Algoritmus Minimax

Tomáš Kühr

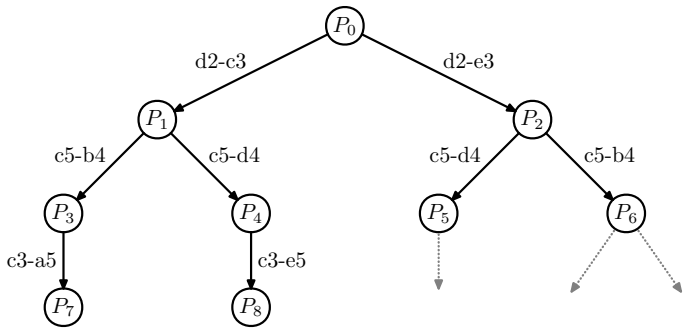
Projektový seminář 1

Základní pojmy

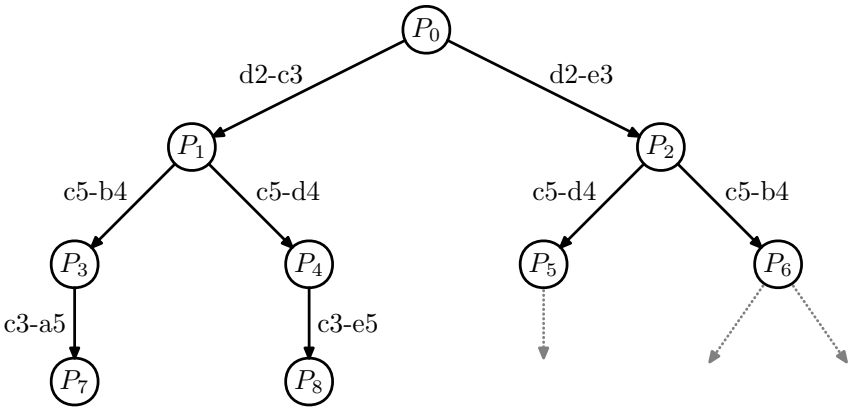
- **Tah** = přemístění figury hráče na tahu odpovídající pravidlům dané hry.
  - Při tahu může být manipulováno i s figurami soupeře, pokud to odpovídá pravidlům hry (např. odstranění přeskočené figury v dámě).
  - Tah se může skládat z několika dílčích pohybů, pokud to odpovídá pravidlům hry (např. vícenásobný skok v dámě).
  - Pozor, v některé literatuře “náš tah” označován jako *půltah*.
- **Pozice** = stav hry v určitém okamžiku.
  - Pozice je vesměs jednoznačně určena rozmístěním figur na desce a určením hráče na tahu.
  - Občas používáme i pojmy **vyhrávající pozice**, **prohrávající pozice**, **remízová pozice**, **koncová pozice** a **počáteční pozice**.

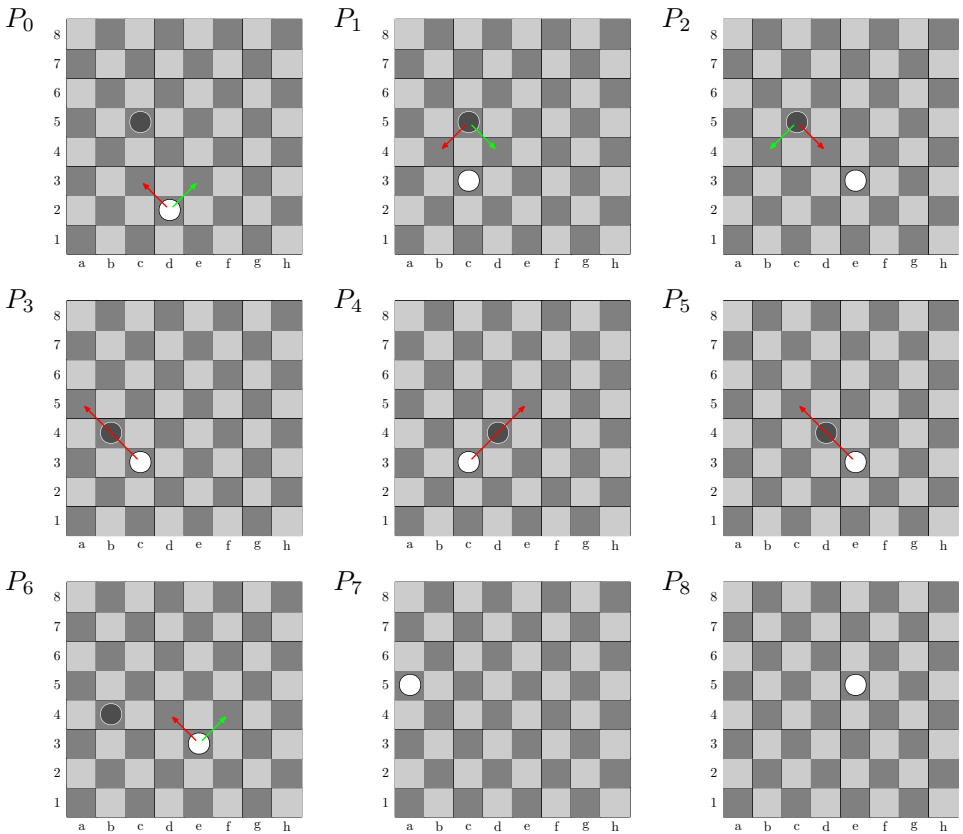
Herní strom

- Pro zobrazení “všech” možností, jak se může hra z dané pozice vyvíjet, používáme tzv. **herní strom**.
- Bohužel není v silách člověka ani počítače zobrazit či vzít do úvahy celý herní strom. Herní strom tedy běžně zobrazujeme pouze do určité předem dané hloubky (počet zkoumaných po sobě následujících tahů).
- Listy herního stromu nemusí být vždy ve stejné hloubce. Tato situace nastane, pokud v některé větvi nastal konec hry.



Příklad herního stromu

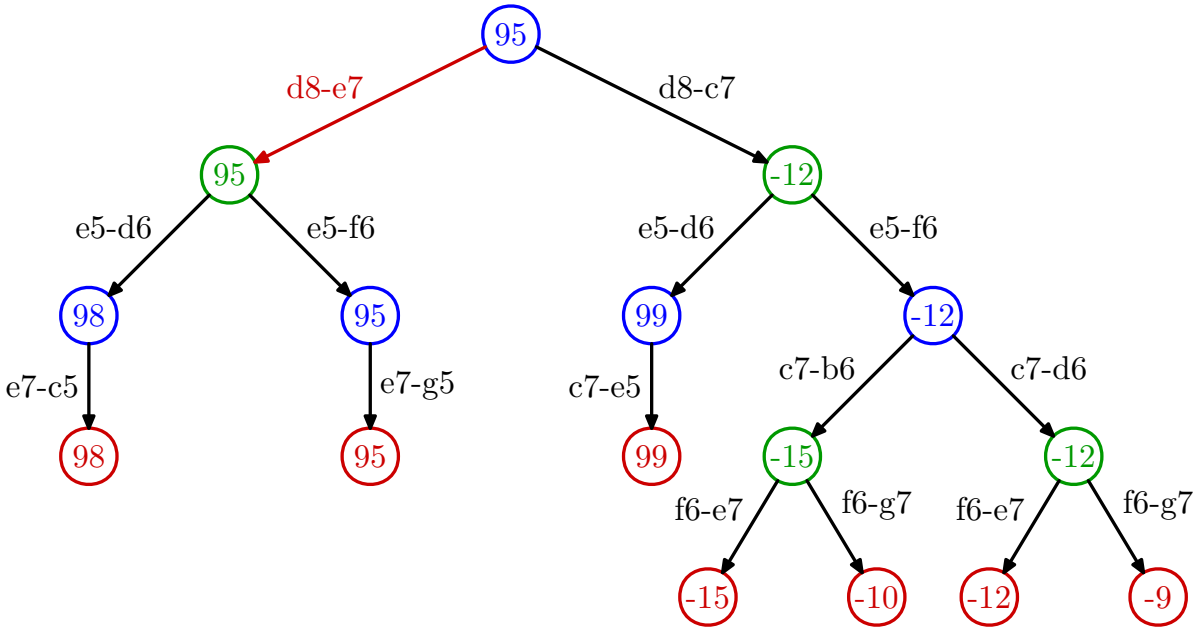


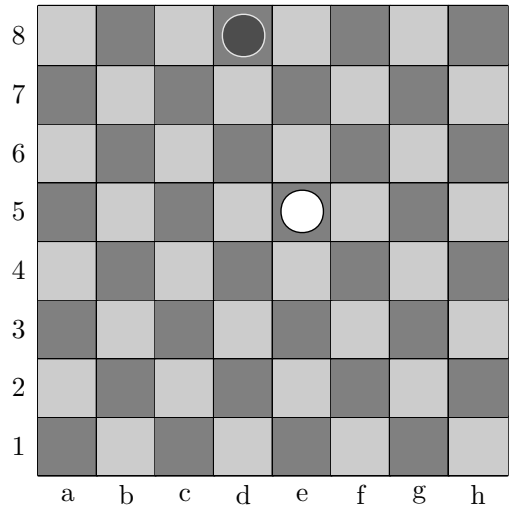


Princip algoritmu Minimax

- Algoritmus Minimax určuje nejlepší tah na základě prozkoumání herního stromu vycházejícího z aktuální pozice do předem dané hloubky.
- Minimax nejprve ohodnotí listové pozice pomocí heuristické ohodnocovací funkce.
- Ohodnocení pozic blíže ke kořeni herního stromu se pak určí jako
  - *maximum* z ohodnocení jeho následovníků, pokud je v dané pozici na tahu *aktuální hráč*
  - nebo jako *minimum* z ohodnocení následovníků, pokud je v dané pozici na tahu *soupeř*.
- U kořenové pozice nás pak nezajímá její ohodnocení, ale tah vedoucí k nejlépe ohodnocenému následovníkovi.

Ilustrace principu Minimaxu





Implementace algoritmu Minimax

- Algoritmus je realizován rekurzivní funkcí, která “prochází” herní strom do určité hloubky.
- Vstupem funkce je herní pozice a hloubka, do které se má herní strom dále prozkoumávat.
- Výstupem funkce je vypočtené ohodnocení dané pozice.
- Rozhodování z pohledu obou hráčů je realizováno totožným kódem. Využíváme zde toho, že ohodnocení dané pozice z pohledu prvního a druhého hráče se liší pouze znaménkem. Dále je nutné si uvědomit, že platí $min(a, b) = -max(-a, -b)$.
- Mezní podmínkou rekurze je dosažení požadované hloubky nebo koncové pozice.

Zjednodušený pseudokód

function minimax(pozice, hloubka)
if (pozice *je koncová* **or** hloubka $= 0$) **then**
  return *heuristické ohodnocení* pozice
else
  ohod $\leftarrow -\infty$
  for all potomek pozice **do**
    ohod $\leftarrow$ **max**(ohod, $-$minimax(potomek, hloubka $- 1$))
  end for
  return ohod
end if
end function

Detailní pseudokód (ošetření výhry/prohry)

```
function minimax(pozice, hloubka)

if je_prohra(pozice) then
    return −MAX
end if

if je_výhra(pozice) then
    return MAX
end if

if je_remíza(pozice) then
    return 0
end if

...
```

Detailní pseudokód (hlavní část)

```
...
if hloubka = 0 then
    return ohodnocovaci_funkce(pozice)
else
    tahy ← generuj_tahy(pozice)
    ohod ← −MAX

    for all tah v kolekci tahy do
        potomek ← zahraj(pozice, tah)
        ohod ← max(ohod, −minimax(potomek, hloubka − 1))
    end for

    ...
    return ohod
end if

end function
```

Detailní pseudokód (pozice blízké konci hry)

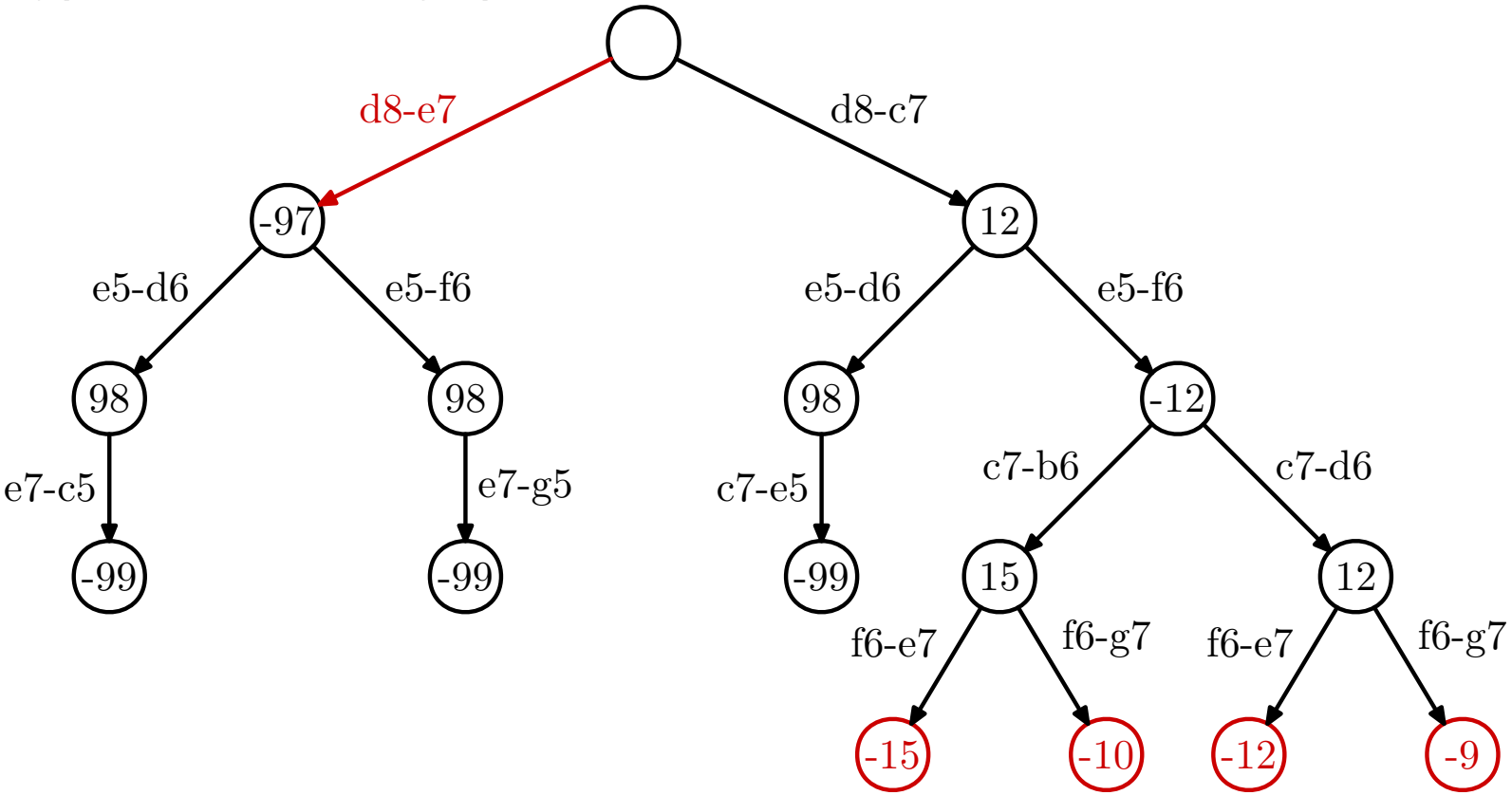
```
...
if ohod > MNOHO then
    ohod ← ohod − 1
end if

if ohod < −MNOHO then
    ohod ← ohod + 1
end if

...
```

Nalezení nejlepšího tahu

```
function nej_tah(pozice, hloubka)

tahy ← generuj_tahy(pozice)
nejlepsi_ohodnoceni ← −MAX

for all tah v kolekci tahy do
    potomek ← zahraj(pozice, tah)
    ohodnoceni ← −minimax(potomek, hloubka − 1)
    if ohodnoceni > nejlepsi_ohodnoceni then
        nejlepsi_ohodnoceni ← ohodnoceni
        nejlepsi_tah ← tah
    end if
end for

return nejlepsi_tah

end function
```

Příklad

Při ohodnocování následujícího herního stromu byl použit algoritmus Minimax s hloubkou výpočtu 4 a konstantami MAX = 99 a MNOHO = 90. Červeně jsou zvýrazněny uzly, které byly ohodnoceny heuristicky, a hrana, které odpovídá vypočtenému nejlepšímu tahu.



Generátor tahů

- V algoritmu Minimax je potřeba pro danou herní situaci vytvořit kolekci všech legálních tahů, které se dají v této pozici zahrát.
- Tyto tahy jsou pak ve vzájemně jednoznačném vztahu s následovníky dané pozice v herním stromu.
- Při vytváření kolekce bývá dobré postupovat systematicky – procházet hrací desku, případně nějakou pomocnou kolekci figur
- a pro každou figuru vygenerovat všechny možné tahy.
- Algoritmus pro generování tahů je rozumné přizpůsobit pravidlům dané hry.

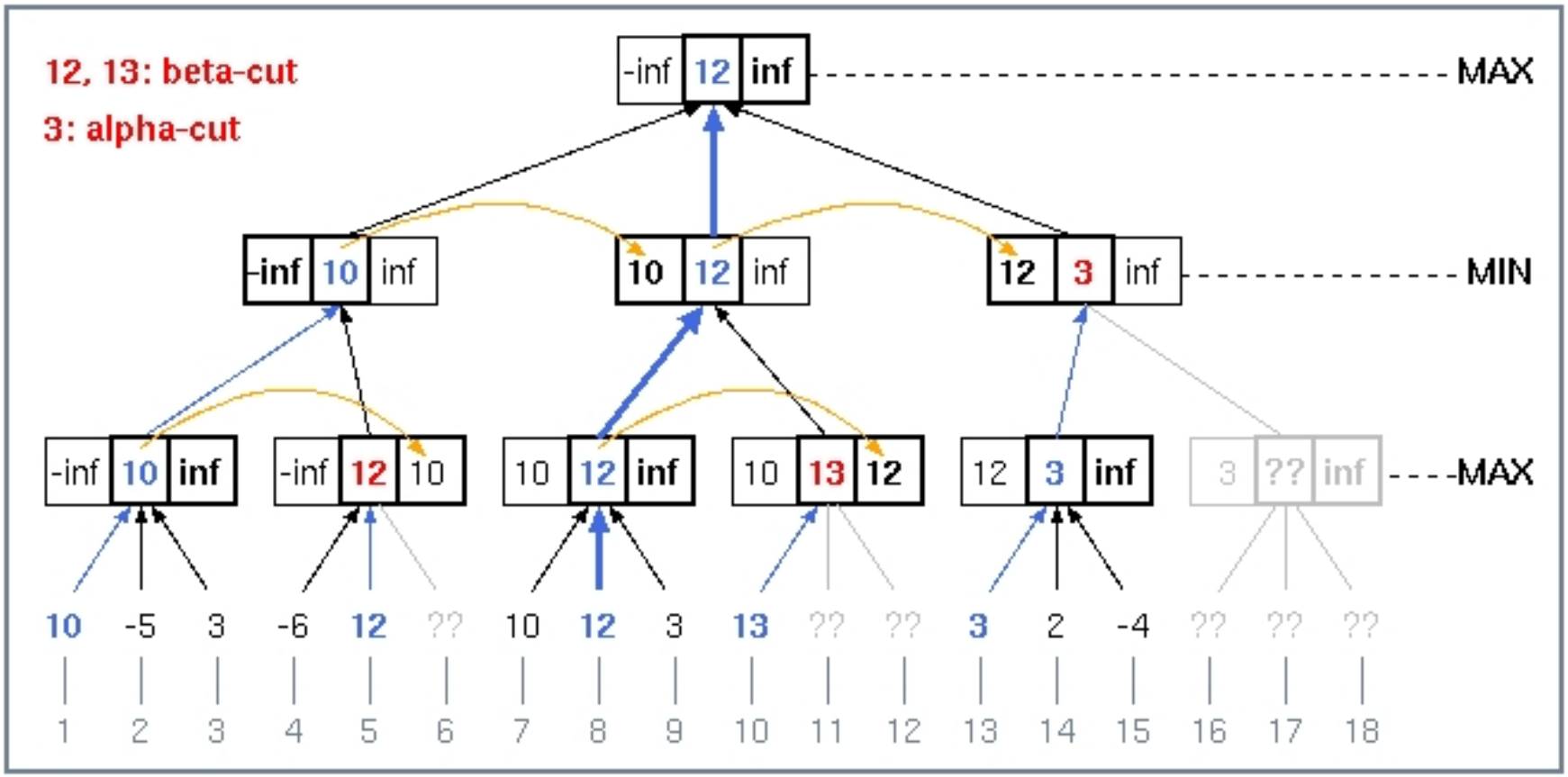
Ohodnocovací funkce

- Vstupem ohodnocovací funkce je ohodnocovaná pozice.
- Výstupem je celé číslo v intervalu $\langle -MNOHO, MNOHO \rangle$.
- Ohodnocovací funkci je rozumné vytvořit z pohledu jednoho hráče, ohodnocení z pohledu druhého hráče pak získáme změnou znaménka.
- Zcela vyrovnaná pozice má tedy ohodnocení rovno nule.
- Co lze hodnotit?
  - materiální složka (např. rozdíl v počtu figur hráčů)
  - statická poziční složka (bonusy a postihy za umístění figur na některá pole)
  - dynamická poziční složka (bloky figur, osamělé figury, ...)
- Ohodnocovací funkce by měla být rychlá a jednoduchá.
- Pomocí změn ohodnocení lze „donutit“ počítačového hráče k větší agresivitě, aktivitě, ochotě dělat výměny a podobně. Lze také vytvořit více ohod. funkcí pro různé fáze hry.

Princip Alfa-beta ořezávání

- V některých situacích nemusí Minimax zkoumat další herní pozice, protože je již zřejmé, že nebudou mít na volbu tahu vliv.
- Typy ořezávání:
  - alfa ořezávání – byla nalezena příliš malá hodnota, tuto větev hráč na tahu nezvolí,
  - beta ořezávání – nalezená hodnota je příliš velká, soupeř tuto větev nezvolí.
- V algoritmu použité hodnoty alfa tedy tvoří dolní mez, hodnoty beta pak horní mez při vyhledávání.
- Hodnoty alfa a beta se získají a upřesňují z ohodnocení dříve prozkoumaných pozic.
- Alfa-beta ořezávání je nejúčinnější, pokud se nejprve zkoumají nejsilnější tahy. Někdy se používá heuristika pro seřazení tahů před zkoumáním následovníků dané pozice.

Příklad



Převzato z *Alpha-Beta-Suche (německy) – Wikipedie, otevřená encyklopedie*.

Pomocné funkce pro algoritmus Alfa-beta

```
function dal(ohodnoceni)
  if ohodnoceni > MNOHO then
    return ohodnoceni + 1
  end if
  if ohodnoceni < −MNOHO then
    return ohodnoceni − 1
  end if
  return ohodnoceni
end function
```

```
function bliz(ohodnoceni)
  if ohodnoceni > MNOHO then
    return ohodnoceni − 1
  end if
  if ohodnoceni < −MNOHO then
    return ohodnoceni + 1
  end if
  return ohodnoceni
end function
```

Funkce Alfa-beta (část 1)

```
function alfabeta(pozice, hloubka, alfa, beta)
    if je_prohra(pozice) then
        return −MAX
    end if

    if je_výhra(pozice) then
        return MAX
    end if

    if je_remíza(pozice) then
        return 0
    end if

    if hloubka = 0 then
        return ohodnocovaci_funkce(pozice)
    end if
```

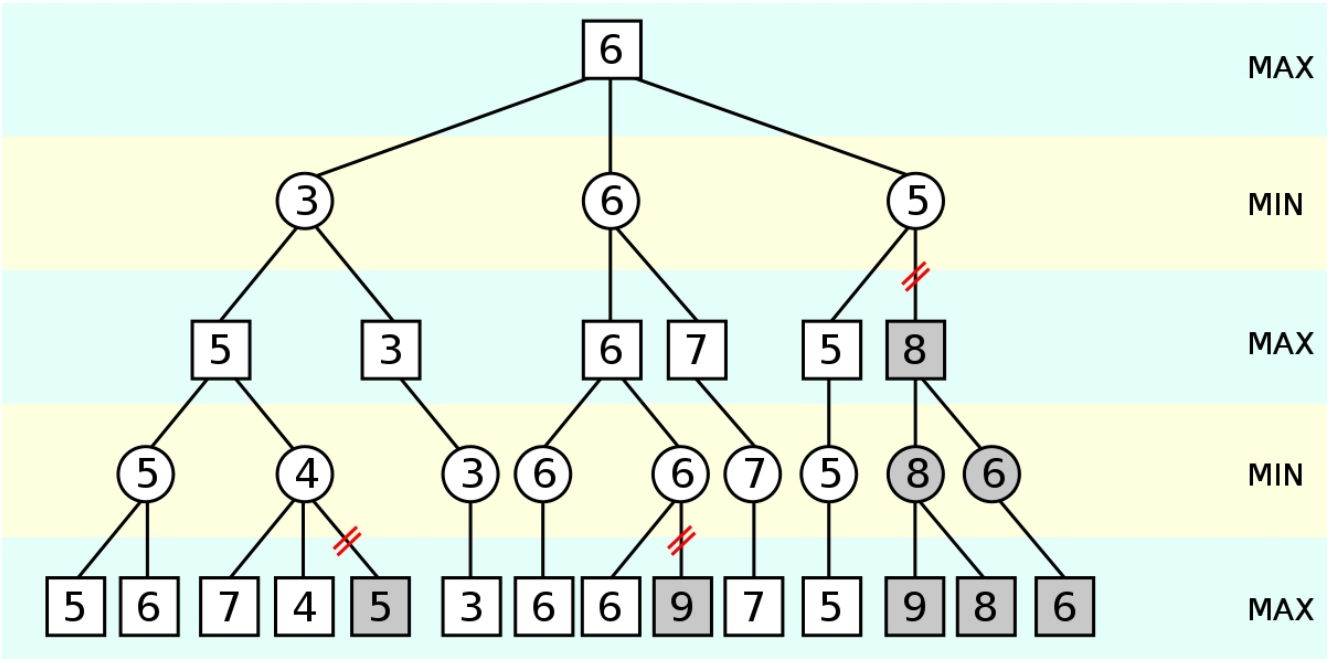
Funkce Alfa-beta (část 2)

```
    tahy ← generuj_tahy(pozice)
    for all tah v kolekci tahy do
        pot ← zahraj(pozice, tah)
        ohod ← −alfabeta(pot, hloubka − 1, dal(−beta), dal(−alfa))
        ohod ← bliz(ohod)
        if ohod > alfa then
            alfa ← ohod
            if ohod ≥ beta then
                return beta
            end if
        end if
    end for
    return alfa

end function
```

Zjištění nejlepšího tahu

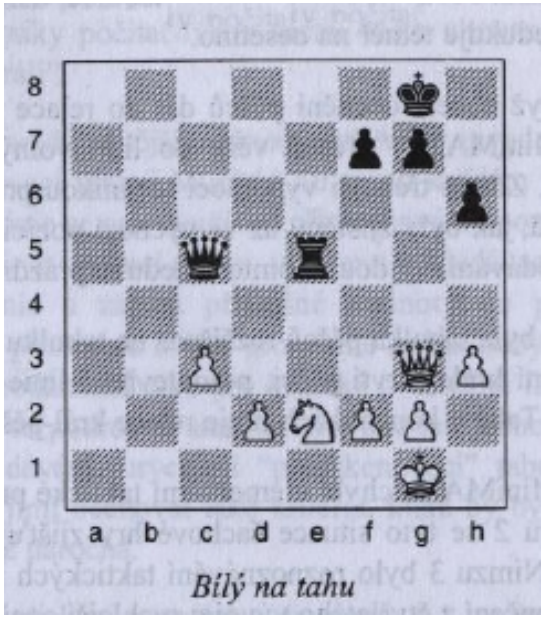
```
function nej_tah(pozice, hloubka)
    tahy ← generuj_tahy(pozice)
    alfa ← −MAX
    for all tah v kolekci tahy do
        pot ← zahraj(pozice, tah)
        ohod ← −alfabeta(pot, hloubka − 1, −MAX, dal(−alfa))
        ohod ← bliz(ohod)
        if ohod > alfa then
            alfa ← ohod
            nejlepsi_tah ← tah
        end if
    end for
    return nejlepsi_tah
end function
```

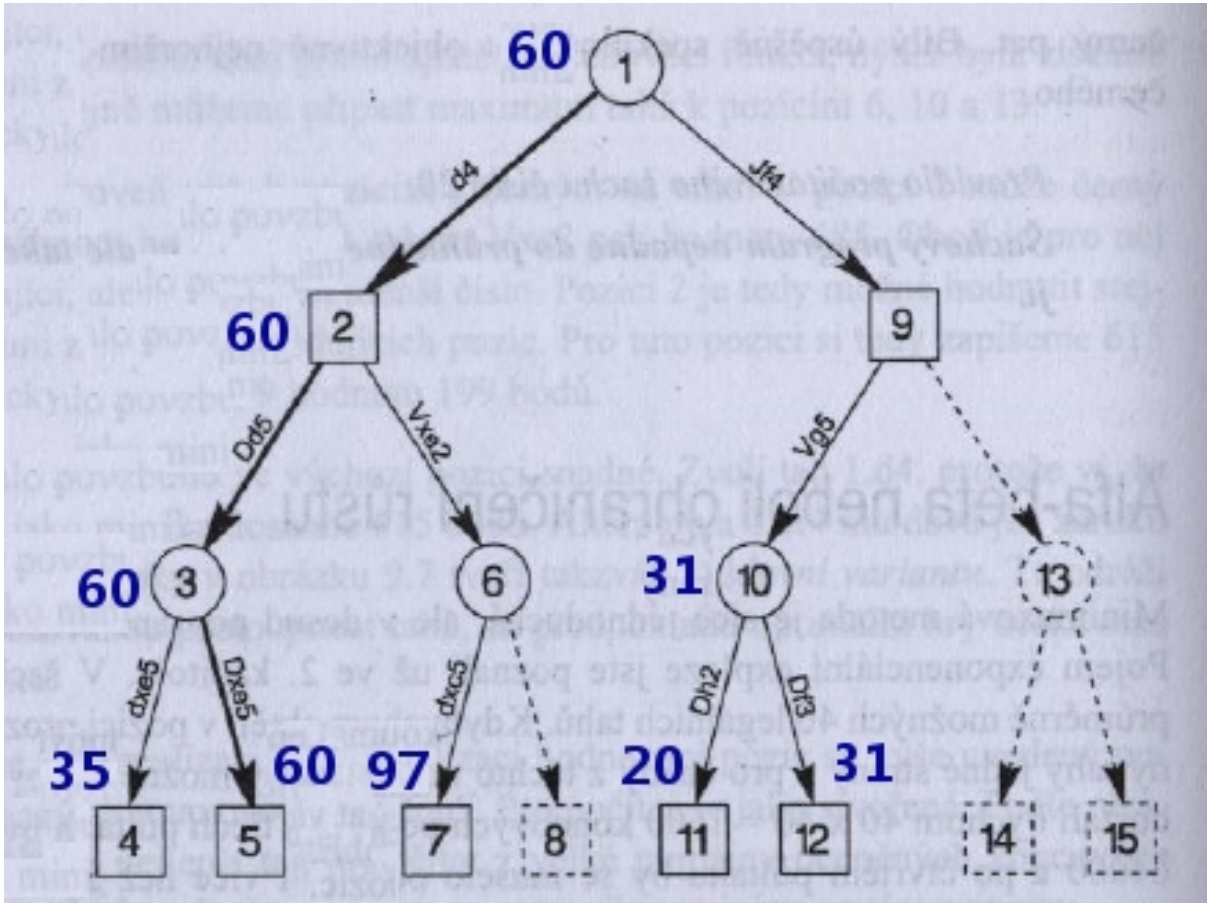
Příklad



Převzato z *Alpha-beta pruning (anglicky) – Wikipedie, otevřená encyklopedie*.

Příklad





Převzato z knihy *Šachy na PC*.

Literatura

- Dieter Steinwender, Frederic A. Friedel: *Šachy na PC*. Unis Publishing, Přerov, 1997.
- *Minimax (algoritmus) – Wikipedie, otevřená encyklopedie* [online], poslední revize 1. 9. 2010 (citováno 6. 9. 2010). Dostupné na adrese http://cs.wikipedia.org/wiki/Minimax_(algoritmus).
- *Alpha-beta pruning (anglicky, německy, česky) – Wikipedie, otevřená encyklopedie* [online], citováno 19. 10. 2010. Dostupné na adrese http://en.wikipedia.org/wiki/Alpha-beta_pruning.
- Jan Němec: Šachové myšlení. *Linux Software* [online], poslední revize 8. 3. 2006 (citováno 6. 9. 2010). Dostupné na adrese http://www.linuxsoft.cz/article.php?id_article=1109.