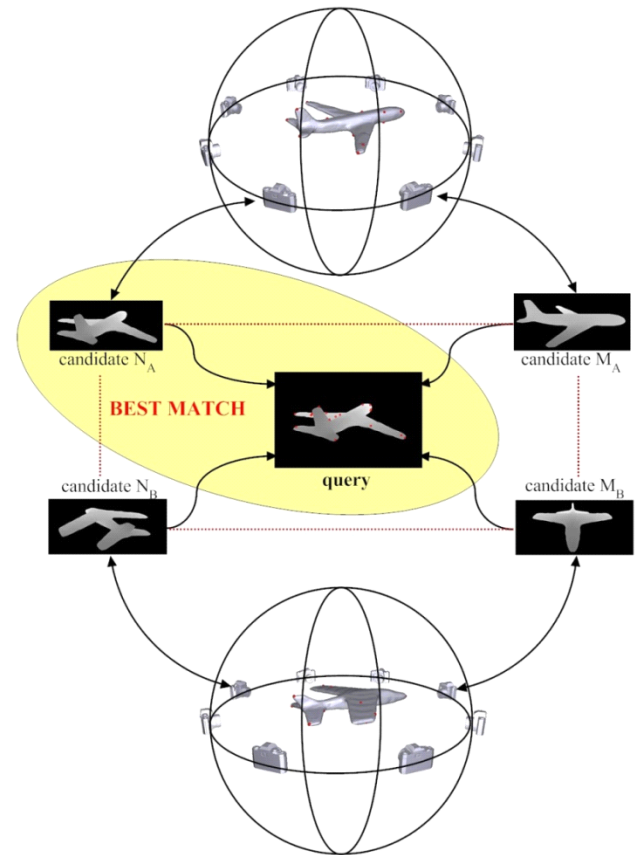
3Δ αναζήτηση



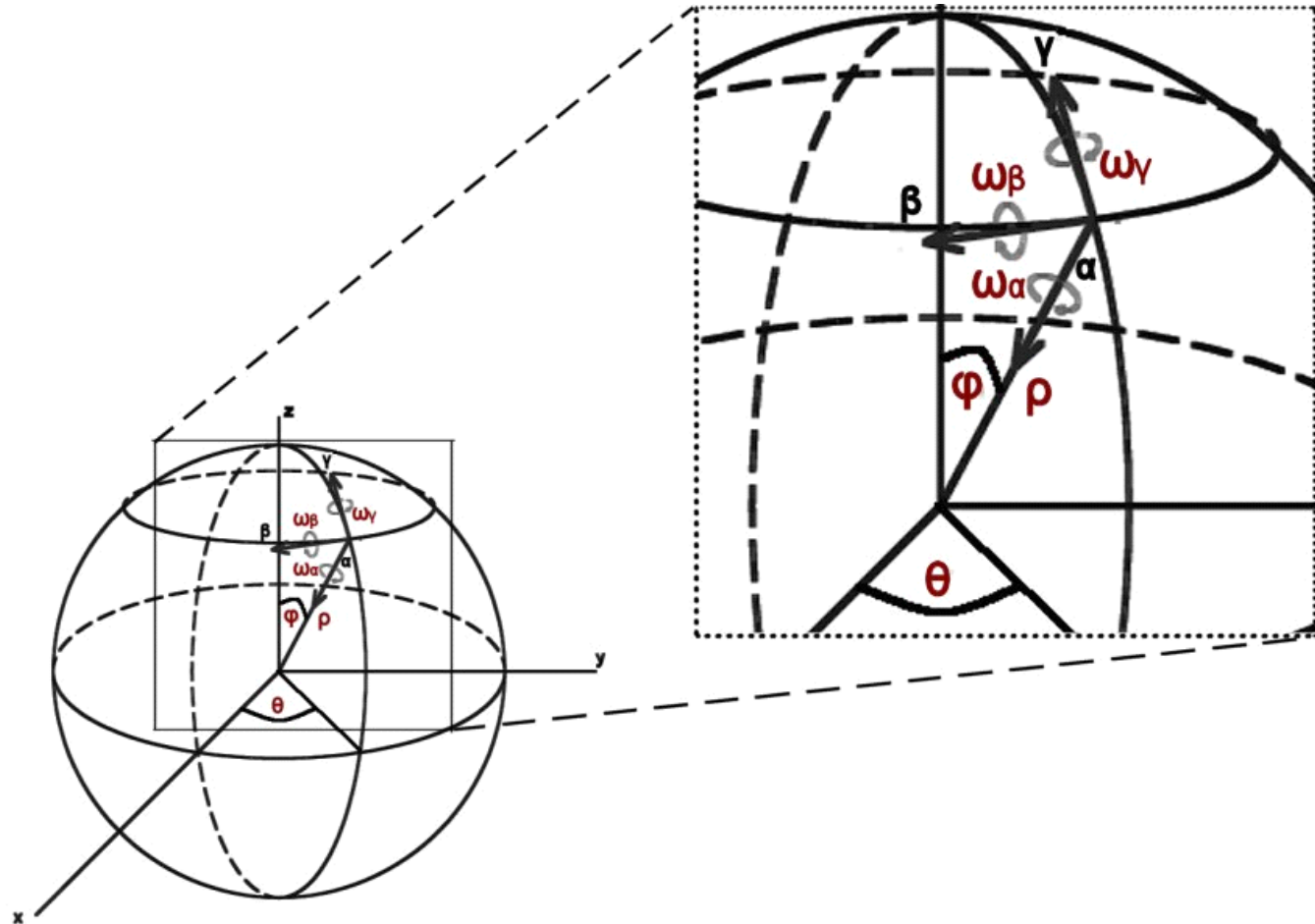
3Δ αναζήτηση



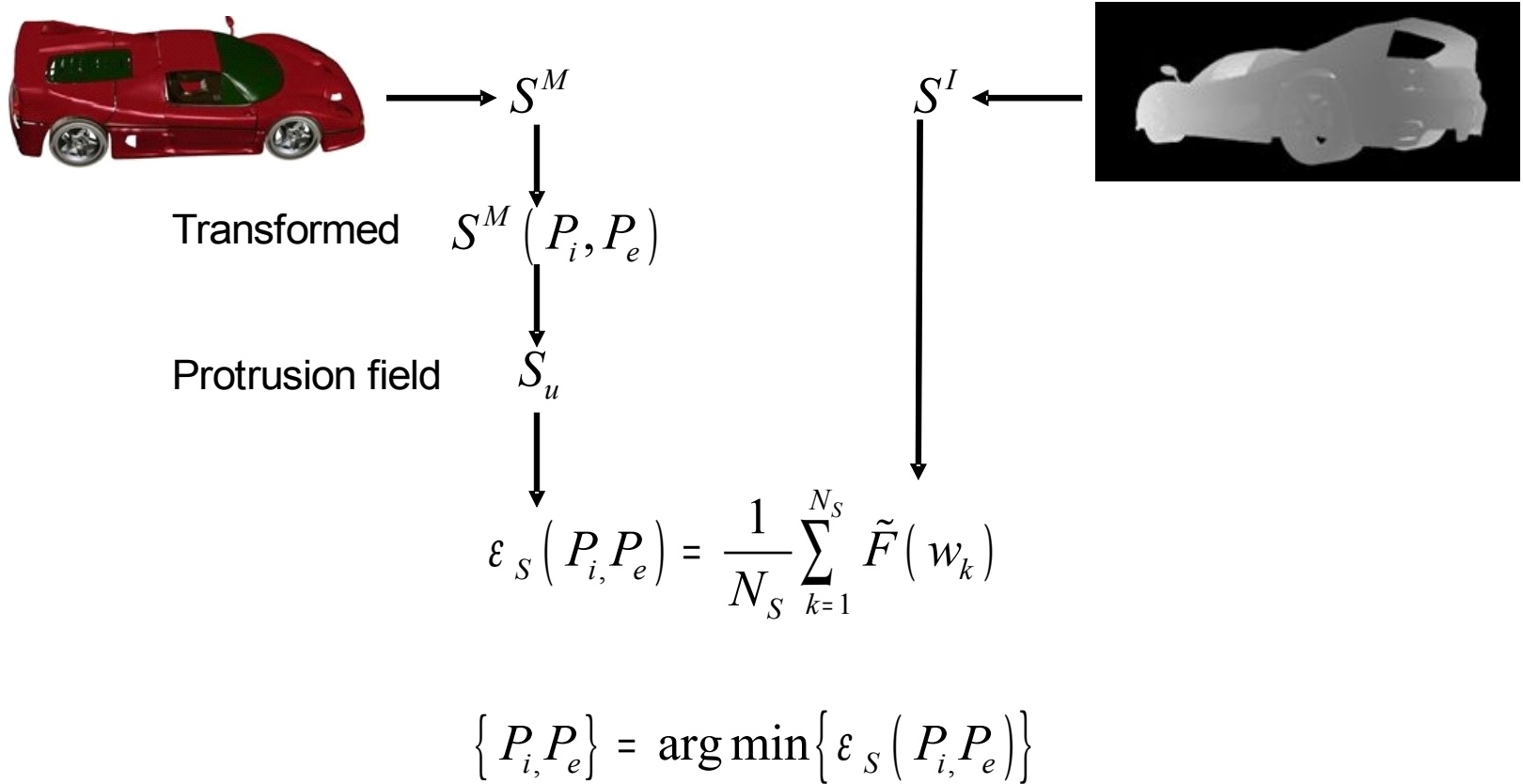
Camera model



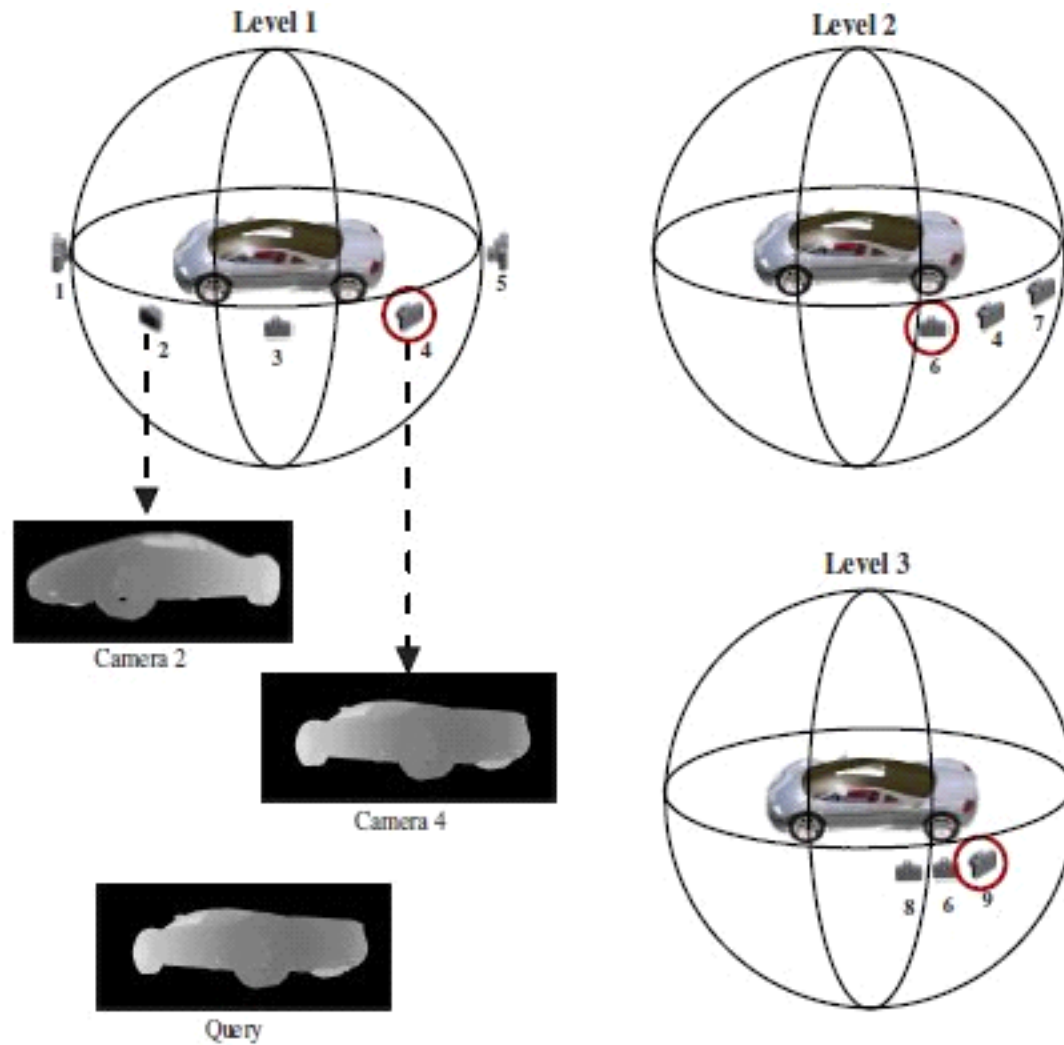
3Δ αναζήτηση



3Δ αναζήτηση

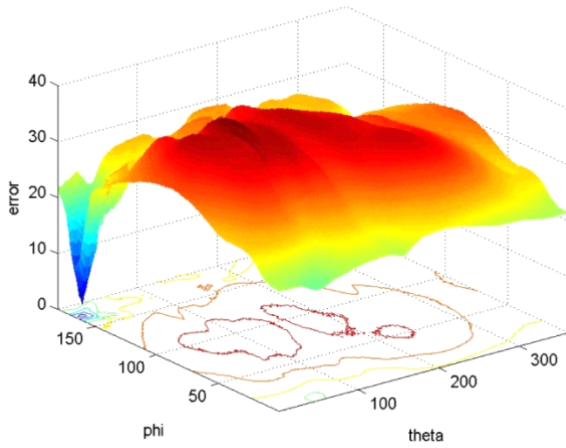


3Δ αναζήτηση

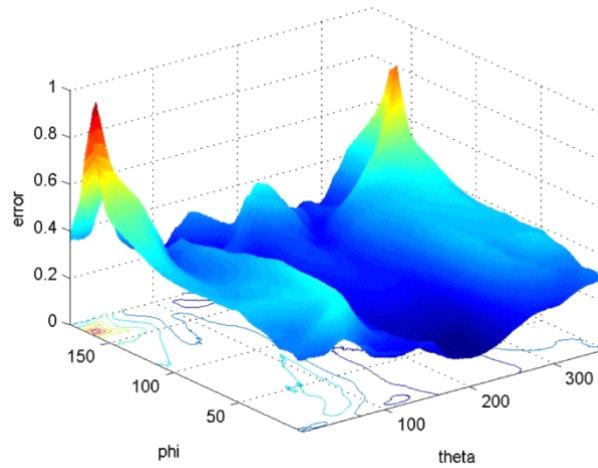


Παράδειγμα

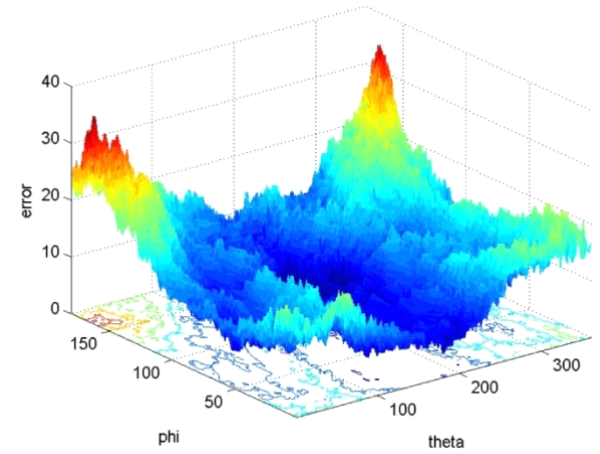
Range Error



Cover Factor

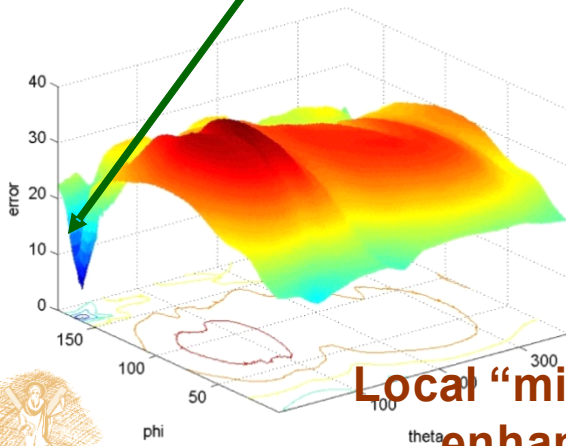


Number of Matched Salient Points

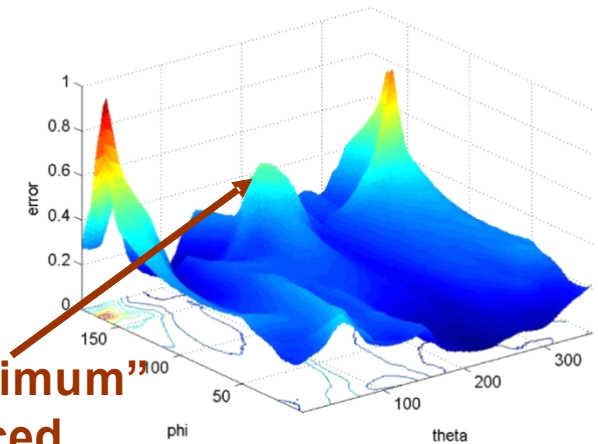


**Global “minimum”
retained**

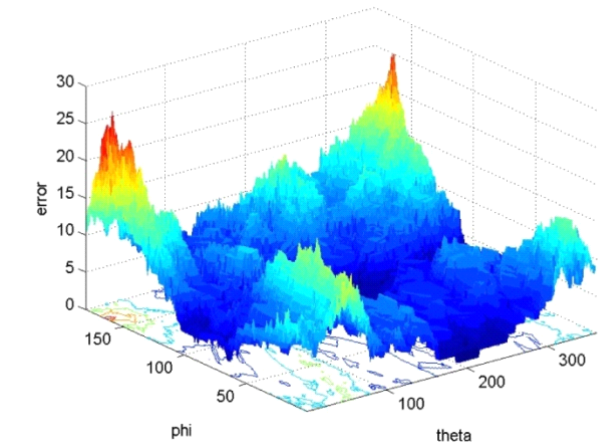
Range Error



Cover Factor



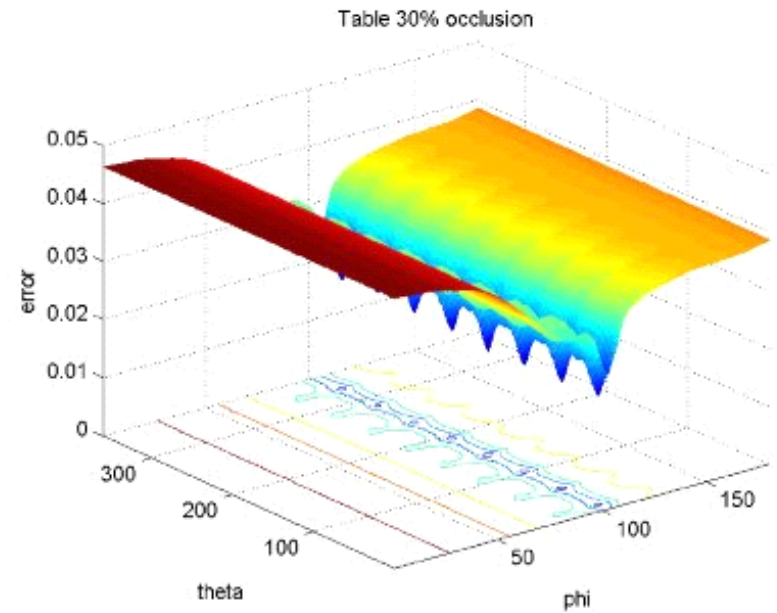
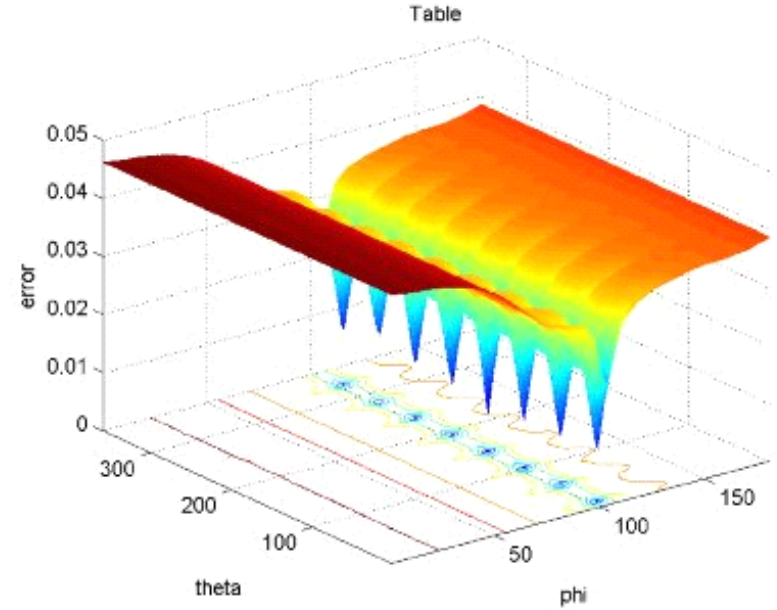
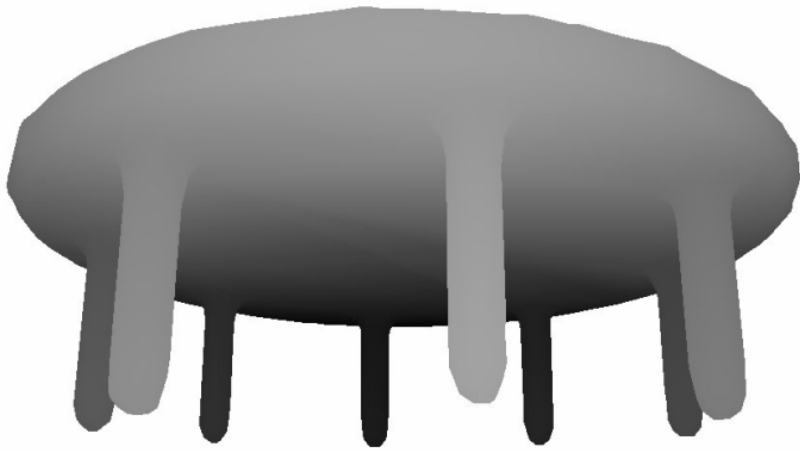
Number of Matched Salient Points



**Local “minimum”
enhanced**



Παράδειγμα-Συμμετρία



Προσομοιωμένη ανόπτηση

(Simulated annealing)

- Προ-επιλέγει τυχαία μια κίνηση.
- Αν αυτή βελτιώνει τα πράγματα, γίνεται αποδεκτή.
- Αν τα χειροτερεύει, γίνεται αποδεκτή με πιθανότητα $P=e^{\Delta E/T}$,
 - $\Delta E < 0$, η χειροτέρευση
 - $T > 0$, «θερμοκρασία»
- Η θερμοκρασία μειώνεται με την πάροδο του χρόνου.



Εναλλακτική μέθοδος (Particle Filtering)



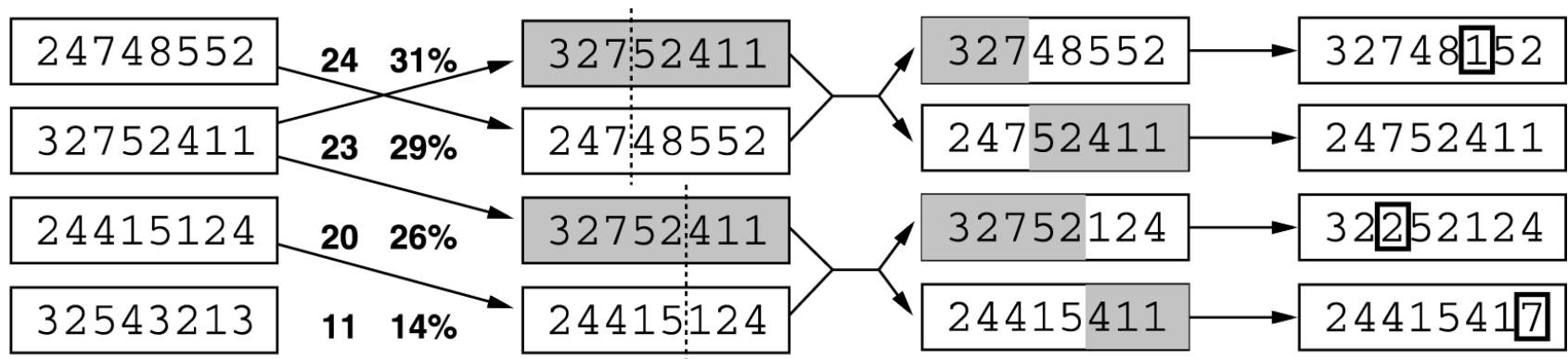
Τοπική ακτινική αναζήτηση (local beam search)

- Επιλέγονται k τυχαίες αρχικές καταστάσεις.
- Εκτελούνται k αναζητήσεις παράλληλα.
- Σε κάθε βήμα επιλέγονται τα k καλύτερα παιδιά από όλα τα παιδιά του προηγούμενου βήματος.
- Κίνδυνος συγκέντρωσης όλων των αναζητήσεων γύρω από το ίδιο κλαδί.
- Αντιμετώπιση: Στοχαστική επιλογή των k παιδιών.



Γενετικοί αλγόριθμοι (1/2)

- Οι διάδοχες καταστάσεις παράγονται με το συνδυασμό δύο γονικών καταστάσεων, και όχι με την τροποποίηση μιας μεμονωμένης κατάστασης.
- Αρχικός πληθυσμός.
- Στοχαστική επιλογή γονέων.
- Συνάρτηση καταλληλότητας = Ευρετική συνάρτηση



(α)
Αρχικός
πληθυσμός

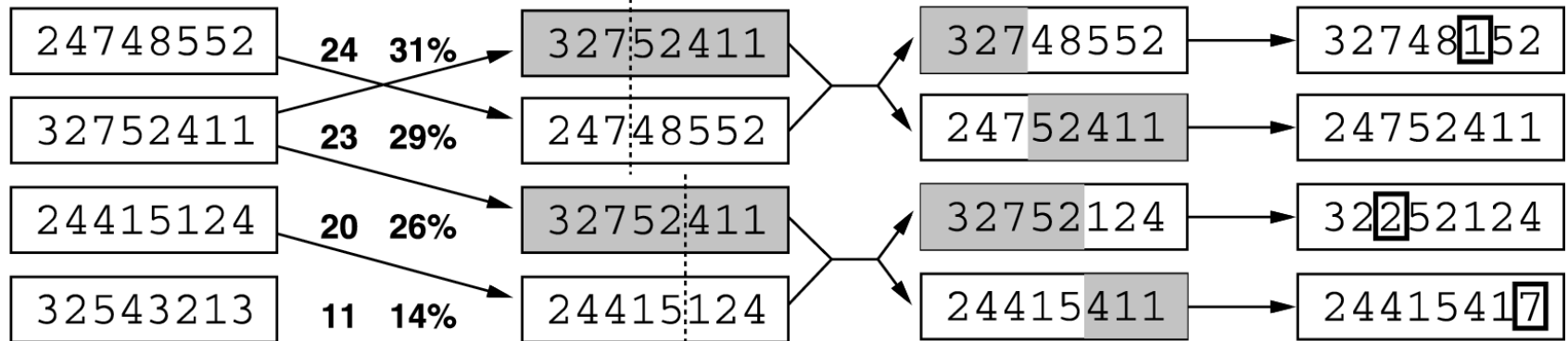
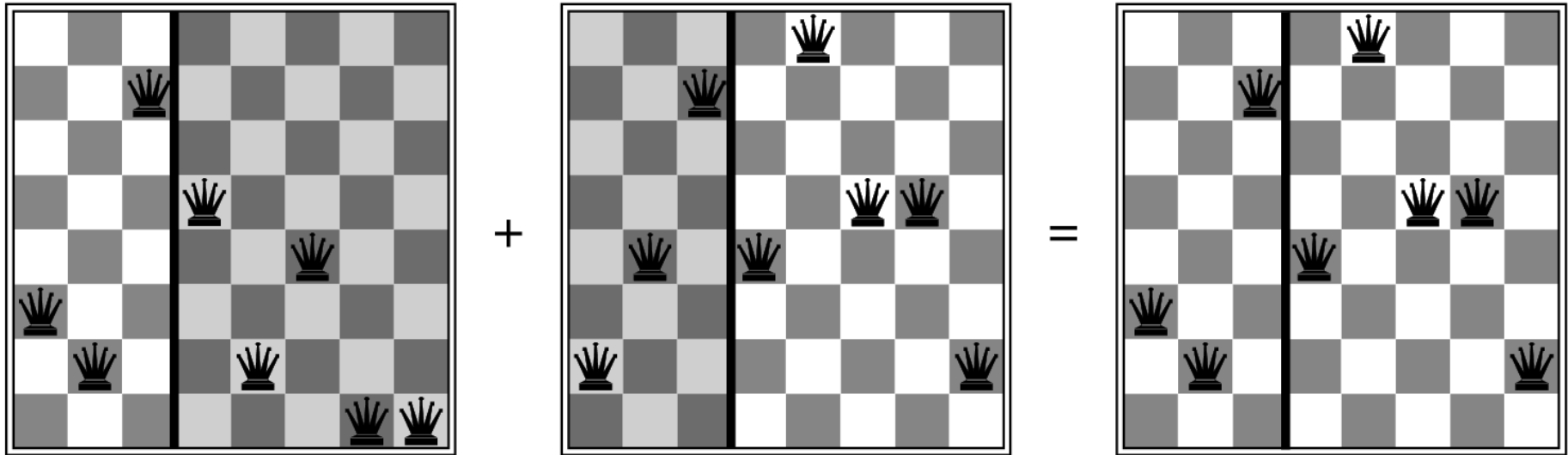
(β)
Συνάρτηση
καταλληλότητας

(γ)
Επιλογή

(δ)
Διασταύρωση

(ε)
Μετάλλαξη

Γενετικοί αλγόριθμοι (2/2)



(α)
Αρχικός
πληθυσμός

(β)
Συνάρτηση
καταλληλότητας

(γ)
Επιλογή

(δ)
Διασταύρωση

(ε)
Μετάλλαξη

Τοπική αναζήτηση σε συνεχείς χώρους



Συνεχείς χώροι

- Άπειρος αριθμών διάδοχων καταστάσεων
- Παράδειγμα: Τοποθέτηση 3 αεροδρομίων στη Ρουμανία με ελαχιστοποίηση του αθροίσματος των αποστάσεων των πόλεων.
 - Χώρος 6 διαστάσεων
 - Αντικειμενική συνάρτηση: $f(x_1, y_1, x_2, y_2, x_3, y_3)$
- Διακριτοποίηση, βήμα $\pm\delta$



Πλέον απότομη ανάβαση (steepest-ascent hill climbing)

- Κλίση:

$$\nabla f = \left(\frac{\partial f}{\partial x_1}, \frac{\partial f}{\partial y_1}, \frac{\partial f}{\partial x_2}, \frac{\partial f}{\partial y_2}, \frac{\partial f}{\partial x_3}, \frac{\partial f}{\partial y_3} \right)$$

- Πλέον απότομη ανάβαση:

$$\mathbf{x} \leftarrow \mathbf{x} + \alpha \nabla f(\mathbf{x})$$

- Εμπειρική κλίση



Πράκτορες online αναζήτησης και άγνωστα περιβάλλοντα



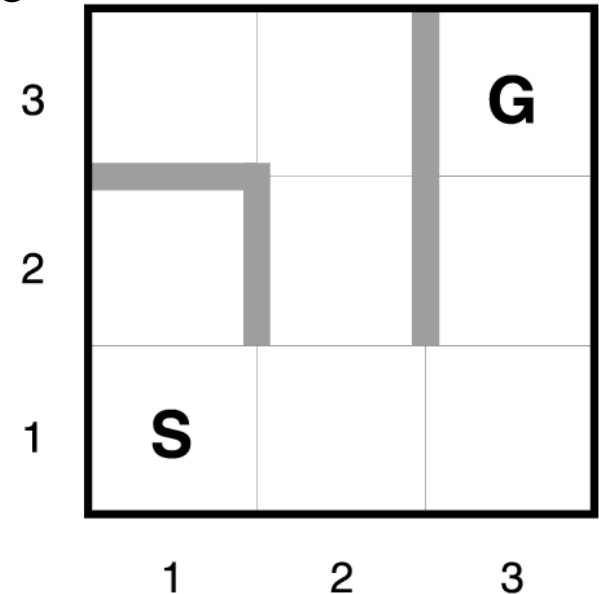
Online αναζήτηση

- Επεξεργασία δεδομένων πριν γίνει διαθέσιμο το σύνολό τους
- Διαπλοκή (interleaving) υπολογισμών και ενεργειών
- Κατάλληλη για πεδία:
 - Δυναμικά
 - Ημιδυναμικά
 - Στοχαστικά
- Μια offline αναζήτηση θα έπρεπε να καταστρώνει ένα εκθετικά μεγάλο πλάνο ενδεχομένων που να παίρνει υπόψη όλα όσα είναι δυνατό να συμβούν.
- Προβλήματα εξερεύνησης: Οι καταστάσεις του κόσμου και τα αποτελέσματα των ενεργειών είναι άγνωστα.



Προβλήματα online αναζήτησης (1/2)

- Ο πράκτορας πρέπει να εκτελέσει τις ενέργειες για να μάθει τα αποτελέσματά τους!
- Γνώση πράκτορα:
 - Ξέρει ποιες είναι οι ενέργειές του
 - Γνωρίζει το κόστος κάθε βήματος
 - Μπορεί να καταλάβει εάν πέτυχε το στόχο



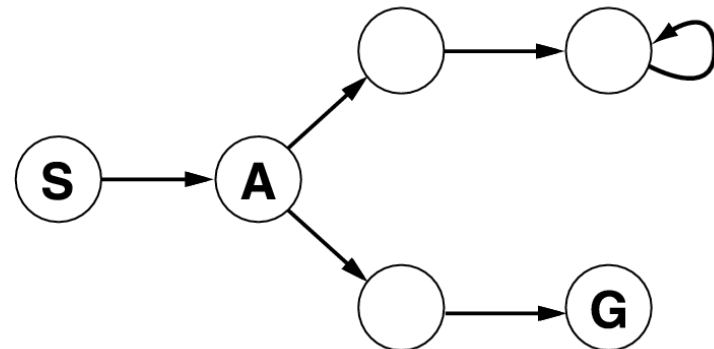
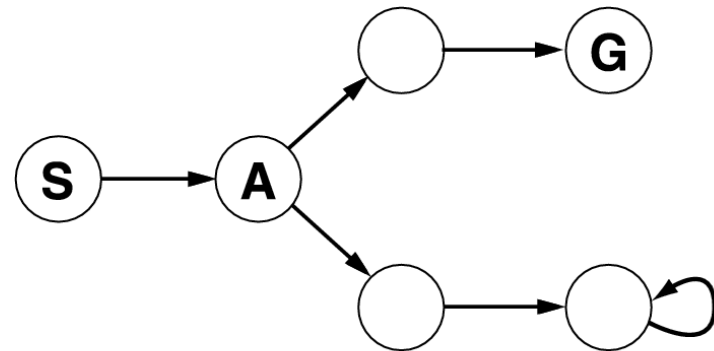
Προβλήματα online αναζήτησης (2/2)

- Παραδοχές (απλουστευτικές):
 - Θυμάται τις καταστάσεις που επισκέφθηκε
 - Αιτιοκρατικές ενέργειες
 - Γνωρίζει μια παραδεκτή ευρετική συνάρτηση (π.χ. απόσταση Manhattan)
- Στόχος: Να φθάσει στον προορισμό
- Κόστος: Τα βήματα που εκτέλεσε
- Ανταγωνιστικός λόγος (competitive ratio):
 - Πραγματικό κόστος / βέλτιστο κόστος



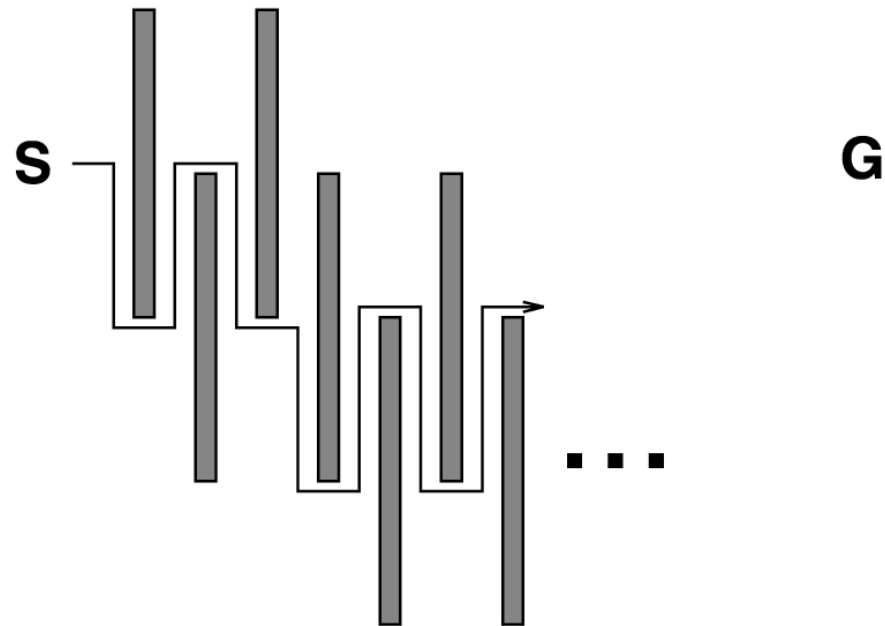
Αδιέξοδα

- Εάν οι ενέργειες δεν αντιστρέφονται, ο πράκτορας μπορεί να παγιδευτεί.
 - Κανένας αλγόριθμος δεν μπορεί να αποφεύγει τα αδιέξοδα σε όλους τους χώρους καταστάσεων.



Ασφαλώς εξερευνησιμοι χώροι

- Από κάθε προσπελάσιμη κατάσταση είναι προσπελάσιμη κάποια κατάσταση στόχου.
 - Ωστόσο το κόστος μπορεί να είναι μη-φραγμένο.
 - Ανταγωνισμός



Πράκτορες online αναζήτησης

- Έπειτα από κάθε ενέργεια, ένας πράκτορας online προσλαμβάνει μια αντίληψη που του λέει σε ποια κατάσταση έχει φτάσει.
 - Μπορεί να βελτιώσει το χάρτη του περιβάλλοντος που έχει.
- Επέκταση κόμβων με τοπική προτεραιότητα.
 - Δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν αλγόριθμοι που εκτελούν άλματα (όπως π.χ. ο A^*).

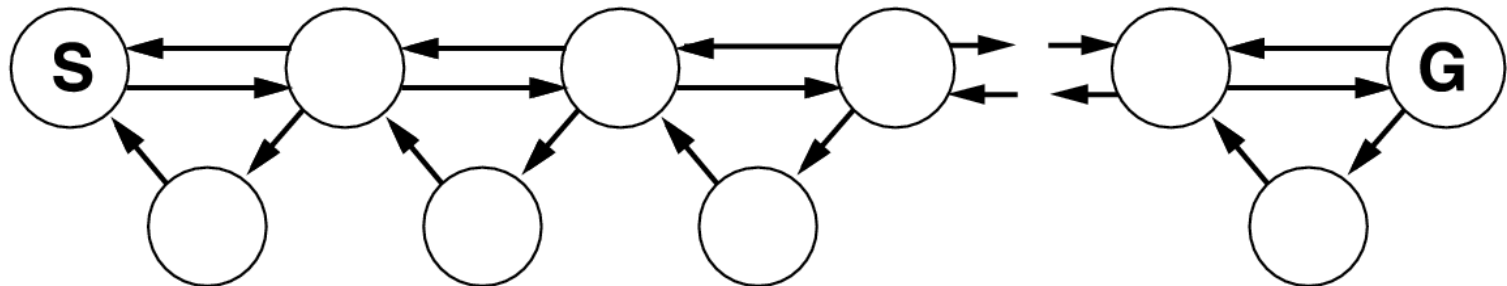
Εξερεύνηση πρώτα κατά βάθος

- Πρόβλημα οι επιστροφές, αναστρέψιμες ενέργειες
- Επαναληπτική εμβάθυνση



Τοπική online αναζήτηση

- Τοπική αναζήτηση αναρρίχησης λόφων
 - Πρόβλημα με τα οροπέδια, δεν μπορούμε να εκτελέσουμε τυχαίες επανεκκινήσεις.
- Τυχαίος περίπατος (random walk)
 - Τυχαία επιλογή βημάτων, αποφυγή επανάληψης
 - Στο παρακάτω σχήμα, η επιστροφή προς το S είναι πάντα 2 φορές πιο πιθανή από την πορεία προς το G. Εκθετικό κόστος.



A* πραγματικού χρόνου που μαθαίνει (1/3)

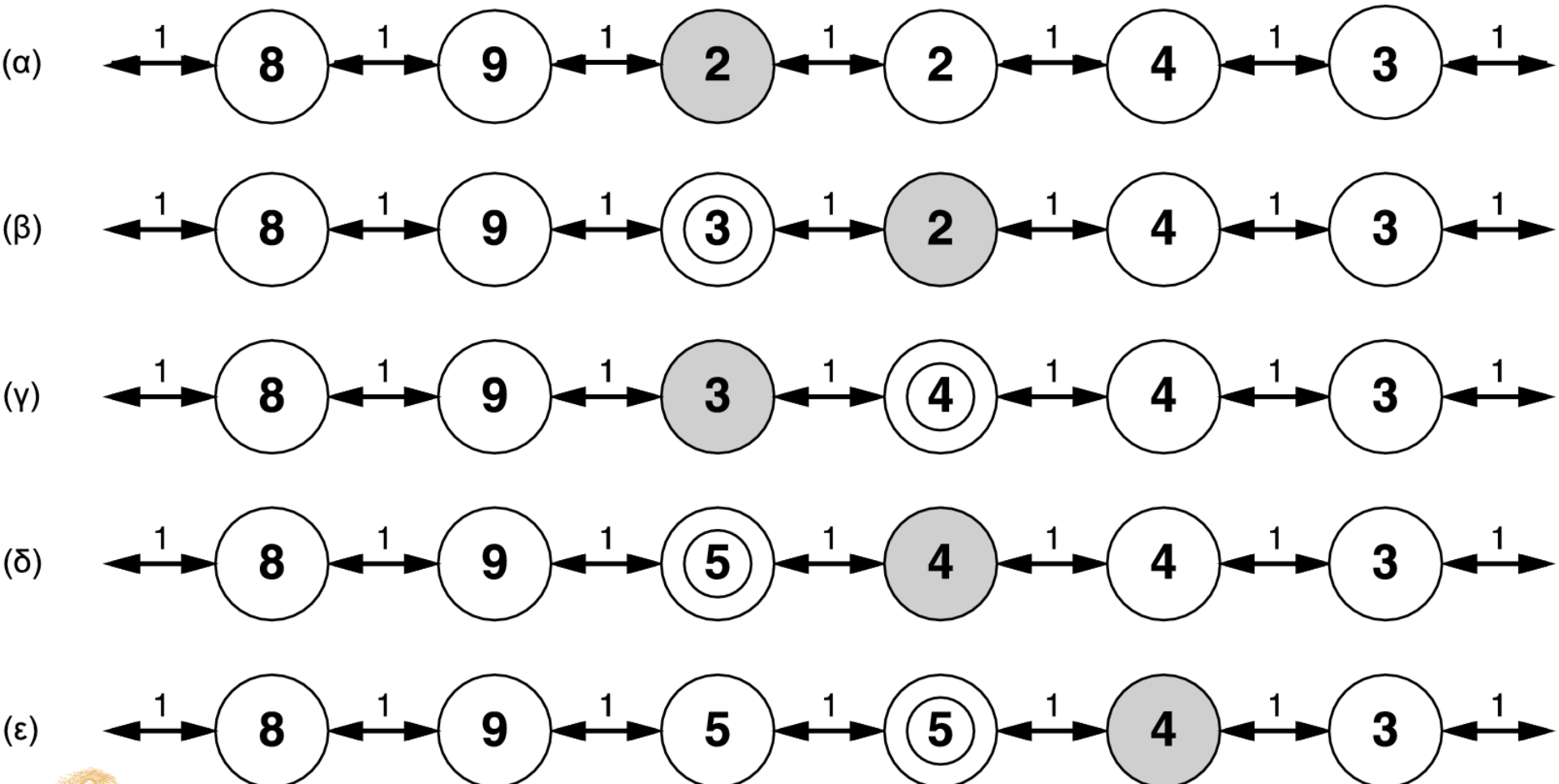
(Learning real-time A*, LRTA*)

- Ο πράκτορας μεταβαίνει πάντα στην καλύτερη γειτονική κατάσταση.
- Εάν πρόκειται για κατάσταση που επισκέπτεται ο πράκτορας για πρώτη φορά, αυτή βαθμολογείται με την ευρετική συνάρτηση, αλλιώς διατηρεί την όποια βαθμολογία της.
 - Αισιοδοξία υπό αβεβαιότητα
- Η κατάσταση από την οποία έγινε η μετάβαση βαθμολογείται με το άθροισμα του κόστους μετάβασης και της βαθμολογίας της νέας κατάστασης.
- Ο πράκτορας πρέπει να θυμάται τις νέες βαθμολογίες, γιατί αυτές δεν προκύπτουν πλέον από την ευρετική συνάρτηση.



A* πραγματικού χρόνου που μαθαίνει (2/3)

(Learning real-time A*, LRTA*)



A* πραγματικού χρόνου που μαθαίνει (3/3)

(Learning real-time A*, LRTA*)

- Είναι πλήρης για πεπερασμένα, ασφαλώς εξερευνησίμα περιβάλλοντα.
 - Δεν είναι πλήρης για άπειρους χώρους καταστάσεων.
- Πολυπλοκότητα: $O(n^2)$, όπου n το πλήθος των καταστάσεων.



Τέλος Ενότητας

Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αθηνών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Σημειώματα

Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση **1.0**.

Έχουν προηγηθεί οι κάτωθι εκδόσεις:

- Έκδοση **1.0** διαθέσιμη [εδώ](#).

Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Πανεπιστήμιο Πατρών, **Σγάρμπας Κυριάκος**. «**Τεχνητή Νοημοσύνη Ι, Πληροφορημένη Αναζήτηση και Εξερεύνηση Β**». Έκδοση: **1.0**. Πάτρα **2014**. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:

https://eclass.upatras.gr/modules/course_metadata/opencourses.php?fc=15

Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.

Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων: