SAKARYA
ÜNİVERSİTESİ

BSM 310 YAPAY ZEKA

CEMİL ÖZ, İSMAİL ÖZTEL

~ OYUNLAR ~

KONULAR

- Oyunlarda zeka
- Oyun teorisi
- Minimaks yöntemi
- $\alpha - \beta$ budama

Oyunlarda zeka

- Bilgisayarların oyun oynama kabiliyetlerinin yükseltilmesi, yapay zekanın katkıda bulunduğu bir alandır.
- Bir oyununda, sanal karakterlerin zeki özellikler göstermesi, oynayan insan için daha uzun süre oyundan zevk alması anlamına gelir.
- Özellikle satranç oyununun yapay zekada özel bir yeri vardır. Yapay zekanın ilk yıllarından beri, bilgisayarların usta derecesinde satranç oynaması hedeflenmiştir.

Oyunlarda zeka

- Satranç oyununun özellikle seçilmesinin nedenleri:
  - zeka gösterimi için uygun olması
  - insan zekası için güzel bir örnek teşkil etmesi
  - her gün karşılaşılan problemlerin aksine, açıkça formüle edilmiş kurallar içeren kısıtlı bir alan olması ve bu sebeple bilgisayarda gerçekleştirilmesinin nispeten kolay olmasıydı.

- Bilgisayarın satranç oynama kabiliyeti, ilerleyen yıllarda oldukça artmıştır.
- 1997 yılında IBM firmasının Derin Mavi isimli bilgisayarı, dünya satranç şampiyonu Garry Kasparov'u yenerek büyük yankı uyandırmıştır.

Oyunlarda zeka

- Bilgisayarların satranç, dama gibi oyunları oynayabilmeleri için, oyunda gerçekleşebilecek tüm olası durumları gösteren bir ağaç yapısı oluşturulur.
- Bu ağaç yapı üzerinde en elverişli duruma giden yol seçilerek hareketini yapar. Bu ağaca arama ağacı denir.
- Yapay zeka araştırmacılarının, algoritmalardan daha ziyade sezgisellikle (heuristik) ilgilenmesi, yapay zekayı alan olarak özgün kılan bir kriterdir.

Oyunlarda zeka

- Genel anlamı ile algoritma, genel bir problem için belirsiz olmayan ve problemin her örneği için sonlanan, kesin, doğru sonuçlar veren bir yordam ya da akış dizgeleri topluluğudur.
- Bir sezgiselin, bir algoritma olarak görülememesin en önemli sebepleri şunlardır:
  - Sezgisel, problemin herhangi bir örneği için sonlanmayabilir
  - veya sezgiseldeki bazı sorunlardan dolayı ve/veya problemin tam tanımlanamamasından dolayı, sezgiselin, problemin tüm örnekleri için doğru olduğu kanıtlanamayabilir.

Oyunlarda zeka

- Herhangi bir arama yordamı, sonsuz ve içinde çözüm olmayan bir alan problemi için, sonsuza kadar çalışır.
- Pratikte, yapay zeka programları, önceden belirlenmiş zaman, yer, veya iş hacmine ulaştıkları zaman sonlanırlar.
- Program, bu sonlanma noktaları, çözüm içeren noktaya ne kadar yakın olsa bile, herhangi bir çözüm bulunamadığını rapor ederek sonlanabilir.

Oyunlarda zeka

- Bazı oyunların bilgisayar tarafından en iyi şekilde oynanabilmesi için farklı kuruluşlar tarafından ödüller belirlenir.
- Örneğin Japonya GO oyunu oynayabilen program için $1.000.000 ödül vadetmişti.
- Kuralları basit olsa da durum uzayı çok büyük olduğu için en güçlü GO programın 2050'li yıllarda tasarlanabileceği bile öne sürülmüştür.
- Oyunun başlangıcında 361 hamle varken, ortalarında 200 hamle vardır. (satrançta ortalama 50'dir.)

Oyunlarda zeka

Oyunlarda zeka

- Yapay zeka barındıran oyunlarda sezgisel fonksiyonun belirlenmesi çok önemlidir.
- Sezgiselliğin önemli olmasının yanı sıra iyi bir değerlendirme için durum uzayının çok büyük bir kısmının yine de taranması gerekebilir.
- Bu durum iyi bir programcı olmakla beraber matematik ve oyun teorisi bilgisi de gerektirir.
- Oyunlar genellikle üç sınıfa ayrılır: rastgele sonuçlu oyunlar, ustalık gerektiren oyunlar, stratejik oyunlar.

Oyunlarda zeka

- rastgele sonuçlu oyunlar
    - Tavla, iskambil, …
- ustalık gerektiren oyunlar
    - Güreş, futbol, golf, …
- stratejik oyunlar
    - Dama, tic-tac-toe, satranç, …

Oyun teorisi

- Oyun teorisinin temeli 1928 yılında minimaks teoreminin John Von Neumann tarafından ispatlanması ile atılmıştır.
- 1943 yılında oyun teorisinin ekonomi ile ilgili uygulamalarının bulunduğu kitap yayımlandı ve yazarlardan biri Neumann'du.
- Kitabın büyük çoğunluğu sıfır toplamlı iki kişilik oyunlar ile ilgiliydi.
- İki kişiden fazla oyuncuların bulunduğu oyunlara kitapta yer verilmesine rağmen bu tür oyunların çözümünün olduğu kanıtlanmamıştı.

Oyun teorisi

- 1950 yılında John Forbes Nash, Neumann’ın yaklaşımını genelleştirerek çok sayıda oyuncunun bulunduğu oyunlarda denge teoremini ispat etti.
- Bugün Nash dengesi olarak bilinen bu yaklaşım ekonomi, askeri, siyasi gibi farklı alanlarda kendine yer bulabilen önemli bir kavramdır.
- Günümüzde bilinen oyun teorisi temelde iki teoreme dayanır:
    - Neumann’ın minimum-maksimum teoremi
    - Nash’in denge teoremi

Oyun teorisi – kazanç matrisi

- Bir çok ekonomik, sosyal, siyasi problemlerde karşılıklı çatışma ve rekabet vardır.
- Çelişkili durumları içeren bu ve benzeri problemlerde çözüm için oyun teorisi başvurulan yöntemlerden biridir.
- Bu yaklaşım sayesinde taraflar kendi kazançlarını maksimum seviyeye getirmek için bilgi edinirler.

Oyun teorisi – kazanç matrisi

- İki kişilik stratejik oyunlarda bir tarafın kazanması diğer tarafın kaybetmesine eşittir.
- Bu oyunlara ’’sıfır toplamlı iki taraflı’’ oyunlar denir.
- İki kişilik oyunlara örnek olarak aşağıdakiler verilebilir:
    - Kart açmaca
    - Para atmaca
    - Parmak açmaca
    - Tek-çift oyunu
    - Uçaksavar problemi
    - …

Oyun teorisi – kazanç matrisi – kartların açılması

- A oyuncusunda üzerine bir yazılmış beyaz ve siyah iki kart 1 1
- B oyuncusunda üzerinde bir yazan siyah ve üzerinde sıfır yazan iki beyaz kart vardır. 1 0 0
- Tüm kartların arka yüzeyleri ise mavidir.
- İki oyuncu da aynı zamanda kartlarından birini açıyor.
- Renkler aynı ise A oyuncusu açılan sayıların farkı kadar puan kazanır.
- Kartlar farklı renkte ise açılan sayıların farkı kadar puanı B kazanır.

Oyun teorisi – kazanç matrisi – kartların açılması

- Bu ve benzeri oyunları stratejik bir şekilde oynayabilmek için kazanç matrisinin oluşturulması lazım.
- Bu matris üzerinde oyun, A oyuncusu için incelenmektedir ($\boldsymbol{a_{ij}} = -\boldsymbol{b_{ij}}$).
- Matrisin negatif değeri B oyuncusunun kazancını belirleyecektir.

A/B	$\boldsymbol{B_s}$	$\boldsymbol{B_B}$
$\boldsymbol{A_s}$	0	-1
$\boldsymbol{A_B}$	0	1

Oyun teorisi – kazanç matrisi – para atmaca

- A ve B oyuncuları ellerindeki madeni parayı havaya atıyorlar.
- Yere düşen paraların yüzleri aynı ise A, farklı ise B 2 puan alır.

A/B	B_T	B_Y
A_T	2	-2
A_Y	-2	2

Oyun teorisi – kazanç matrisi – parmak açmaca

- A ve B oyuncuları aynı zamanda yumruk halindeki ellerinden bir ya da iki parmak açıyorlar.
- Açılan parmakların toplamı 2 veya 4 olursa, toplam kadar puanı A alır.
- Toplam 3 parmak açılmış ise B 3 puan alır.

A/B	B_1	B_2
A_1	2	-3
A_2	-3	4

Oyun teorisi – kazanç matrisi – tek-çift oyunu

- A oyuncusu avucunda 1,2,3 veya 4 tane taş gizler.
- B oyuncusu ise tek ya da çift olma olasılıklarını tahmin eder.
- B oyuncusu doğru tahmin ettiğinde eldeki taş sayısı kadar puan alır, aksi durumda puanı A alır.

B/A	A_1	A_2	A_3	A_4
B_T	-1	2	-3	4
$B_Ç$	1	-2	3	-4

Oyun teorisi – kazanç matrisi – kartların açılması

A/B	B_s	B_B
A_s	0	-1
A_B	0	1

- A siyah kart açarsa ya 0 puan kazanır ya da 1 puan kaybeder; Beyaz kart açarsa ya sıfır ya da 1 puan kazanır.
- A için B'nin hamlesinden bağımsız olarak beyaz kart açmak her zaman avantajlıdır.
- B için ise siyah kart seçeneği A'dan bağımsız olarak kaybını minimuma indirir.
- İki oyuncu da bu stratejiden sapmadığı sürece kazanan da kaybeden de olmayacaktır.

Oyun teorisi – kazanç matrisi – kartların açılması

A/B	B_s	B_B
A_s	0	-1
A_B	0	1

- Bu oyun ''kesin belirlenmiş oyunlar'' sınıfına bir örnektir, genel özellikleri:
  - Her oyuncunun kısıtlı bir gidişi vardır
  - Oyun bir süre sonra ilginçliğini kaybeder

Oyun teorisi – kazanç matrisi – kartların açılması

- Kazanç matrisinin ilginç bir özelliği satırında minimum olan eleman, keşişsen sütunda maksimum ise bu eleman kazanç matrisinin minimax noktasıdır.
- Kazanç matrisinde minimax noktası olan oyunlara ''kesin belirlenmiş oyunlar'' denir.
- Bu değer oyunun değerini ifade eder ve satırlarda oynayan ortalama olarak bu değeri kazanır.
- minimaks değeri 0 olan oyunlar dürüst oyunlardır.

A/B	B_s	B_B
A_s	0	-1
A_B	0	1

Oyun teorisi – kazanç matrisi – uçaksavar problemi

- Yalnızca birini kullanılabileceğimiz üç farklı uçaksavar vardır: A_1, A_2, A_3
- Rakibin yalnızca birini kullanabileceği üç farklı uçak vardır: B_1, B_2, B_3
- Amacımız düşman uçağını düşürmek, rakibin amacı ise uçağın hasar almamasıdır.
- A_1 kullanıldığı taktirde B_1, B_2, B_3 uçaklarının düşme ihtimalleri sırasıyla 0.9, 0.4, 0.2
- A_2 kullanıldığı taktirde B_1, B_2, B_3 uçaklarının düşme ihtimalleri sırasıyla 0.3, 0.6, 0.8
- A_3 kullanıldığı taktirde B_1, B_2, B_3 uçaklarının düşme ihtimalleri sırasıyla 0.5, 0.7, 0.2

Oyun teorisi – kazanç matrisi – uçaksavar problemi

A/B	B_1	B_2	B_3
A_1	0.9	0.4	0.2
A_2	0.3	0.6	0.8
A_3	0.5	0.7	0.2

A/B	B_1	B_2	B_3	α_i
A_1	0.9	0.4	0.2	0.2
A_2	0.3	0.6	0.8	**0.3**
A_3	0.5	0.7	0.2	0.2
β_j	0.9	**0.7**	0.8	

Bizim en iyi stratejimizde garantilenmiş minimum kazancımız

Rakibin en iyi oyununda elde edeceğimiz maksimum kazanç

Oyun teorisi – kazanç matrisi – kartların açılması

- α ve β eşit ise bu değer ’’oyunun değeri ’’ dir ve ***v*** ile gösterilir.
- Bulunduğu satırın en küçük, sütunun ise en büyük sayısı olan minimaks noktası, kazanç matrisi için ’’eyer noktası’’ dır.
- Minimaks noktasının bulunduğu satır ve sütun rakiplerin optimum stratejilerini belirlemiş olur.
- Bu yaklaşımlardan sapma olduğunda kayıp kaçınılmazdır.

Oyun teorisi – kazanç matrisi

- Bir oyuncunun kendi hamlesinden önceki hamleyi bilebildiği oyunlara ’’tam bilgili’’ oyunlar denir. Ör: dama, satranç, vb.
- Satranç oyununun bir eyer noktası vardır ve her iki taraf için de optimum stratejiler için bir çözüm olmalıdır.
- Satrançtaki devasa durum uzayı ve olası hamle sayılarının büyüklüğü sebebiyle kazanç matrisi oluşturmak ve eyer noktasını bulmak teorik olarak mümkünse de pratikte imkansızdır.
- Şimdiye kadar verilen örneklerde kartların açılması oyunu hariç hangi stratejinin seçileceği çok da açık değildir çünkü minimaks noktası içermemektedirler.

Oyun teorisi – örnek problem

- Aşağıdaki kazanç matrisine göre üstünlük kimdedir?

	B1	B2	B3	B4	B5
A1	-7	16	56	-7	10
A2	1	8	5	-5	-3
A3	-5	74	43	-6	36
A4	-6	25	81	-5	24
A5	-5	-2	9	1	25

Oyun teorisi – örnek problem

	B1	B2	B3	B4	B5
A1	-7	16	56	-7	10
A2	1	8	5	-5	-3
A3	-5	74	43	-6	36
A4	-6	25	81	-5	24
A5	-5	-2	9	1	25

	B1	B4
A1	-7	-7
A2	1	-5
A3	-5	-6
A4	-6	-5
A5	-5	1

	B1	B4
A2	1	-5
A5	-5	1

Stratejiler

- Zeka oyunlarında insanlar, karşı tarafın kendisinden sonra ne tür bir hamle yapacağını bilmeden kararlar verirler.
- Burada kendi tecrübesine ve tahminlerine göre hamle yapar:
    - Eğer mümkün olan hamleler içinden bu hamleyi yaparsam rakibim bu veya şu hamleyi yapabilir... Bu durumlar içinde benim için en yararlı olan hamle budur.
- Mümkün olduğunca tüm durumlar değerlendirilir ve en iyisi olduğu düşünülen hamle yapılır.
- Bu mantıksal kurgu bilgisayar oyunları için de geçerlidir.
- Oyun için tasarlanan ağaç sayesinde bu işlemler yapılabilir.

Stratejiler

- Örneğin tic-tac-toe oyununda 9! = 362.880 durum vardır.
- Simetrik durumlar çıkarıldığında bu sayı 60.000 civarı olur.
- Satrançta başlangıç hamlesi için 20 farklı gidiş yapılabilir. İlerleyen aşamalarda 400 durum…
- Bir satranç oyununda 5 gidiş sonra incelenmesi gereken dal sayısı 40^5 = 102.400.000

Stratejiler

- Yapılan hesaplamalara göre saniyede 10 düğüm değerlendirebilen bir bilgisayar 4.6 milyar yıl önce çalışmaya başlasaydı (güneş sisteminin oluşumu) 40^{12} durum bu güne kadar incelenmiş olabilirdi.
- Yine yapılan başka bir araştırmaya göre her durum incelemesi için 1/3 nanosaniye zaman harcayan bir bilgisayarın dama oyununda tüm durumları değerlendirebilmesi için 10^{21} yüzyıl gerekir
- Bu ve benzeri problemler için bilgisayar uygulamalarında sezgisel yöntemlere başvurulmalıdır.

Minimaks yöntemi

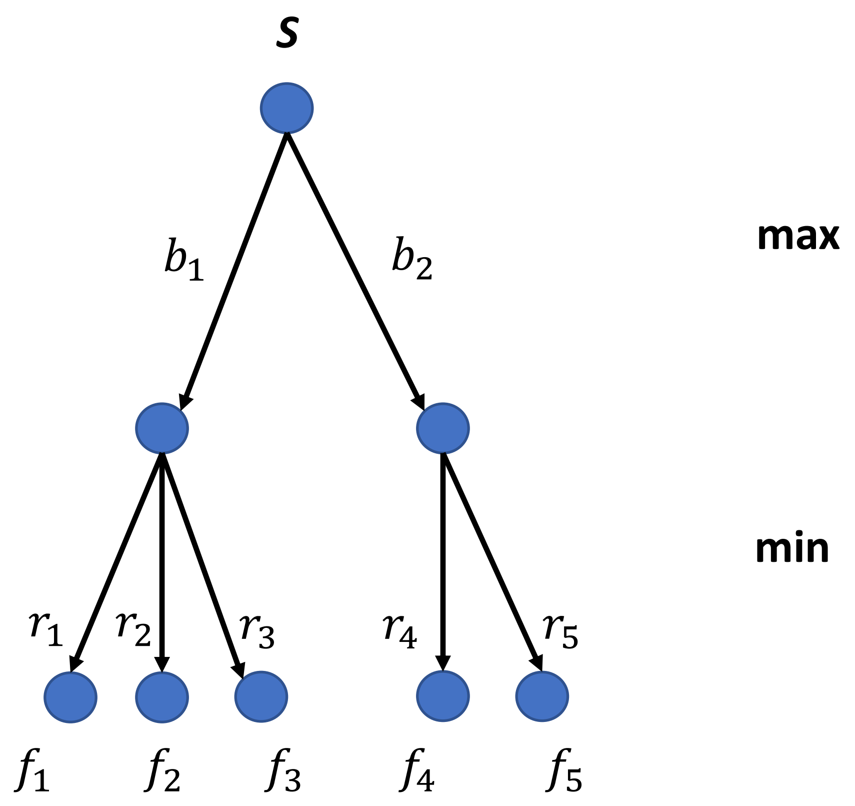
- Durum sayısı her seviyede hızlı bir şekilde artış gösteren bu tarz oyunlarda oluşturulan ağacın küçük bir kısmı incelenebilmektedir.
- Ağaç belirli bir seviyeye kadar araştırılır, sezgisel fonksiyon değerleri hesaplanır ve köke doğru hareketlenilir.
- Program, kesinleşen bu düğüm değerlerine göre en iyi hamleyi gerçekleştirir.
- Derinlik seviyesi arttıkça bilgisayarın kararları o seviyede akıllılık gösterecektir.

Minimaks yöntemi

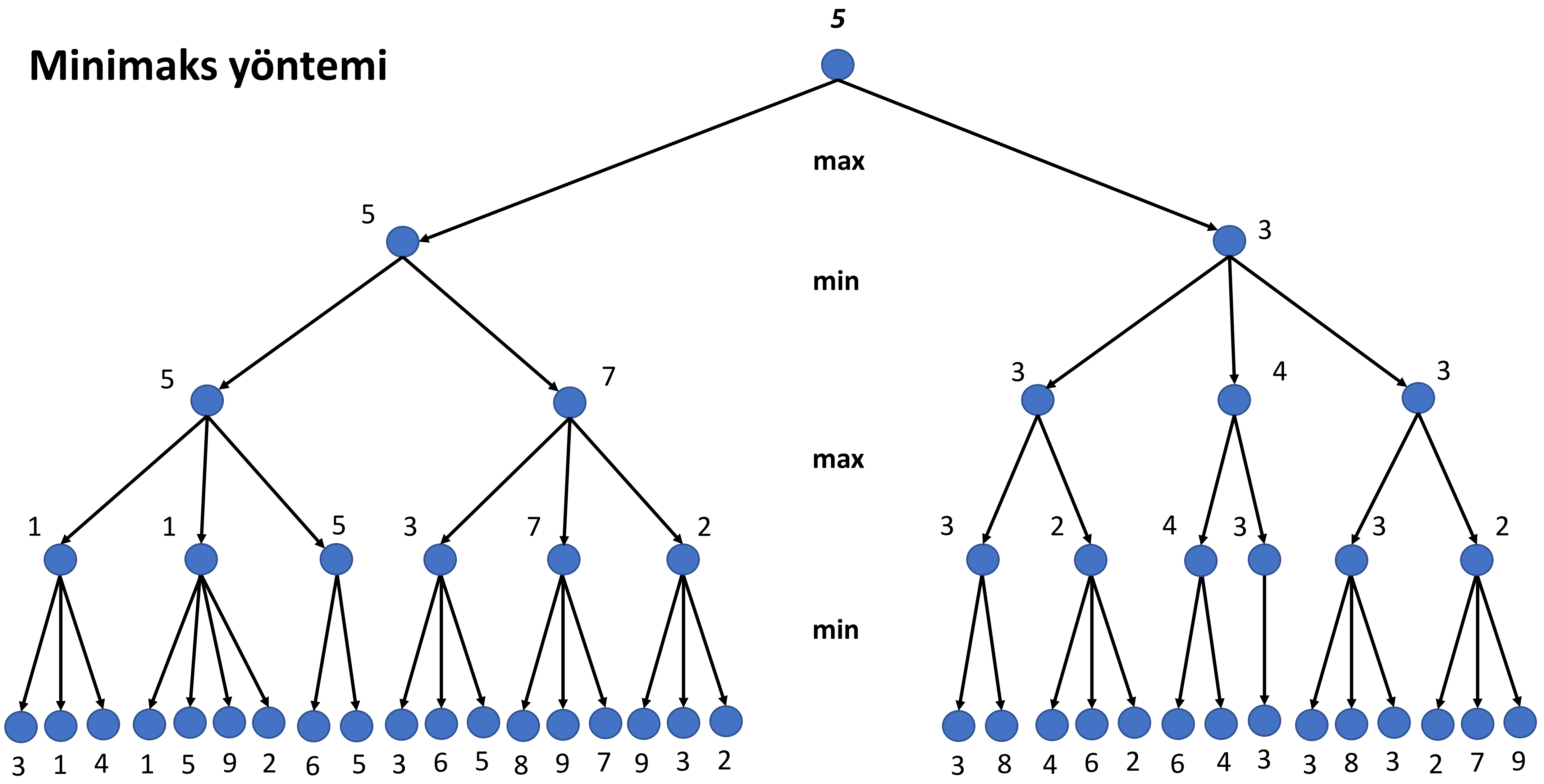
- Oyundaki taraflardan biri sezgisel fonksiyonun değerini maksimum yapmaya çalışırken, rakip ise bu değeri minimuma çekmeye çalışır.
- Burada değer fonksiyonunun önemi çok büyüktür.
- Oyundaki taraflardan biri başarılı bir şekilde karakterize edilen fonksiyonun maksimum değerlerini, diğeri ise minimum değerlerini takip ettiği için bu yönteme ’’minimaks’’ adı verilir.

Minimaks yöntemi

- *b* bizim hamle seçeneklerimiz, *r* rakibin seçenekleri
- *b* gidişi max üzerinden olursa, *r* gidişleri min'e karşılık gelecektir.
- Bu durumda *r, f* için minimum değeri seçecektir.
- ***S*** = max(min(f_1, f_2, f_3), min(f_4, f_5))



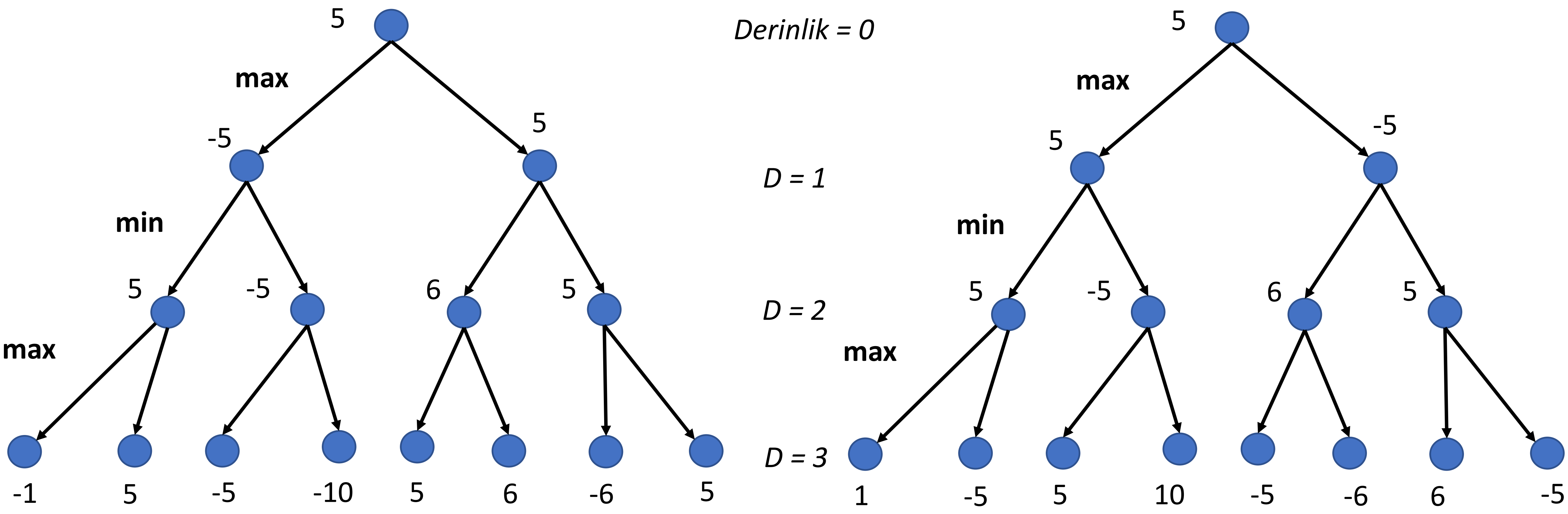
Minimaks yöntemi



Minimaks yöntemi

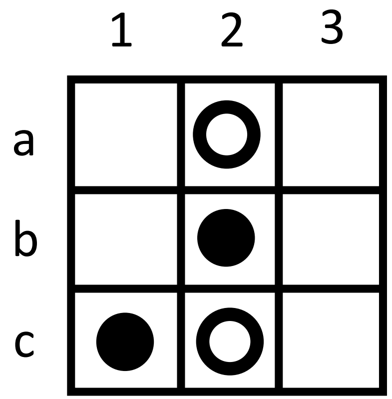
- Minimaks algoritması derinine arama yöntemi ile gerçeklenebilir.
- Ağaç üzerindeki bir seviyede maksimum değer seçilirken, bu seviyenin bir altında ve bir üstünde minimum değer seçilecektir.
- Bu küçük karmaşayı ortadan kaldırmak için seçilen minimum puanın negatifi alınarak değer ataması yapılır.
- Bu şekilde her seviyede minimum değer seçilmesi sağlanabilir.
- Bu sebeple minimaks algoritması ’’negamaks’’ olarak da bilinir.

Minimaks yöntemi - negamaks



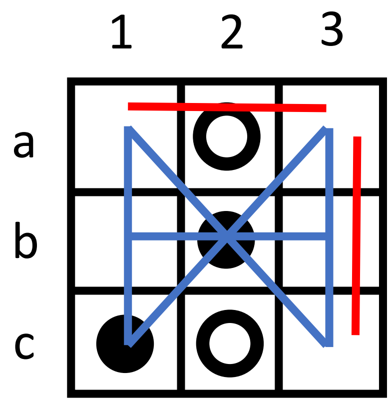
Minimaks yöntemi – tic tac toe

- 3x3’lük alan üzerinde üçer taştan oluşan iki farklı taş grubu yerleştirilir.
- Sonraki aşamada ise oyuncular sırası ile kendi taşlarını yatay / dikey / köşegen üzerinde olmak üzere bir doğru boyunca yerleştirmeye çalışır.

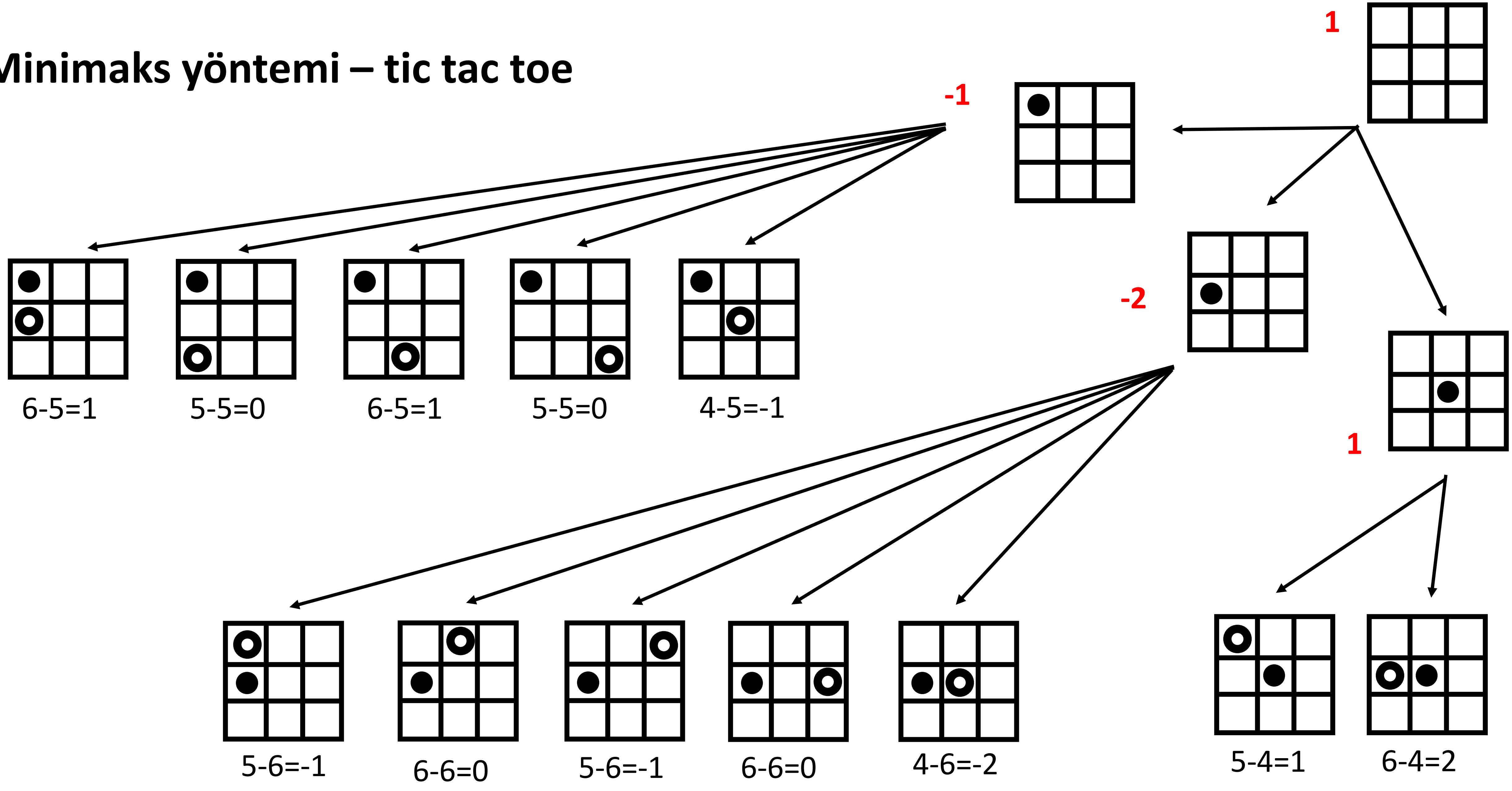


Minimaks yöntemi – tic tac toe

- Değer fonksiyonu: her oyuncu için doğrular boyunca mümkün gidişlerin farkı
- Siyah taşlar bilgisayar, beyaz taşlar rakip
- S = 5 – 2 =3



Minimaks yöntemi – tic tac toe



α – β budama

- Minimaks algoritmasında çözüm ağacının oluşturulması durum değerlendirmelerinden yoksundur.
- Ağaç oluşturulur ve terminal düğümler değerlendirilir.
- Ağacın büyüklüğü arttıkça durum değerlendirmeleri ve en iyi hamle için yapılan hesaplamalar için gereken zaman da artmaktadır.
- Örneğin satranç oyunu için dallanma faktörü ortalama 35 olsa, minimaks ile 6 derinliğe 1.892.332.261 (=35^0+ 35^1+ 35^2+ 35^3+ 35^4+ 35^5+ 35^6) durum değerlendirmesi yapılmalıdır.

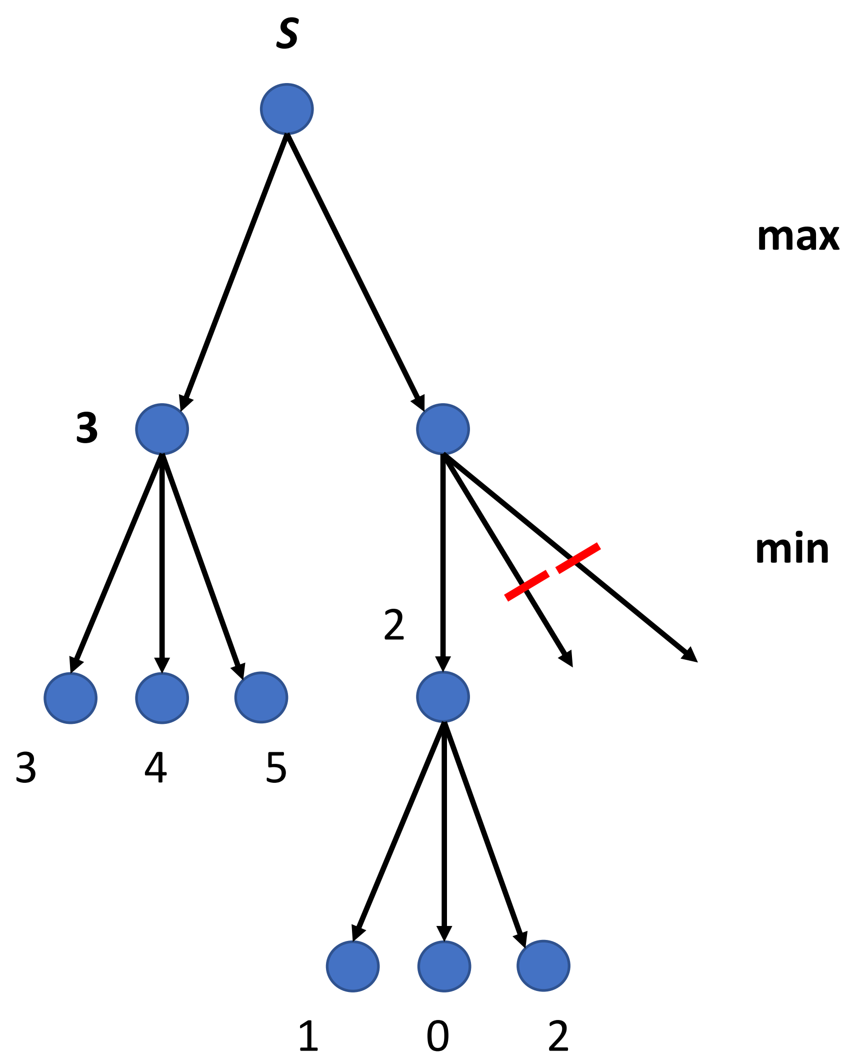
α – β budama

- Arama ağacında bir çok durum değerlendirme dışı bırakılabilir.
- Ağaç oluşturulurken yeni sınırlamalar ile durum değerlendirmesi yapılarak minmaks algoritması daha etkin bir hale getirilebilir.
- Bunun için J. McCarty'nin önerdiği α – β değişkenli yaklaşım kullanılmaktadır.
- α – β yönteminde amaç değeri en iyi olan gidişin bulunması değil, kötü olmayan gidişin bulunmasıdır.
- Burada α MAX oyuncusu için garantilenmiş en küçük değerdir.
- β ise MAX'ın alabileceği değerlerin en büyüğüdür.

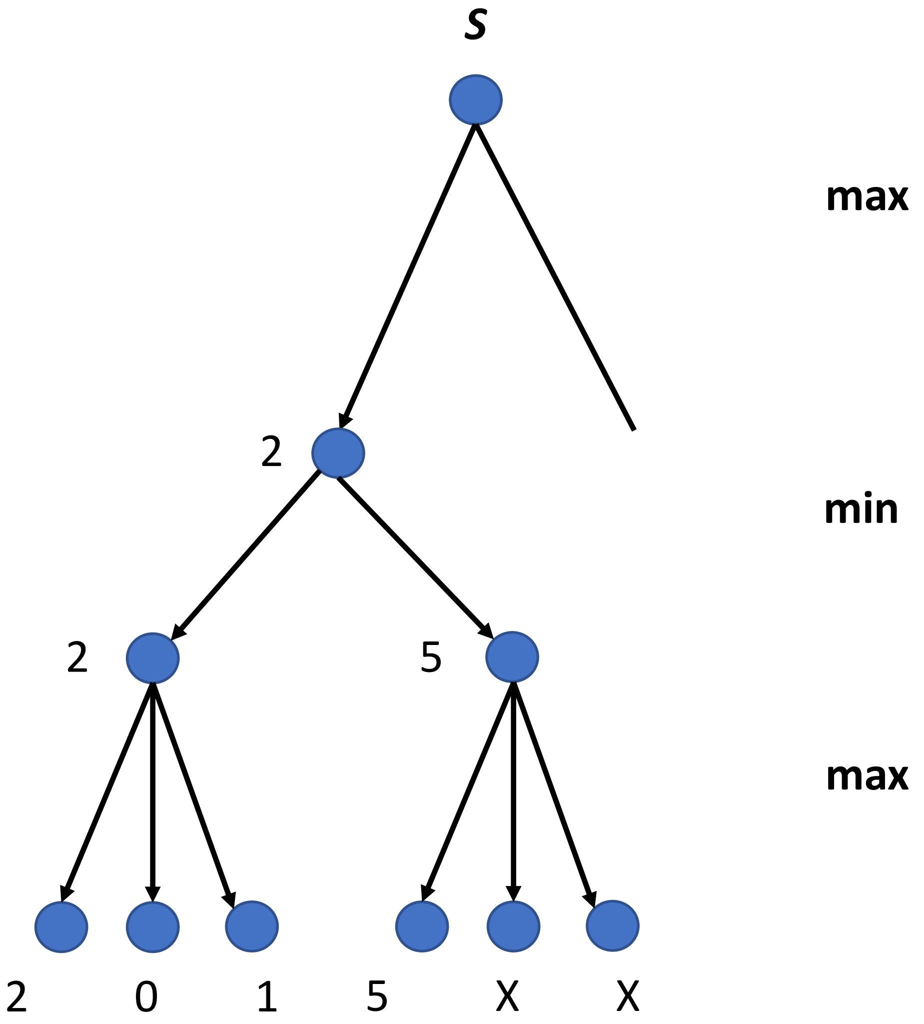
α – β budama

- Bu şekilde oyunda aranan fonksiyon değerleri (α,β) aralığında olur.
- Bir durum bu aralığın dışına çıkarsa değerlendirmeye katılmayabilir.
- Çözüm sırasında α ve β değerleri değişkendir.
- Çözüm ağacında (α,β) aralığına göre bazı dalların değerlendirmeye alınmaması budama (pruning) olarak isimlendirilir.
- Derinlik arttıkça algoritmanın etkinliği de artar.

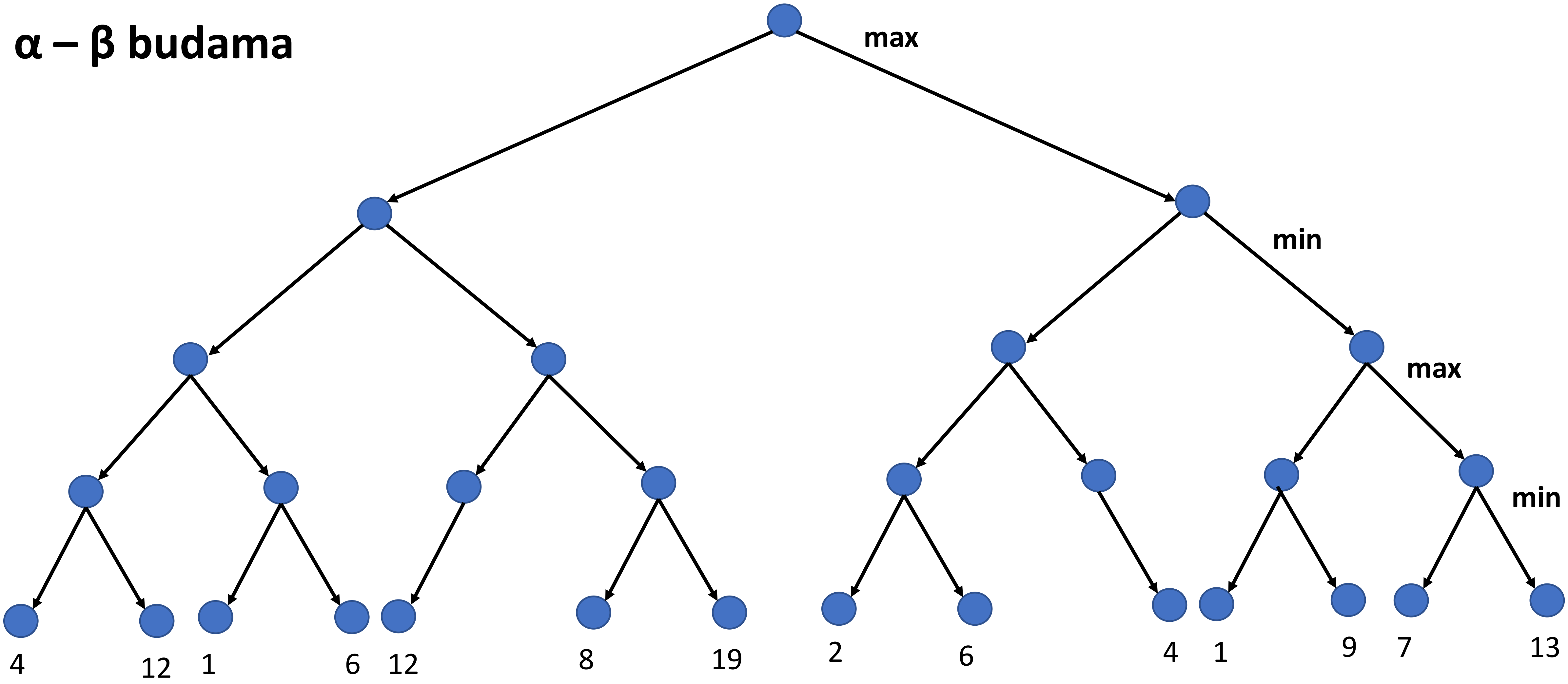
α – β budama



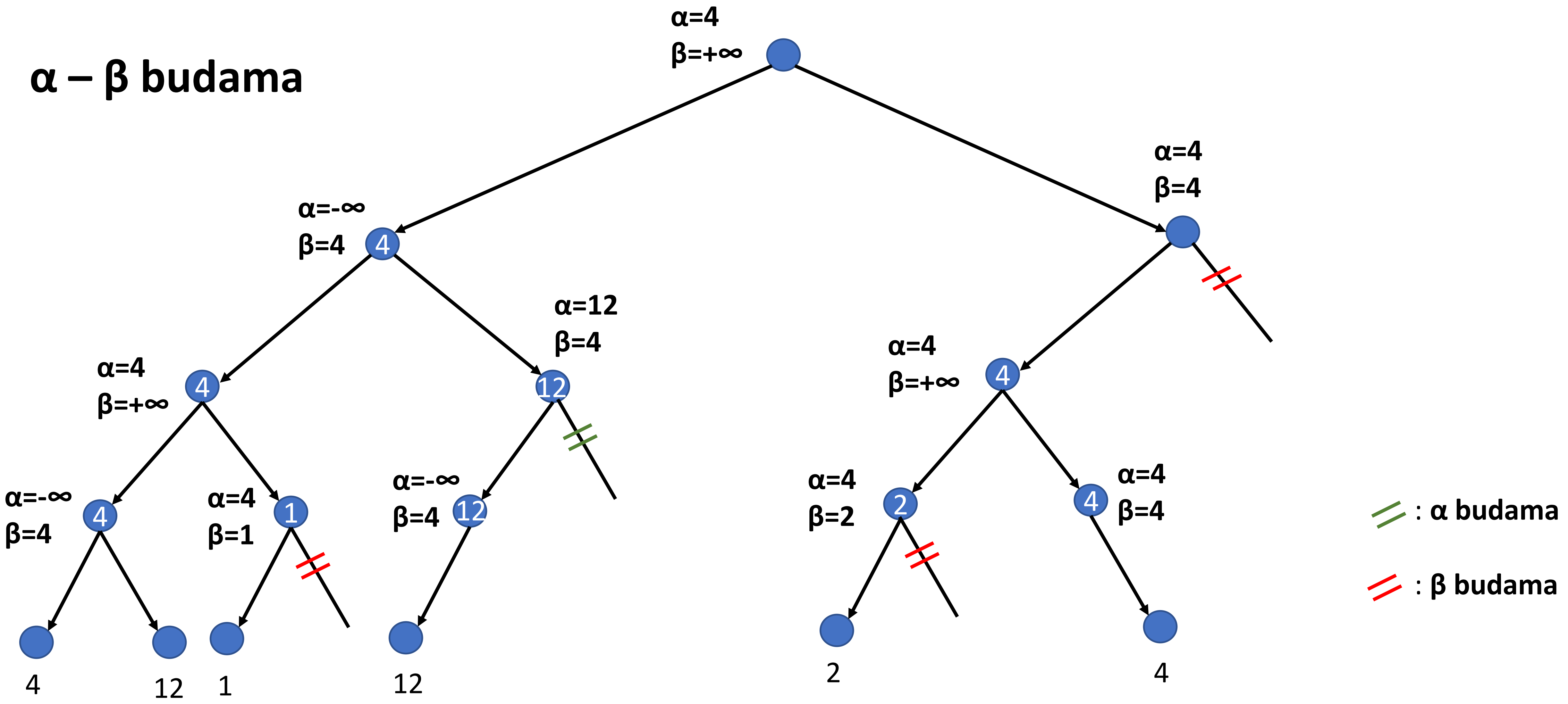
α – β budama



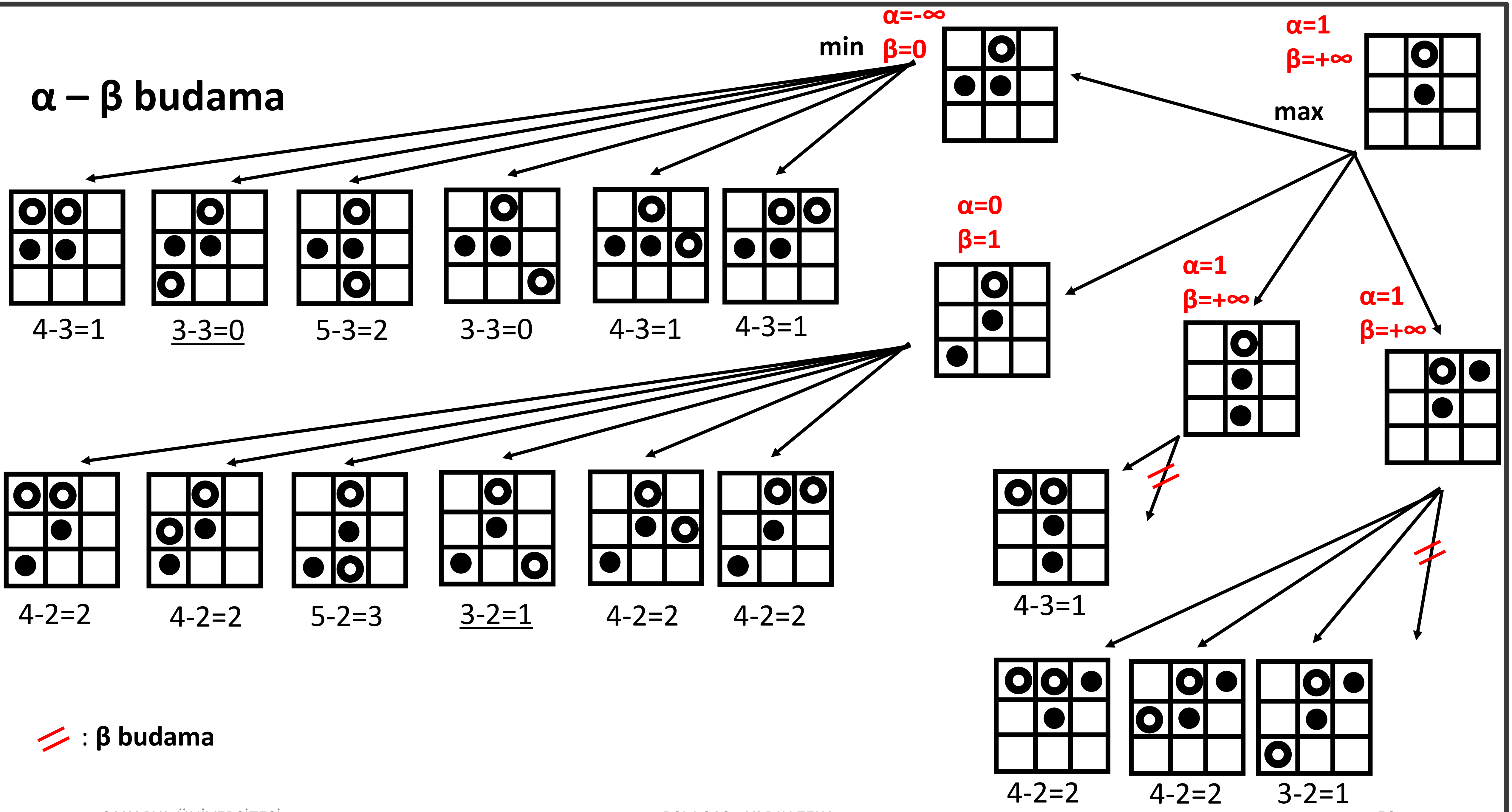
α – β budama



α – β budama


α=4
β=+∞
α=-∞
β=4
4
α=4
β=4
α=12
β=4
α=4
β=+∞
4
12
4
α=4
β=+∞
α=-∞
β=4
4
α=4
β=1
1
α=-∞
β=4
12
α=4
β=2
2
α=4
β=4
4
4
12
1
12
2
4
: α budama
: β budama

α – β budama



: β budama

Karmaşıklığına göre oyunların sınıflandırılması

Oyun ismi	Oyun ağacı karmaşıklığı
Dama (checkers)	10^{31}
4*4*4 tic-tac-toe	10^{34}
Dama (draughts)	10^{54}
Othello	10^{58}
Satranç	10^{123}
Çin daması	10^{150}
Go	10^{360}