

# Σκάκι και υπολογιστές

Ανδρέας Παπασαλούρος

Πανεπιστήμιο Αιγαίου

22 Ιουνίου 2013

# Περιεχόμενο παρουσίασης

- 1 Εισαγωγή
  - Αυτόματα
- 2 Το πρόβλημα του σκακιού
- 3 Πώς παίζει σκάκι ο υπολογιστής
  - Αρχή του παιχνιδιού
  - Μέσο παρτίδας
  - Φινάλε παρτίδας
- 4 Παράλληλες μηχανές και Deep Blue

# Χαρακτηριστικά του σκακιού

Το σκάκι έχει σαφώς ορισμένους κανόνες

- για την τοποθέτηση των κομματιών,
- για την μετακίνησή τους,
- για την νίκη, την ισοπαλία ή την ήττα στο παιχνίδι.

# Χαρακτηριστικά του σκακιού

Το σκάκι έχει σαφώς ορισμένους κανόνες

- για την τοποθέτηση των κομματιών,
- για την μετακίνησή τους,
- για την νίκη, την ισοπαλία ή την ήττα στο παιχνίδι.

Ήδη από τον 18ο αιώνα έγιναν προσπάθειες για την εκτέλεση του παιχνιδιού *αυτόματα* από κάποια μηχανή.

# Αυτόματα

- Οι πρώτες μηχανές που κατασκευάστηκαν με σκοπό να μιμηθούν τη συμπεριφορά ζωντανών οργανισμών (ανθρώπων ή ζώων) ανάγονται στον 18ο αιώνα (1700 - 1800μ.Χ.)
- Οι μηχανές αυτές ονομάζονται *αυτόματα*.

# Δυνατότητες αυτομάτων

Τα αυτόματα που όντως κατασκευάστηκαν μπορούσαν

# Δυνατότητες αυτομάτων

Τα αυτόματα που όντως κατασκευάστηκαν μπορούσαν

- να γράφουν

# Δυνατότητες αυτομάτων

Τα αυτόματα που όντως κατασκευάστηκαν μπορούσαν

- να γράφουν
- να ζωγραφίζουν



# Δυνατότητες αυτομάτων

Τα αυτόματα που όντως κατασκευάστηκαν μπορούσαν

- να γράφουν
- να ζωγραφίζουν
- να παίζουν μουσική

# Δυνατότητες αυτομάτων

Τα αυτόματα που όντως κατασκευάστηκαν μπορούσαν

- να γράφουν
- να ζωγραφίζουν
- να παίζουν μουσική
- να μιμούνται ζώα και πουλιά

# Αυτόματα

- Τα αυτόματα ήταν στην πραγματικότητα **ωρολογιακοί μηχανισμοί** που εκτελούσαν **συγκεκριμένες προγραμματισμένες λειτουργίες**.
- Η λειτουργία τους μοιάζει περισσότερο με αυτή ενός **πλυντηρίου** παρά με αυτή ενός υπολογιστή.
- Αποτελούν πρόγονο των σύγχρονων **ρομπότ**.
- Αποτέλεσαν τη βάση για την αυτοματοποίηση της παραγωγής κατά τη βιομηχανική επανάσταση
- Η (μαθηματική) θεωρία του υπολογισμού βασίζεται στη λεγόμενη **θεωρία αυτομάτων**, όνομα που δείχνει τη σχέση των παλαιών μηχανών με τους σύγχρονους υπολογιστές

# Αυτόματα και σκάκι



- Η πρώτη μηχανή που σχεδιάστηκε με σκοπό να παίξει σκάκι ήταν ένα αυτόματα με το όνομα **Ο Τούρκος**.
- Ήταν σε θέση να παίξει με ανθρώπους αντιπάλους και να νικάει
- Την περίοδο 1770-1850 περιόδευσε με επιτυχία στην Ευρώπη και τις ΗΠΑ
- ... βασιζόταν σε μια **απάτη**, καθώς η λειτουργία του αυτόματου βασιζόταν σε έναν άνθρωπο κρυμμένο στο εσωτερικό της μηχανής.

# Βασικές τεχνικές

- Η περίπτωση του **Τούρκου** έδειξε ότι το πρόβλημα του σκακιού είναι πολύ πολύπλοκο για να αντιμετωπιστεί από μια μηχανή η οποία εκτελεί μια σειρά από προκαθορισμένα βήματα και αποτελείται από μερικά μηχανικά εξαρτήματα
- Στη δεκαετία του 1940 έγιναν οι πρώτες προσπάθειες για την επίλυση του προβλήματος του σκακιού από υπολογιστές με χαρακτηριστικά κοντά σε αυτά των σημερινών.
- Γρήγορη εκτέλεση αριθμητικών πράξεων
- Επαναληπτική εκτέλεση πράξεων
- Εκτέλεση πράξεων σύμφωνα με **κανόνες** ή **συνθήκες**

# Το πρόβλημα του σκακιού

Τι πρέπει να κάνει ένας υπολογιστής ώστε να κερδίζει στο σκάκι;

# Το πρόβλημα του σκακιού

Τι πρέπει να κάνει ένας υπολογιστής ώστε να κερδίζει στο σκάκι;  
Πρέπει να συμπεριφέρεται όπως ένας έμπειρος παίχτης, δηλαδή:

# Το πρόβλημα του σκακιού

Τι πρέπει να κάνει ένας υπολογιστής ώστε να κερδίζει στο σκάκι;  
Πρέπει να συμπεριφέρεται όπως ένας έμπειρος παίχτης, δηλαδή:

- Να γνωρίζει τους κανόνες του παιχνιδιού



# Το πρόβλημα του σκακιού

Τι πρέπει να κάνει ένας υπολογιστής ώστε να κερδίζει στο σκάκι;  
Πρέπει να συμπεριφέρεται όπως ένας έμπειρος παίχτης, δηλαδή:

- Να γνωρίζει τους κανόνες του παιχνιδιού
- Να αναγνωρίζει τις θέσεις των κομματιών στη σκακιέρα.

# Το πρόβλημα του σκακιού

Τι πρέπει να κάνει ένας υπολογιστής ώστε να κερδίζει στο σκάκι;  
Πρέπει να συμπεριφέρεται όπως ένας έμπειρος παίχτης, δηλαδή:

- Να γνωρίζει τους κανόνες του παιχνιδιού
- Να αναγνωρίζει τις θέσεις των κομματιών στη σκακιέρα.
- Να μπορεί να βρει όλες τις επιτρεπόμενες κινήσεις σε μια θέση.

# Το πρόβλημα του σκακιού

Τι πρέπει να κάνει ένας υπολογιστής ώστε να κερδίζει στο σκάκι; Πρέπει να συμπεριφέρεται όπως ένας έμπειρος παίχτης, δηλαδή:

- Να γνωρίζει τους κανόνες του παιχνιδιού
- Να αναγνωρίζει τις θέσεις των κομματιών στη σκακιέρα.
- Να μπορεί να βρει όλες τις επιτρεπόμενες κινήσεις σε μια θέση.
- Να επιλέγει (όταν πρόκειται να παίξει) **την καλύτερη δυνατή κίνηση, για οποιαδήποτε κίνηση του αντιπάλου.**

# Το πρόβλημα της επίλυσης του σκακιού από τον υπολογιστή

Για τον σύγχρονο υπολογιστή είναι εύκολο

- να γνωρίζει τους κανόνες του παιχνιδιού
- να αναγνωρίζει τις θέσεις των κομματιών στη σκακιέρα.
- να βρίσκει όλες τις επιτρεπόμενες κινήσεις σε μια θέση.

# Το πρόβλημα της επίλυσης του σκακιού από τον υπολογιστή

Για τον σύγχρονο υπολογιστή είναι εύκολο

- να γνωρίζει τους κανόνες του παιχνιδιού
- να αναγνωρίζει τις θέσεις των κομματιών στη σκακιέρα.
- να βρίσκει όλες τις επιτρεπόμενες κινήσεις σε μια θέση.

Όπως όμως και για οποιονδήποτε παίχτη, είναι **δύσκολο** να επιλέγει την καλύτερη δυνατή κίνηση, για οποιαδήποτε κίνηση του αντιπάλου.

# Το πρόβλημα της λύσης του σκακιού

# Το πρόβλημα της λύσης του σκακιού

- Στην πραγματικότητα, ακόμη και αν ο υπολογιστής κάνει πάντα την καλύτερη κίνηση, **παίζοντας απέναντι σε έναν επίσης τέλειο αντίπαλο**, δεν είναι σίγουρο ότι πάντα θα **κερδίζει** 😞.

# Το πρόβλημα της λύσης του σκακιού

- Στην πραγματικότητα, ακόμη και αν ο υπολογιστής κάνει πάντα την καλύτερη κίνηση, **παίζοντας απέναντι σε έναν επίσης τέλειο αντίπαλο**, δεν είναι σίγουρο ότι πάντα θα **κερδίζει** 😞.
- Είναι όμως σίγουρο ότι εξασφαλίζει τουλάχιστον την ισοπαλία 😊.



# Παράδειγμα παιχνιδιού: Η τρίλιζα

|   |   |   |
|---|---|---|
|   |   | O |
| O | X |   |
| O | X |   |

Αν οι δύο παίκτες παίξουν τέλεια, το παιχνίδι τελειώνει **πάντα** με ισοπαλία.

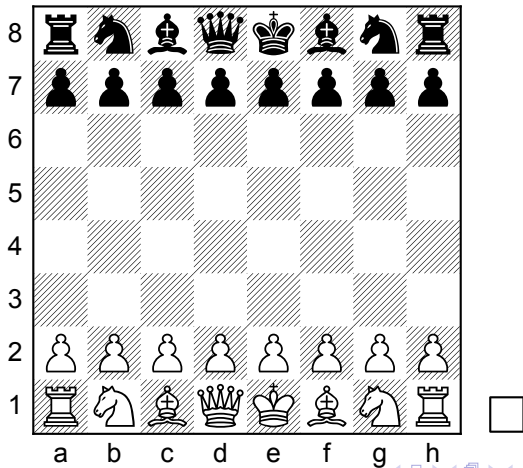
# Το πρόβλημα της επίλυσης του σκακιού από τον υπολογιστή

Ένας **αρκετά** γρήγορος υπολογιστής θα μπορούσε να παίξει το παιχνίδι ως εξής

- Στην αρχή του παιχνιδιού, πριν κάνει την πρώτη κίνηση
  - Εξετάζει όλες **όλες** τις κινήσεις από την αρχική θέση μέχρι να φτάσει σε μια νικηφόρα θέση, ακόμη και αν ο αντίπαλος κάνει κάθε φορά την **καλύτερη δυνατή** (για τον ίδιο) κίνηση.
  - Αυτό σημαίνει ότι σε κάθε βήμα αναλύει τις κινήσεις του, **αλλά και τις κινήσεις του αντιπάλου**.
  - Αφού έχει αναλύσει όλες τις κινήσεις, επιλέγει κάθε φορά την κίνηση που θα τον οδηγήσει στη νίκη.

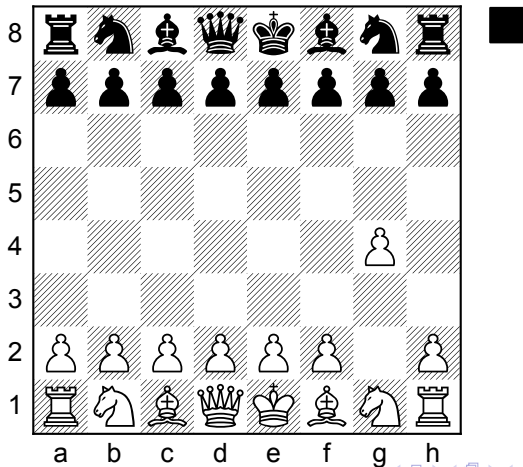
# Παράδειγμα αρχής παρτίδας

## Αρχή παρτίδας



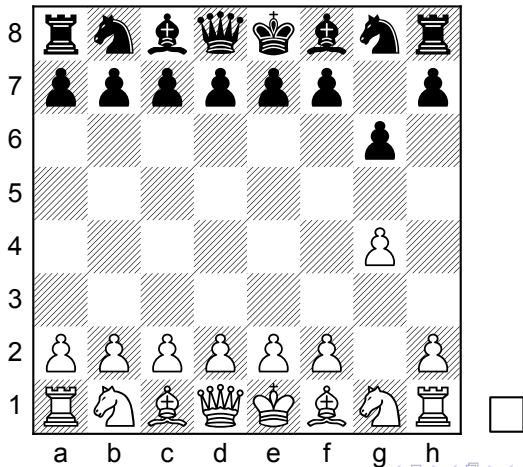
# Παράδειγμα αρχής παρτίδας

Πρώτη κίνηση λευκών 1 g4



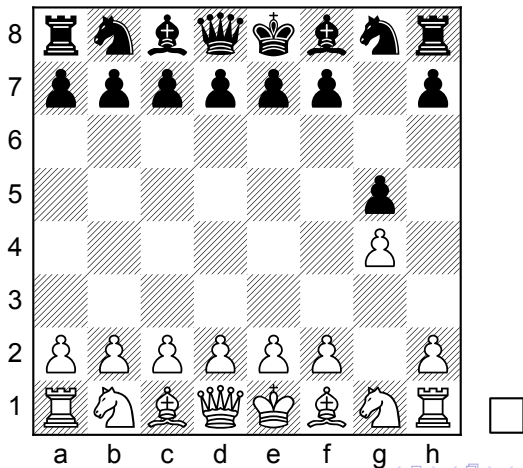
# Παράδειγμα αρχής παρτίδας

Πρώτη κίνηση μαύρων 1 g4 g6

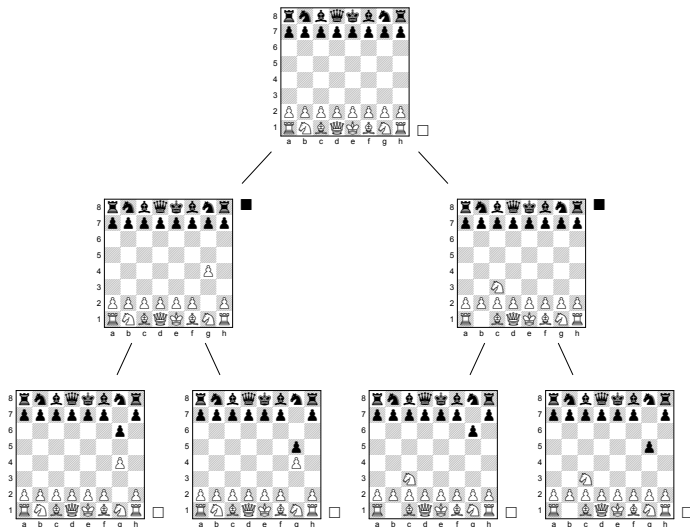


# Παράδειγμα αρχής παρτίδας

Μια άλλη πρώτη κίνηση για τα μαύρα **1 g4 g5**



# Τμήμα δένδρου αρχικών κινήσεων







# Μέγεθος του παραπάνω δένδρου

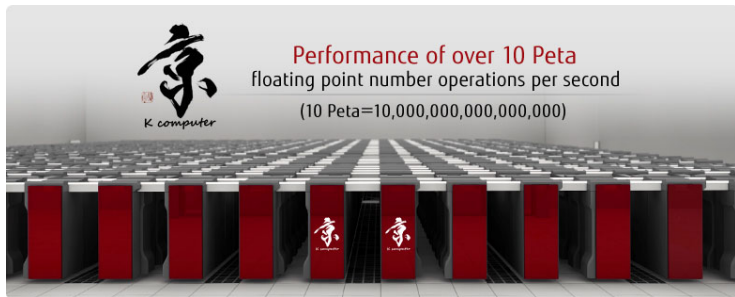
- Ο παίχτης μπορεί να κάνει την πρώτη κίνηση με 20 τρόπους
  - Μπορεί να μετακινήσει τα 8 πιόνια με 2 τρόπους το καθένα
  - Μπορεί να μετακινήσει τα 2 άλογα με 2 τρόπους το καθένα
- Η πρώτη κίνηση και από τους δύο παίχτες μπορεί να γίνει με ...  
 $20 \times 20 = 400$  τρόπους
- Οι πρώτες 4 κινήσεις μπορούν να γίνουν με παραπάνω από  
...288.000.000.000 τρόπους

# Μέγεθος του παραπάνω δένδρου

- Το μέγεθος του παραπάνω δένδρου για ένα πλήρες παιχνίδι είναι μεγαλύτερο από



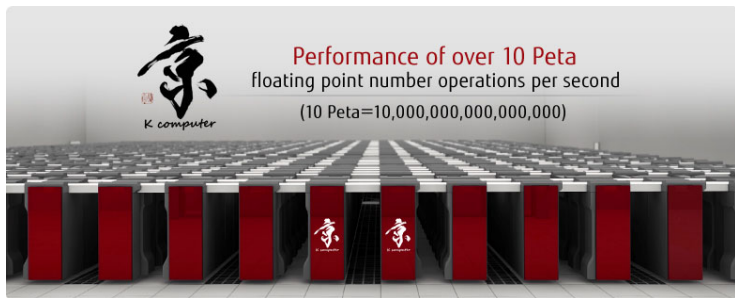




Οι συγχρονοι υπολογιστές εκτελούν πράξεις με πολύ μεγάλη ταχύτητα.



Οι συγχρονοι υπολογιστές εκτελούν πράξεις με πολύ μεγάλη ταχύτητα. Ο υπολογιστής K της Fujitsu, πιο γρήγορος υπολογιστής στον κόσμο για το 2012, εκτελεί ...



Οι συγχρονοι υπολογιστές εκτελούν πράξεις με πολύ μεγάλη ταχύτητα. Ο υπολογιστής K της Fujitsu, πιο γρήγορος υπολογιστής στον κόσμο για το 2012, εκτελεί ...10 τρισεκατομμύρια πράξεις το δευτερόλεπτο.



Οι συγχρονοι υπολογιστές εκτελούν πράξεις με πολύ μεγάλη ταχύτητα. Ο υπολογιστής K της Fujitsu, πιο γρήγορος υπολογιστής στον κόσμο για το 2012, εκτελεί ... 10 τρισεκατομμύρια πράξεις το δευτερόλεπτο. Όμως ακόμη και με αυτή την ταχύτητα, ο χρόνος επεξεργασίας όλων των κινήσεων ξεπερνά ... την ηλικία του σύμπαντος.



Άρα ο υπολογιστής αν θέλει να κερδίζει, πρέπει να παίξει διαφορετικά.

# Βιβλίο ανοιγμάτων

Unknown εναντίων GNU Chess 5.08 [ Untimed ] - PyChess

Παιχνίδι Ενέργειες Προβολή Settings Βοήθεια

Andreas Papasalouros εναντίων Guest [ 5 min ] Unknown εναντίων GNU Chess 5.08 [ Untimed ]

Annotation | Ιστορικό Κινήσεων | Σκορ

Wins: **42.3%**  
 Draws: **53.5%**  
 Loses: **4.2%**

Opening Book | ...nts | Chat

|      |    |  |
|------|----|--|
| Ba4  | 71 |  |
| Bxc6 | 3  |  |

Loaded game: /home/andpapas/Download/3.1+/mychess/fisher.pgn

# Δεν υπάρχουν διαθέσιμα ανοίγματα στο βιβλίο

Andreas Papasalouros εναντίων GNU Chess 5.08 [ 5 min ] - PyChess

Παιχνίδι Ενέργειες Προβολή Settings Βοήθεια

Andreas Papasalouros εναντίων GNU Chess 5.08 [ 5 min ]

Λευκά: 4:27 Μαύρα: 4:59

Annotation | Ιστορικό Κινή | Σκορ

Opening Book | Comments | Chat

In this position, there is no book move.

## Εκτίμηση θέσεων - σκορ θέσης

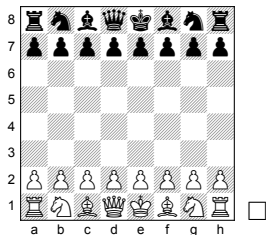
Κάθε σκακιστής αντιλαμβάνεται μια δεδομένη θέση σε μια παρτίδα ως καλή, λιγότερο καλή ή κακή. Αυτή η εκτίμηση βασίζεται σε διαφορετικά κριτήρια .

- Είδος των κομματιών στη σκακιέρα
- Κινητικότητα
- Έλεγχος της σκακιέρας
- Διάταξη των πιονιών
- Την απειλή κάποιων κομματιών
- Προαγωγή πιονιών
- Δυνατότητα ροκέ
- κ.λπ.

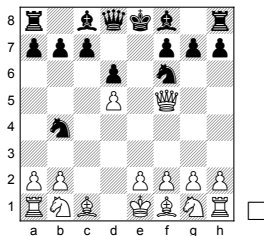
# Εκτίμηση θέσεων - σκορ θέσης

- Η αξιολόγηση είναι ένας αριθμός, το **σκορ** της θέσης
- Ο αριθμός δείχνει πόσο καλύτερη είναι η κατάσταση του παίχτη (ή του υπολογιστή) από αυτή του αντιπάλου.
  - Αν το σκορ είναι **θετικό** τότε η σκακιέρα είναι καλύτερη για "εμάς" (υπολογιστή ή άνθρωπο)
  - Αν το σκορ είναι **αρνητικό** τότε η σκακιέρα είναι καλύτερη για τον αντίπαλο (υπολογιστή ή άνθρωπο) .
  - Αν το σκορ είναι **μηδέν** τότε η σκακιέρα είναι ισοδύναμη.
- Όσο καλύτερο είναι ένα σκορ για μας, τόσο χειρότερο είναι για τον αντίπαλο
- Το σκορ εξαρτάται από την τοποθέτηση των κομματιών στη σκακιέρα
- Το σκορ **ΔΕΝ** εξαρτάται από τις κινήσεις, προηγούμενες ή επόμενες.

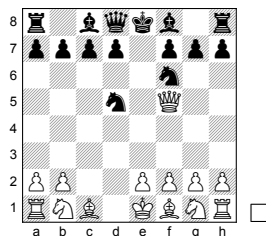
# Παραδείγματα θέσεων και αντίστοιχων σκορ



Σκορ: 0



Σκορ: +2 (για τα  
μαύρα)



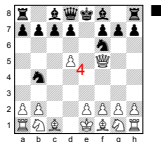
Σκορ: +3 (για τα  
μαύρα)

# Ανάλυση του παιχνιδιού

- Η επιλογή της επόμενης θέσης γίνεται με την ανάλυση του παιχνιδιού για ένα συγκεκριμένο **αριθμό κινήσεων**.
- Η ανάλυση βασίζεται στο ότι κάθε παίχτης θα κάνει την καλύτερη **για τον ίδιο** κίνηση.
- Η επιλογή της επόμενης κίνησης γίνεται με τον υπολογισμό της **αξίας** της θέσης.
- Η **αξία** μιας θέσης εξαρτάται από τις επόμενες θέσεις και μάλιστα από ... την αξία των επόμενων θέσεων.

# Σκορ και αξία μιας θέσης

- Αν παίζει ο υπολογιστής η αξία της θέσης είναι η μεγαλύτερη από τις αξίες των επόμενων θέσεων
- Αν παίζει ο αντίπαλος, η αξία μιας θέσης είναι η μικρότερη από τις αξίες των επόμενων θέσεων (γιατί;)
- Αν η ανάλυση τελειώσει, η αξία μιας θέσης είναι ... το σκορ της θέσης.

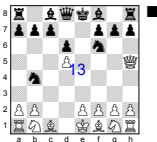
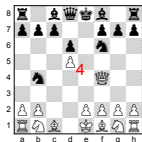
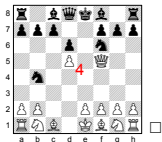


Ο υπολογιστής παίζει με τα μαύρα.



# Σκορ και αξία μιας θέσης

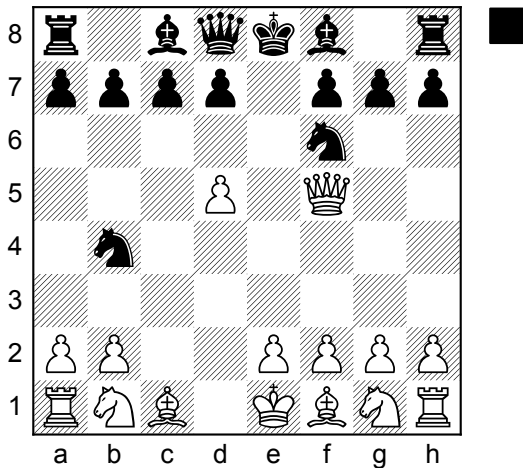
- Αν παίζει ο υπολογιστής η αξία της θέσης είναι η **μεγαλύτερη** από τις αξίες των επόμενων θέσεων
- Αν παίζει ο αντίπαλος, η αξία μιας θέσης είναι η **μικρότερη** από τις αξίες των επόμενων θέσεων (γιατί;)
- Αν η ανάλυση τελειώσει, η αξία μιας θέσης είναι ... το σκορ της θέσης.



Ο υπολογιστής παίζει με τα μαύρα.

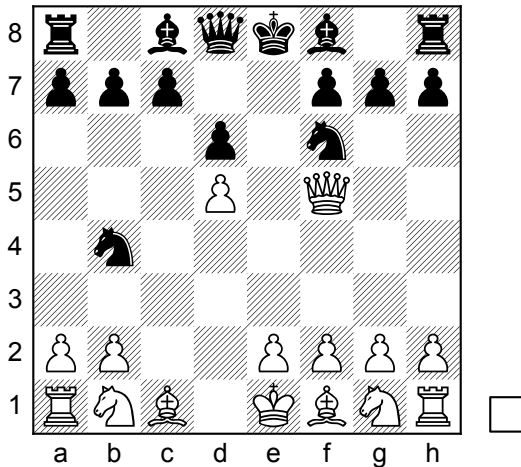
# Απόσπασμα παρτίδας με τον υπολογιστή

Με τα μαύρα παίζει ο υπολογιστής (GNU Chess 5.08)



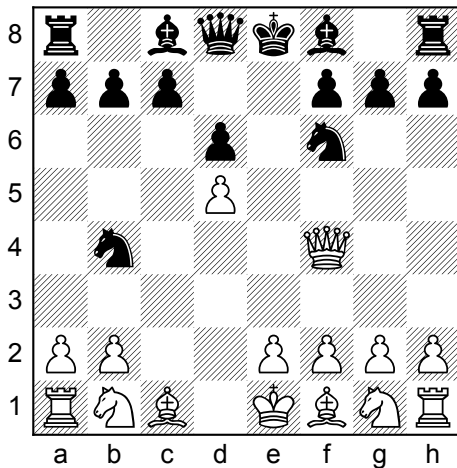
# Παράδειγμα

6...d6



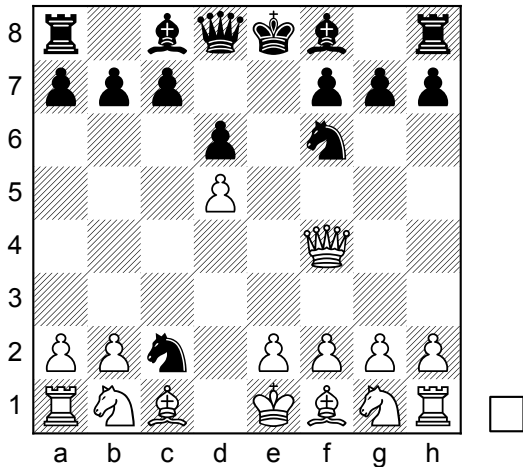
# Παράδειγμα

7 ♔f4



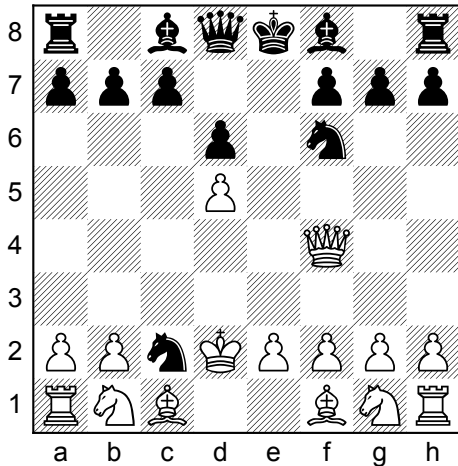
# Παράδειγμα

7...♞c2+



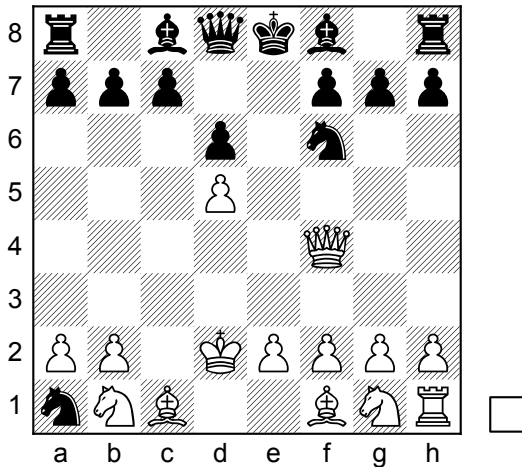
# Παράδειγμα

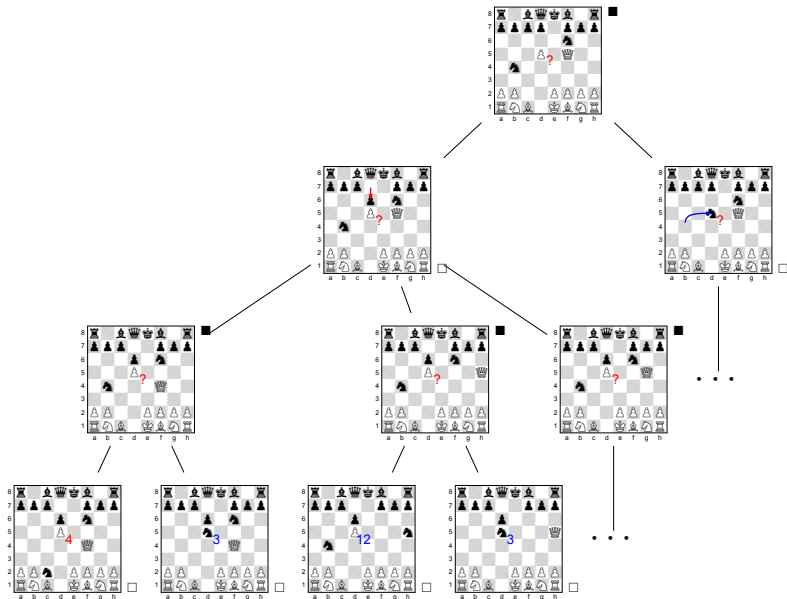
8 ♔d2



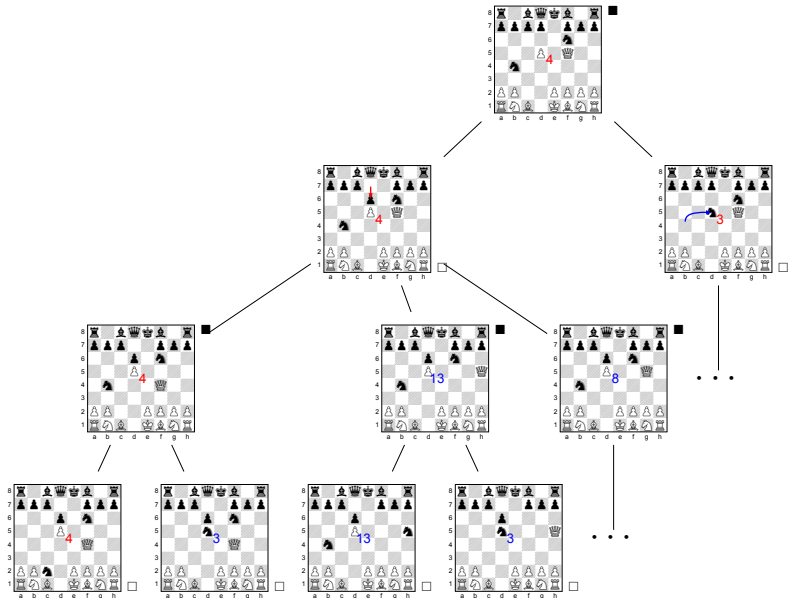
# Παράδειγμα

8...♞x♘a1

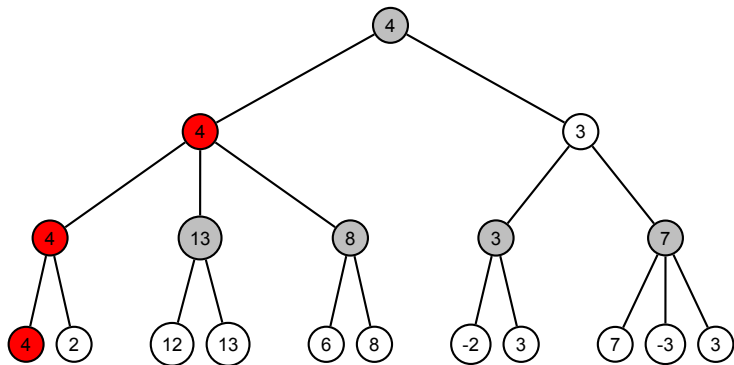






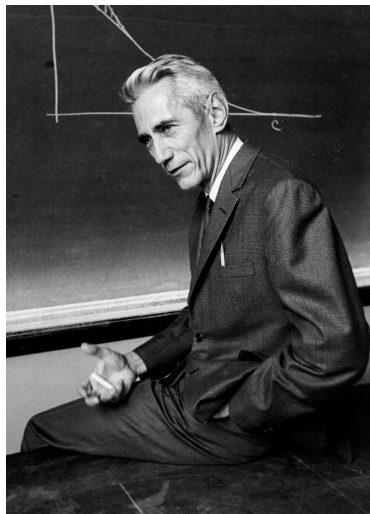


# Αφηρημένη μορφή του δένδρου



## Διαδικασία ανάλυσης minimax

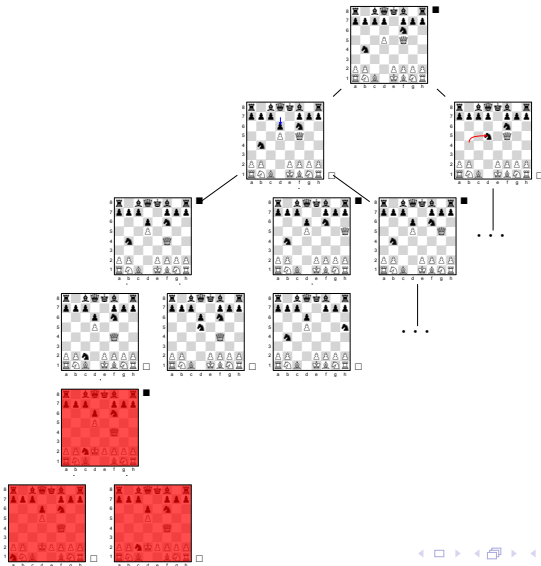
- Η παραπάνω διαδικασία εφαρμόστηκε για πρώτη φορά στο σκάκι από τον Claude Shannon γύρω στο 1950.
- Αποτελεί τη βάση **όλων** σχεδόν των υπολογιστικών μηχανών σκακιού
- Όσο **μεγαλύτερο** είναι το βάθος της ανάλυσης, τόσο **ισχυρότερος** παίχτης είναι ο υπολογιστής
- Το πρόβλημα είναι ότι και πάλι απαιτείται ο έλεγχος ενός μεγάλου αριθμού κινήσεων, καθώς το βάθος της ανάλυσης μεγαλώνει.



## Κινήσεις με ενδιαφέρον

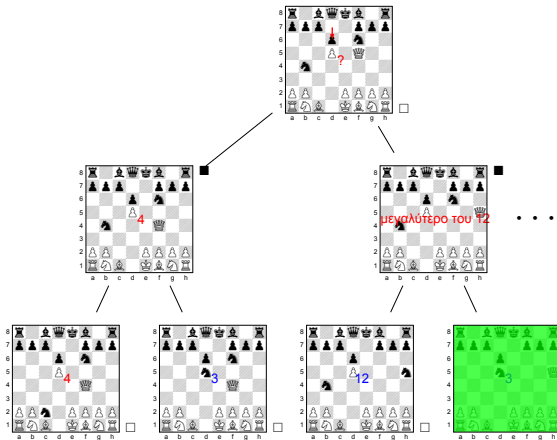
- Η παραπάνω ανάλυση πραγματοποιείται για **συγκεκριμένο** αριθμό κινήσεων.
- Σε κάποιες **ενδιαφέρουσες περιπτώσεις**, η ανάλυση των κινήσεων συνεχίζεται από τον υπολογιστή μέχρι να βρεθεί πάλι σε μια **"ήσυχη"** ή **"κανονική"** κατάσταση.
- Η τεχνική αυτή λέγεται **"ήσυχη"** αναζήτηση.

# Το δένδρο κατά την αρχική αναζήτηση



# Κλάδεμα του δένδρου αναζήτησης

Ο υπολογιστής παίζει με τα μαύρα.



# Πίνακες για φινάλε

| Move | Value      |
|------|------------|
| Kc6  | Win in 5   |
| Qa6+ | Win in 5   |
| Qc6+ | Win in 8   |
| Qg6  | Win in 8   |
| Qa5+ | Win in 8   |
| Qc5  | Win in 9   |
| Ke5  | Win in 10  |
| Kd4  | Win in 10  |
| Qg1  | Win in 10  |
| Ke6  | Win in 11  |
| Qf2  | Win in 13  |
| Ke4  | Win in 14  |
| Qd4  | Win in 16  |
| Kc5  | Draw       |
| Qxb5 | Draw       |
| Qe6  | Lose in 28 |
| Qf6  | Lose in 15 |
| Oh6  | Lose in 15 |

White to move  
 Black to move

- Οι παραπάνω μέθοδοι **δεν** δουλεύουν καλά στο φινάλε μιας παρτίδας
- Τα προγράμματα περιέχουν έναν **πίνακα φινάλε** με ανάλυση την όλων των κινήσεων που οδηγούν σε νίκη
- Οι πίνακες αυτοί παράγονται **αυτόματα** ξεκινώντας από τη θέση νίκης ή ισοπαλίας και **πηγαίνοντας προς τα πίσω**.
- Η ανάλυση συνεχίζεται μέχρι τις θέσεις με λιγότερα από 7 κομμάτια.

# Παράλληλη ανάλυση του δένδρου



- Η ανάλυση στο μέσο της παρτίδας γίνεται με την διάσχιση από τον υπολογιστή των θέσεων στο δένδρο.
- Η ανάλυση μπορεί να επιταχυνθεί αν διαφορετικές μονάδες επεξεργασίας αναλύουν **ταυτόχρονα** διαφορετικά κλαδιά του δένδρου.
- Σε αυτή την περίπτωση η αναζήτηση λέγεται **παράλληλη**.



# Deep Blue



Πώς κατάφερε ο Deep Blue να νικήσει τον παγκόσμιο πρωταθλητή;

# Deep Blue



Πώς κατάφερε ο Deep Blue να νικήσει τον παγκόσμιο πρωταθλητή;

- Κατάλληλη χρήση πολλών επεξεργαστών (παραλληλία).
- Πολύ γρήγορη εύρεση του σκορ θέσεων.
  - Η εύρεση του σκορ για μια θέση γίνεται με χρήση **υλικού**, δηλ. κατάλληλου μικροεπεξεργαστή (chip) και όχι **λογισμικού**.
- Έξυπνη αξιοποίηση του βιβλίου ανοιγμάτων.
- Ως αποτέλεσμα των παραπάνω, υπάρχει δυνατότητα αναζήτησης σε βάθος 6 κινήσεων τουλάχιστον.