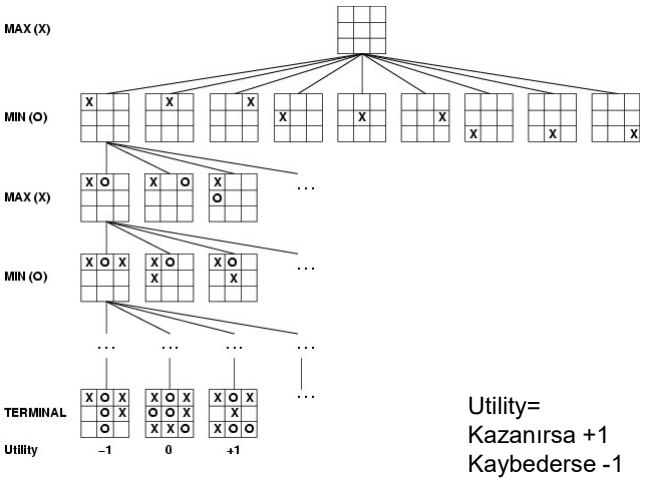
Oyunlar

Oyun türleri

	deterministic	chance
perfect information	chess, checkers, go, othello	backgammon monopoly
imperfect information		bridge, poker, scrabble nuclear war

imperfect information= eksik bilgi Ör: karşı tarafın elindekini bilmeme

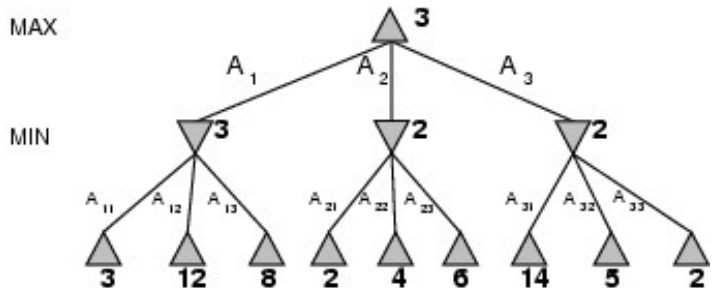
Oyun ağacı – Game tree (2-oyuncu)



Utility=
Kazanırsa +1
Kaybederse -1
Beraberlik 0

Minimax

- Rasgele olmayan oyunlar için ideal
- Yaklaşım: En yüksek minimax değerini sağlayan hamleyi yap
- Örnek: 2-oyunculu oyun:



Minimax bileşenleri

- MAX = Bizim olası hamlelerimizden kendi açımızdan en iyi sonucu verenin seçilmesi
- MIN = Rakibin olası hamlelerinden kendi açısından en iyi sonucu veren, bizim açımızdan en kötü sonucu verenin seçilmesi
- UTILITY = Oyunun sonucunu gösteren durum (Ör: kazanırsak +1, berabere 0, kaybedersek -1)

Minimax değeri

MINIMAX-VALUE(n) =

- UTILITY(n) eğer n oyun sonu seviyesinde ise
- max (Ardıl (n)) eğer n MAX seviyesinde ise
- min (Ardıl (n)) eğer n MIN seviyesinde ise

Ardıl (n) = n durumundan gidilebilecek tüm durumların değerleri

Minimax algoritması

```
function MINIMAX-DECISION(state) returns an action
    v ← MAX-VALUE(state)
    return the action in SUCCESSORS(state) with value v

function MAX-VALUE(state) returns a utility value
    if TERMINAL-TEST(state) then return UTILITY(state)
    v ← −∞
    for a, s in SUCCESSORS(state) do
        v ← MAX(v, MIN-VALUE(s))
    return v

function MIN-VALUE(state) returns a utility value
    if TERMINAL-TEST(state) then return UTILITY(state)
    v ← ∞
    for a, s in SUCCESSORS(state) do
        v ← MIN(v, MAX-VALUE(s))
    return v
```


Minimax özellikleri

- Bütünlük? Evet (eğer ağaç sınırlı ise)
- Zaman karmaşıklığı? $O(b^m)$
- Bellek karmaşıklığı? O(bm) (derinlemesine arama)
- En iyi çözüm? Evet (optimal –kendisi için her zaman en iyisini yapan- rakibe karşı)

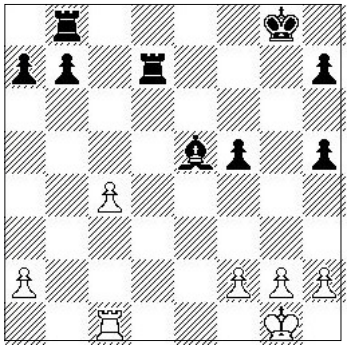
Satrançta Sınırlar

- Arama uzayının büyüklüğü (32^{40})
  - Ortalama hamle sayısı = 40
  - Her adımda yapılabilecek farklı hamle sayısı ortalaması = 32
  - $32^{40} = 2^{200} \sim= 10^{60}$
- Saniyede 3 milyar durum işlersek
  - Bir yıldaki saniye sayısı ~= $32*10^{6}$
  - Bir yılda işlenecek durum sayısı ~= 10^{17}
  - Tüm durumların değerlendirilmesi 10^{43} yıl sürer.
  - Evrenin yaşı ~= 10^{10} yıl

Sınırları Aşmak İçin

- Sınırlı Derinlikte Arama ve değerlendirme fonksiyonu (cutoff test, evaluation function)
- Alfa beta budaması

Satranç için değerlendirme fonksiyonu



- Taş değerleri:

Piyon=1, at=fil=3, kale=5, vezir=9

- Siyahlar:
  - 5 piyon, 1 fil, 2 kale
- Skor = 1*(5)+3*(1)+5*(2)
  = 5+3+10 = 18
- Beyazlar:
  - 5 piyon, 1 kale
- Skor = 1*(5)+5*(1)
  = 5 + 5 = 10

Bu durumun iki taraf için skorları:
siyahlar için = 18-10 = 8
beyazlar için = 10-18 = -8

Değerlendirme fonksiyonları

- Oyunun sonucunun çok derinlerde olduğu durumlarda durumların değerlendirilmesi için kullanılan fonksiyonlardır.
- Satranç için bu fonksiyon genellikle önceden belirlenen özniteliklerin doğrusal toplamı olarak düşünülür.

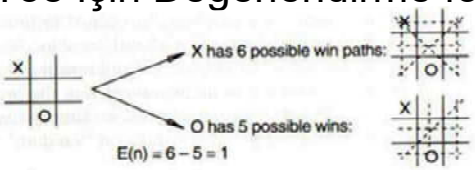
$$Eval(s) = w_1 f_1(s) + w_2 f_2(s) + \ldots + w_n f_n(s)$$

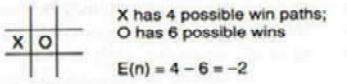
- Örnek, $w_1 = 9$ ve
- $f_1(s)$ = (beyaz vezir sayısı) – (siyah vezir sayısı), vs.
- Ağırlıklı toplam, bileşenlerin birbirinden bağımsız olduğunu varsayar.

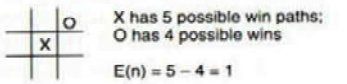
Satranç için değerlendirme fonksiyonu

- Asıl iş: f'leri ve w'leri belirlemek:
  - Etrafı boş olan piyonlar kötüdür.
  - Şahın korumaları var mı?
  - Hakeret kabiliyetin nasıl?
  - Tahtanın ortasının kontrolü sende mi?
  - Oyun süresince w lerin değerleri değişir mi?

Tic-Tac-Toe için Değerlendirme fonksiyonu

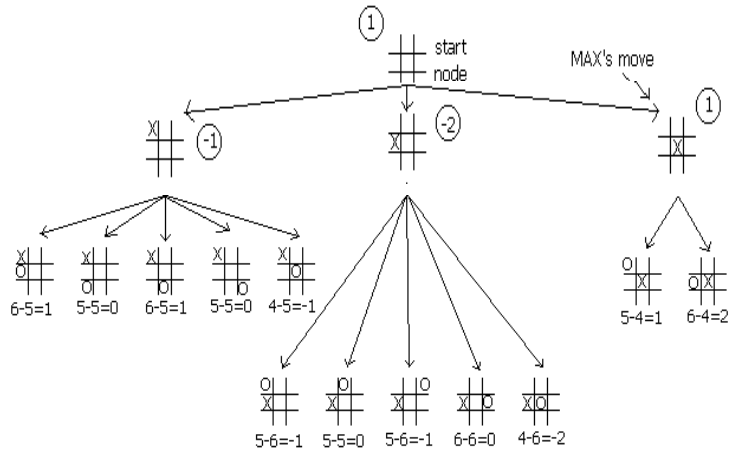




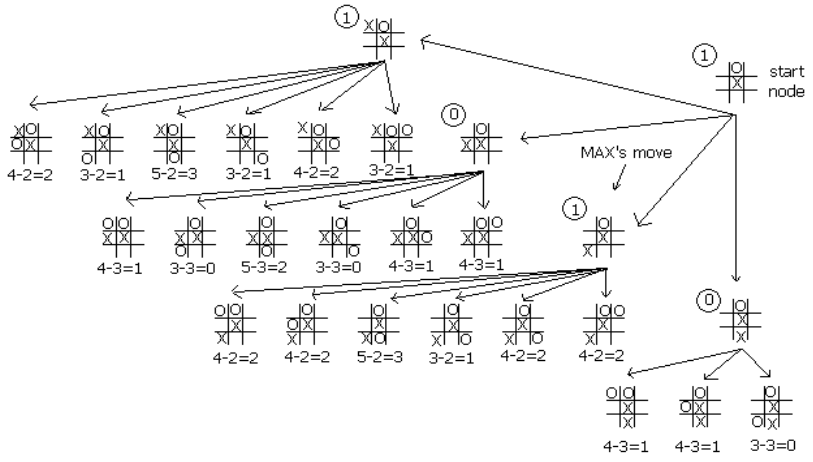


Heuristic is E(n) = M(n) – O(n)
where M(n) is the total of My possible winning lines
O(n) is total of Opponent's possible winning lines
E(n) is the total Evaluation for state n

Tic-Tac-Toe için Değerlendirme fonksiyonu (ilk hamlemiz, 2 derinlikli arama)



Tic-Tac-Toe için Değerlendirme fonksiyonu (2. hamlemiz, 2 derinlikli arama)



Sınırlı Derinlikte Arama'da Ufuk Etkisi - Horizon Effect

Aramayı farklı derinliklerde yapmanın etkisi:
C2'deki beyaz kale a2'deki piyonu alır mı?

1 derinlik
Bir piyon kazançta olduğundan alır.

2 derinlik
Bir piyona bir kale değmez. Almaz.

3 derinlik
Bir piyon + bir kaleye, bir kale değer. Alır.

4 derinlik
bir piyon + bir kaleye, 2 kale değmez. Almaz.

Sınırlı Derinlikte Arama (Cutoff search)

MinimaxCutoff MinimaxValue ile aynıdır.

1. *Terminal?* yerine *Cutoff?* Kullanılır.
2. *Utility* yerine *Eval* kullanılır.

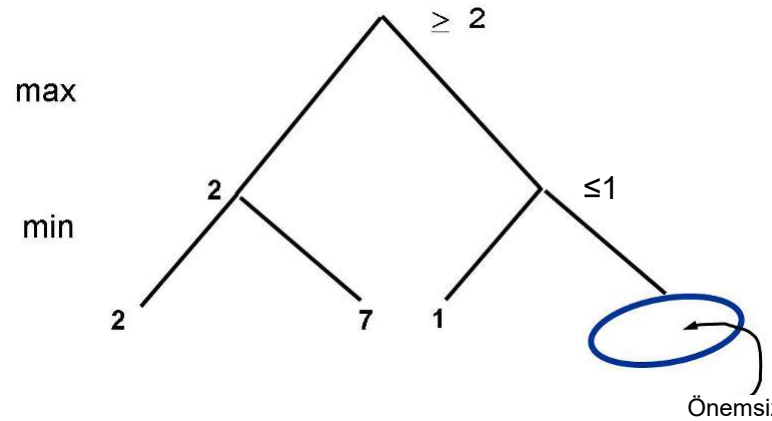
Satrançta yeterli mi?
Hamle yapma süresi eğer 100 saniye ise ve 10^4 düğüm/saniye hızda inceleme yapabiliyorsak
→ her hareket için 10^6 düğüm inceleyebiliriz.

$b^m = 10^6$ ile sınırlıysa b=35 ise m=4 olabilir.
4-katlı ileri-bakış (lookahead) → amatör bir satranç oyuncusu
4 kat ileri bakan bir program en iyi ihtimalle amatör oyuncuları yenebilir.

- 4-kat ≈ amatör oyuncu - insan
- 8-kat ≈ master seviyesinde insan
- 12-kat ≈ Deep Blue, Kasparov

Çözüm: Sınırlı derinlikte aramaya alfa beta budama eklemek

Tüm durumları değerlendirmek gerekir mi?
α-β budama örneği

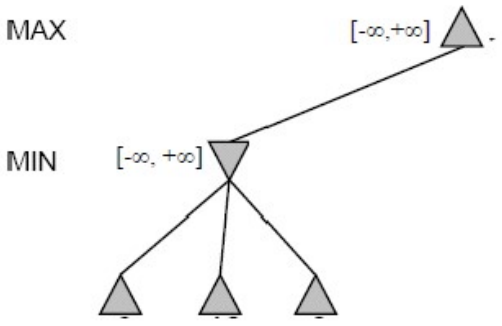


Önemsiz, seçilecek yolu etkilemez

α→Bir durumun alabileceği minimum değer
β → Bir durumun alabileceği maksimum değer

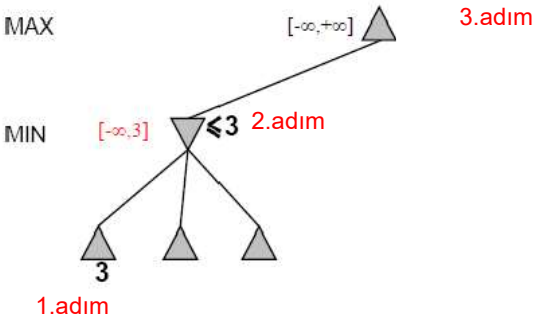
α-β budama örneği

Depth first le ilk yaprağa kadar in.



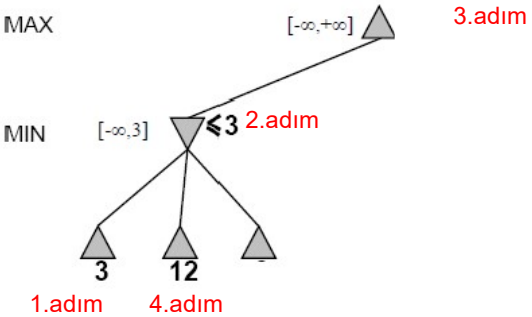
α-β budama örneği

ilk yaprağı değerlendir buna göre [alfa, beta] değerlerini güncelle.



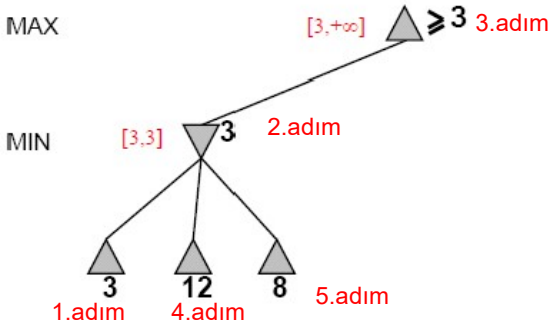
α-β budama örneği

İkinci yaprağı değerlendir buna göre alfa, beta değerlerini güncelle.



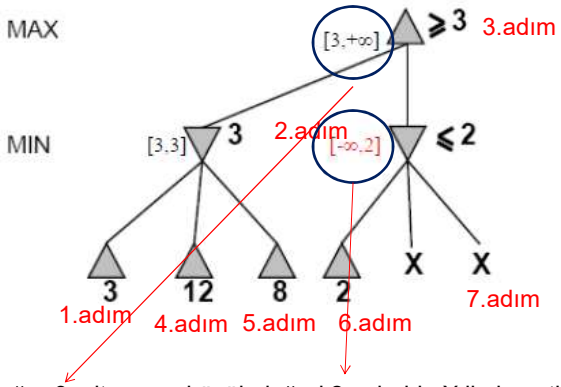
α-β budama örneği

3.yaprağı değerlendir buna göre alfa, beta değerlerini güncelle.



α-β budama örneği

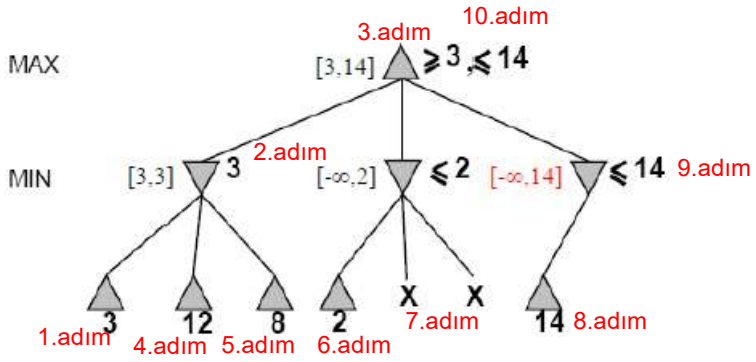
4.yaprağı değerlendir buna göre alfa, beta değerlerini güncelle.



7.adım: En küçük değer 3, altının en büyük değeri 2, o halde X ile işaretli lerin değerlerini bulmaya gerek yok, Zaten alfa ve beta yı değiştiremezler

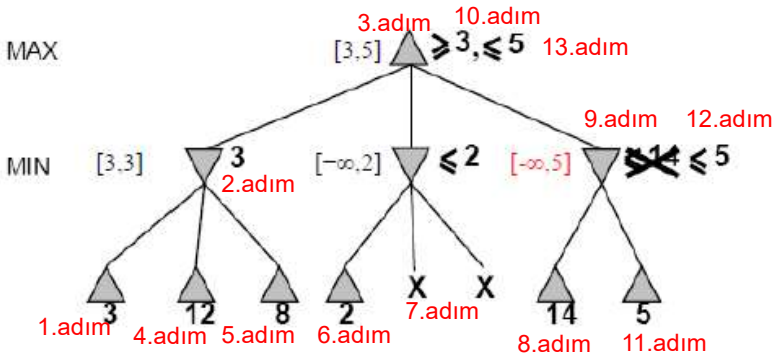
α-β budama örneği

7.yaprağı değerlendir buna göre alfa, beta değerlerini güncelle.



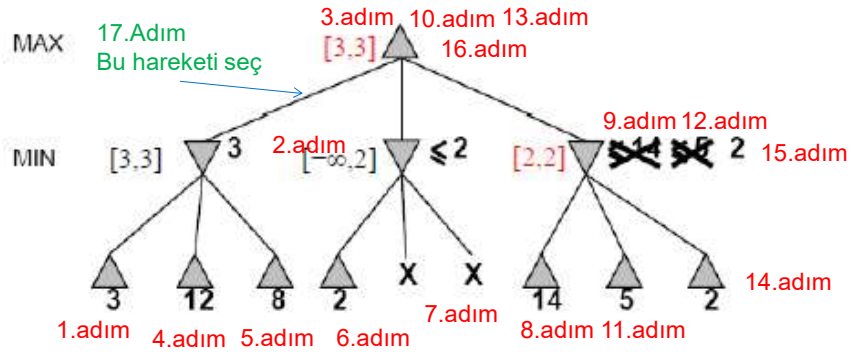
α-β budama örneği

8.yaprağı değerlendir buna göre alfa, beta değerlerini güncelle.

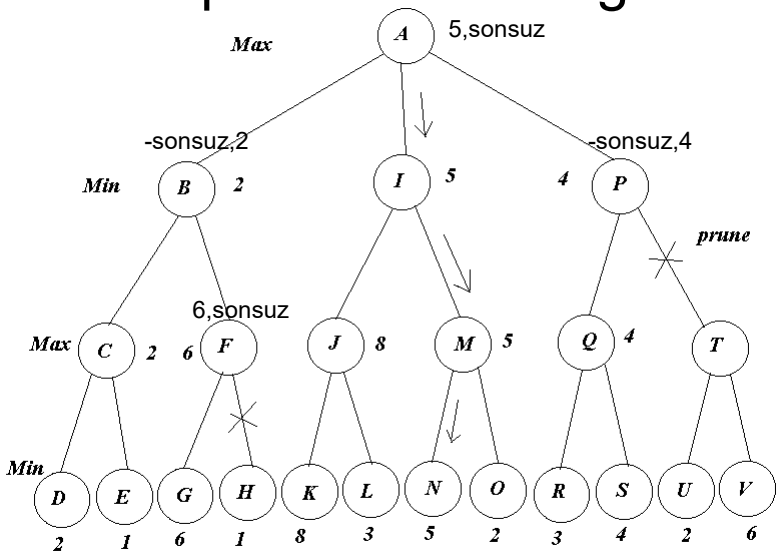


α-β budama örneği

9.yaprağı değerlendir buna göre alfa, beta değerlerini güncelle.



α-β budama örneği



Adım adım çözünüz

α-β özellikleri

- Budama seçilen hareketi etkilemez.
- Karmaşıklığı $O(b^{m/2})$ 'ye kadar düşürebilir.

  →arama derinliğini iki katına çıkarır. 4*2=8 (satrançta master seviyesi)

α-β algoritması

```
function ALPHA-BETA-SEARCH(state) returns an action
  inputs: state, current state in game
  v ← MAX-VALUE(state, −∞, +∞)
  return the action in SUCCESSORS(state) with value v

function MAX-VALUE(state, α, β) returns a utility value
  inputs: state, current state in game
          α, the value of the best alternative for MAX along the path to state
          β, the value of the best alternative for MIN along the path to state
  if TERMINAL-TEST(state) then return UTILITY(state)
  v ← −∞
  for a, s in SUCCESSORS(state) do
    v ← MAX(v, MIN-VALUE(s, α, β))
    if v ≥ β then return v
    α ← MAX(α, v)
  return v
```

α-β algoritması

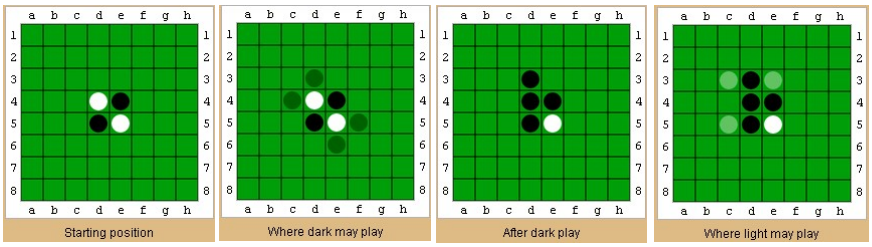
```
function MIN-VALUE(state, α, β) returns a utility value
  inputs: state, current state in game
          α, the value of the best alternative for MAX along the path to state
          β, the value of the best alternative for MIN along the path to state
  if TERMINAL-TEST(state) then return UTILITY(state)
  v ← +∞
  for a, s in SUCCESSORS(state) do
    v ← MIN(v, MAX-VALUE(s, α, β))
    if v ≤ α then return v
    β ← MIN(β, v)
  return v
```


Rastgele olmayan oyun uygulamaları

- Dama (Checkers): Chinook 1994'de dünya şampiyonu Marion Tinsley ile başabaş oynadı, aynı yıl Tinsley sağlık sebeplerinden oyunlardan çekildi ve Chinook o zamandan beri dünya şampiyonu. Günümüzde dama tamamen çözülmüşü durumda.
- Satranç: Deep Blue 1997'de 6 oyun sonunda dünya satranç şampiyonu Garry Kasparov'u yendi. Deep Blue saniyede 200 milyon düğümü arayabilmekte, oldukça iyi bir değerlendirme fonksiyonu kullanmakta, gerektiğinde 40-kat hamle ileriyi görebilecek derecede arama yapabilmektedir.

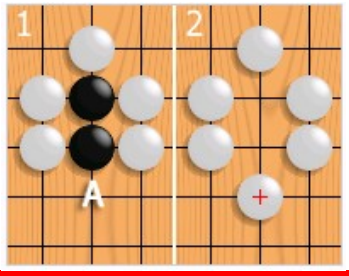
Rastgele olmayan oyun uygulamaları

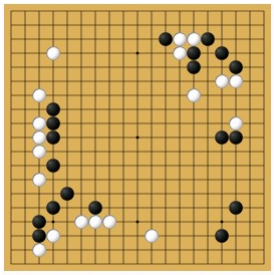
- Othello (reversi): Günümüzde insan dünya şampiyonları bilgisayarlara karşı yarışamamaktadırlar, bilgisayarlar bu alanda çok üstündür.



Rastgele olmayan oyun uygulamaları

- Go: İnsanlar anca 2016'da üstünlüklerini kaybettiler. Bunun sebebi 19x19'luk oyun tahtasında b~250, d~150 olmasıdır. Örüntü tanıma teknikleri daha yaygın kullanılmaktadır. Ağustos 2008'de her biri 32 işlemciye sahip 25 sunucuda çalışan Mygo profesyonel bir go oyuncusunu yendi. Mart 2016'da AlphaGo dünya şampiyonunu 4-1 yendi.





Bilgisayarla satranç oynamak

- 1957 - Newell ve Simon: 10 yıl içinde dünya satranç şampiyonunun bir bilgisayar olacak
- 1958 : Satranç oynayan ilk bilgisayar IBM 704
- 1967 : Mac Hack programı insanların katıldığı bir turnuva da başarıyla yarıştı
- 1983 : Belle programı, Amerika Satranç Federasyonundan master ünvanını aldı.
- 1980'lerin ortaları : Carnegie Mellon üniversitesinde bilim adamları sonradan Deep Blue'ya dönüşecek çalışmayı başlattı.
- 1989: Projeyi IBM devraldı.

Bilgisayarla satranç oynamak

- 11 Mayıs 1997, Gary Kasparov, 6 oyunluk maçta Deep Blue'ya 3.5 a 2.5 yenildi.
  - 2 oyun deep blue, 1 oyun Kasparov aldı, 3 oyun berabere

http://www.research.ibm.com/deepblue/meet/html/d.3.html

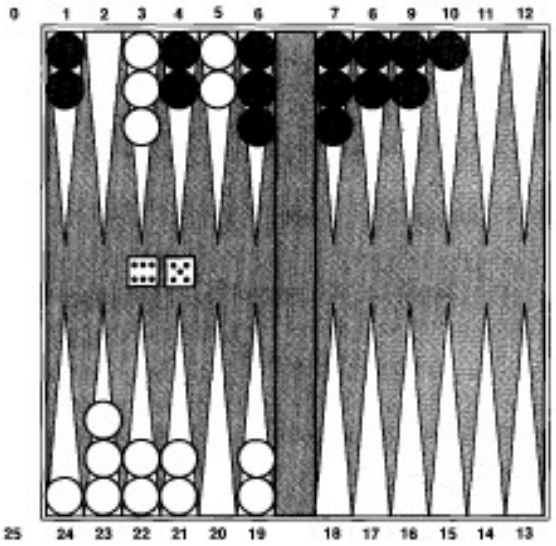
Metotların Tarihi

•Shannon, Turing	Minimax arama	1950
•Kotok/McCarthy	Alpha-beta budama	1966
•MacHack	Dönüşüm tabloları	1967
•Chess 3.0+	Iterative-deepening	1975
•Belle	Özel donanım	1978
•Cray Blitz	Paralel arama	1983
•Hitech	Paralel değerlendirme	1985
•Deep Blue	yukarıdakilerin hepsi	1997

İçinde şans faktörü olan oyunlar

- Tavla – atılan zara göre oyun oynanır.
- Kağıt oyunları – kağıtların dağılımına göre oyun oynanır.
- Oyun ağacını oluşturmak için her türlü varyasyonun göz önüne alınması gerekir.

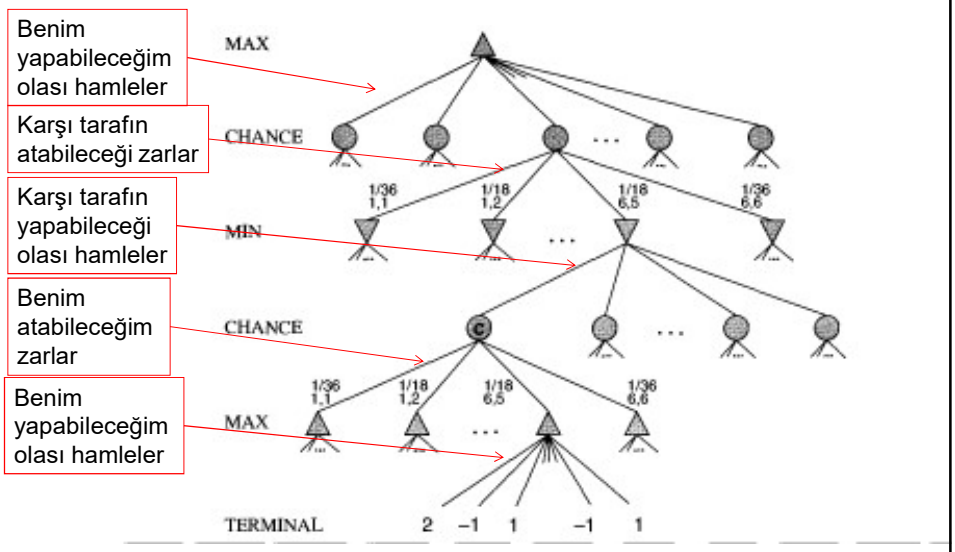
Tavla



Expectiminimax bileşenleri

- Terminal (Sonuç) düğümü
- min düğümü
- max düğümü
- Şans düğümü
  - Şans düğümünde gelebilecek zar, kağıt, vs. gibi durumlar olasılıklarına göre dizilirler. Örnek: Tavlada atılan çift zar için 21 değişik durum (düğüm) oluşabilir. (6 aynı çift zar, 15 değişik çift zar), yani her seviye için 21 şans düğümü vardır.

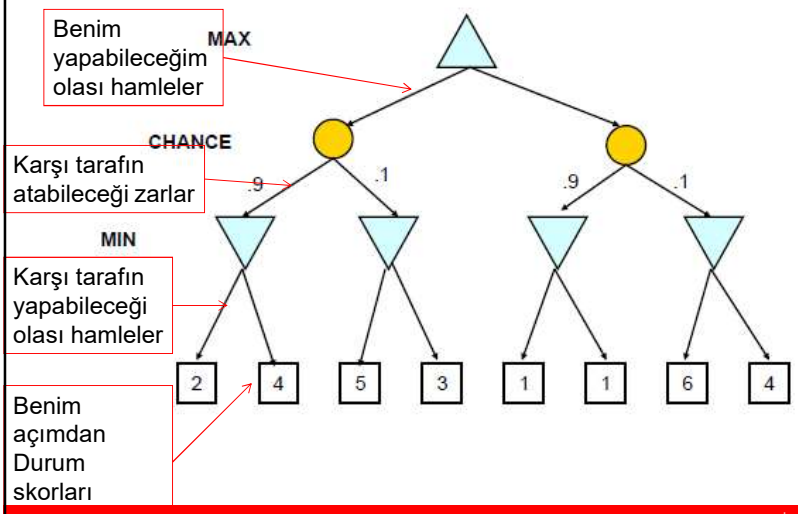
Expectiminimax



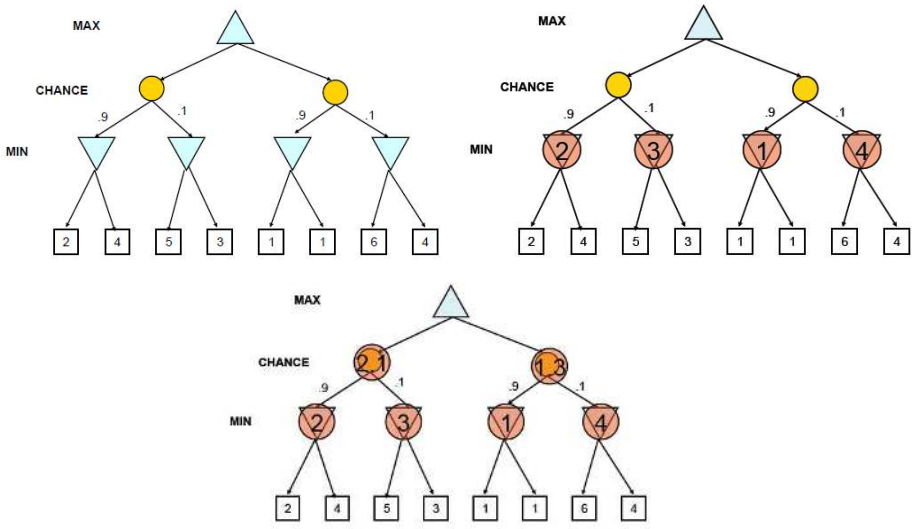
Expectiminimax

- EXPECTIMINIMAX(n) =
  - UTILITY(n) eğer n oyun sonu (terminal) durumu ise
  - max (Ardıl (n)) eğer n MAX seviyesinde ise
  - min (Ardıl (n)) eğer n MIN seviyesinde ise
  - ∑ P(s) * Ardıl(s) eğer n şans düğümü ise

Expectiminimax Örnek



Expectiminimax Örnek



Expectiminimax özellikleri

- Bütünlük? Evet (eğer ağaç sınırlı ise)
- En iyi çözüm? Evet (şans faktörü göz önünde olmalı)
- Zaman karmaşıklığı? $O(b^m n^m)$
- Bellek karmaşıklığı? $O(n^m bm)$ (derinlemesine arama)

- n→ şans faktörünün dallanma sayısı
- Tavla için b ≈ 20, n = 21 → tam çözüm şu anki şartlarda imkansız. En fazla 3-seviye pratikte mümkün.
- TDGammon adlı oyun 2 derinlikli arama yapar. Çok iyi bir değerlendirme fonksiyonu var. Sonuç: dünya şampiyonu

Tahmin ve Öğrenme

- Bilgisayar kullanıcının hareket loglarını kaydedebilir.
- Kullanıcının bir sonraki hareketini bu loglara göre tahmin edebilir. Tüm olasılıkları hesaba katmaya gerek kalmaz.
- Bu tahmine göre yapması en iyi hareketi yapabilir.
- Önceki hareketler

Low Kick, Low Punch, Uppercut	10	50%
Low Kick, Low Punch, Low Punch	7	35%
Low Kick, Low Punch, Low Kick	3	15%

- Şimdiki durum:

  Low Kick, Low Punch, ?

- Ör: Virtual Fighter 4

Değerlendirme fonksiyonunu öğrenmek

– Deep Blue durum değerlendirme fonksiyonundaki ağırlıkları ($w_1, w_2, .., w_n$) öğrenmiştir.

$$f(p) = w_1f_1(p) + w_2f_2(p) + ... + w_nf_n(p)$$

– Nasıl?

Değerlendirme fonksiyonunu öğrenmek

- Grand master seviyesindeki oyuncuların 1000'den fazla oyunundaki her hamlenin yer aldığı "şu durumda şunu yaptı" database'i
- Tüm hamleler için, önceki durumdan gidilebilecek tüm durumların içinde yapılanın (database'de yer alanın) seçileceği (f(p)'si büyük) şekilde w'lerin düzenlenmesi

Kendi kendine oynamak

- Monte Carlo Tree Search
- Yapılacak hamleyi seçerken rasgele hareketlerle oyun sonuna kadar ilerler. Oyunun sonucuna göre yaptığı hamleyi değerlendirir.

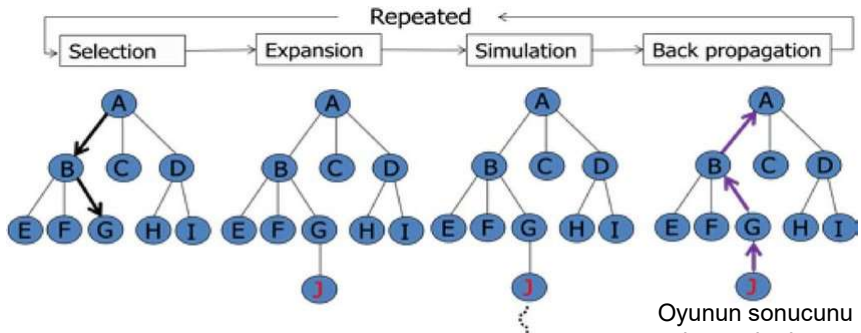
Monte Carlo Arama Ağacı

- 2006 başlarında Go ile popüler olmaya başladı.
- Büyük arama uzayları için tasarlanmış
- Sınırlı bir derinlikteki her olasılığı denemek yerine oyun bitene kadar rasgele hamleler üretir.

[*] https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/486013
[*] https://www.youtube.com/watch?v=Fbs4InGLS8M

Monte Carlo Arama Ağacı

- A'dayız yapabileceğimiz 3 hareket var. hangisini yapmak iyi?



Her düğüm kaç oyun oynandığını ve kaçının kazanıldığını tutar.

oyun bitene kadar rasgele hareketler ile oyna

Oyunun sonucunu yukarıya kadar yay

[*] Yen, Shi-Jim & Chou, Cheng-Wei & Chen, Jr-Chang & Wu, I-Chen & Kao, Kuo-Yuan. (2014). Design and Implementation of Chinese Dark Chess Programs. IEEE Transactions on Computational Intelligence and AI in Games. 7. 1-1. 10.1109/TCIAIG.2014.2329034.

Monte Carlo Arama Ağacı

- Seçimde ikilem (az oyun oynanmışlar vs. büyük oranda kazanmışlar)
- Seçimde sezgisel yaklaşımlar kullanılıyor. Rasgele seçim uygulanabilir değil.
  - Upper Confidence Bound for Trees
    - Her düğüm için
    - kazanılan oyun / sonrasında oynanan oyun oranı
    - Tüm oynanan oyun sayısı tabanlı bir formül
  - CNN
    - Oyun tahtası (düğüm) CNN'e verilir, ağ tahtanın değerini tahmin eder

[*] https://nikcheerla.github.io/deeplearningschool/2018/01/01/AlphaZero-Explained/

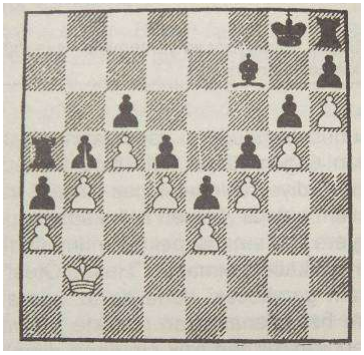
Monte Carlo Arama Ağacı

- Oyun algoritmalarında temel yaklaşım
- Kolaylıkla paralelleştirilebilir (kökten ya da yapraktan)
- Uygulama alanları: Bilgisayarlara karşı oynanabilecek her türlü oyun, bilgisayarla taklit edilebilen dünyalardaki arama problemleri (n eklemli bir robot kolunu istediğimiz konuma getirmek için gerekli hareketler)

Sorular

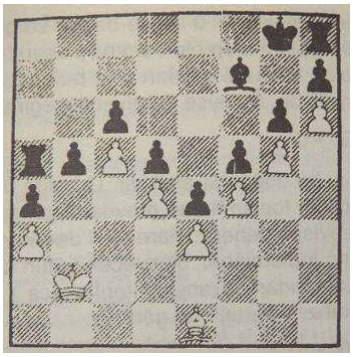
- Deep Blue'nun yaptığı şey sadece tasarımcıların fikirlerini büyük hesap kabiliyetiyle uygulamak. Yenen tasarımcılar ve teknoloji. Yapılan sadece özel bir hesap makinesi.
- Drew McDermott:
  - Deep Blue'nun gerçekte satrançtan anlamadığını söylemek, bir uçağın kanatlarını çırpmadığı için uçmadığını söylemeye benzer.
- Uzaylılar dünyaya gelse ve bize satrançta meydan okusalar
  - Kapışmaya Deep Blue'yu mu Kasparov'u mu gönderirdiniz?

Deep Thought kaleyi aldı!



- Oyun sırası beyaz'da
- Çözüm yeni bir f'in eklenmesi

Deep Thought kaleyi yine aldı!



- Oyun sırası beyaz'da
- Çözüm yeni bir f'in daha eklenmesi
- Nereye kadar?

Özet

- Oyunlar zevklidir.
- YZ hakkında **pratik** yeni fikirler üretirler.
- Hesaplama karmaşıklığı sebebiyle mükemmellik genelde sağlanamaz. Bunun yerine yaklaşımlar, kestirimler kullanılır.
- Günümüzde RL ve MCTS popüler.

Referanslar

- http://www.cs.pomona.edu/~sara/classes/cs030-spring13/notes/abslides.pdf
- https://deepmind.com/research/alphago/