

# Sequence Oyununun Minimaks Algoritması Kullanılarak Tasarlanması Ve Geliştirilmesi

Yavuz Kömeçoğlu<sup>1</sup>, Çetin Oktay<sup>1</sup>, Nilgün İncereis<sup>1</sup>, Levent Yıldız<sup>1</sup>, Aslı Uyar<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Okan Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, İstanbul

komecoglu.yavuz@gmail.com, cetinokty@hotmail.com,  
nilgun.incereis@okan.edu.tr, dev.levent.yildiz@gmail.com,  
asli.uyar@okan.edu.tr.

**Özet:** Bu çalışma, yapay zeka algoritmaları ile Sequence oyununun dijital ortama taşınması ve geliştirilmesini amaçlamaktadır. Sequence, özellikle yurt dışında masaüstü oyunu olarak satışa sunulmaktadır. Masaüstü bir oyun olduğu için birden fazla oyuncu ile oynanmaktadır. Oyunun amacı oyun tahtası üzerinde dikey, yatay veya çapraz yönde beş kareyi birleştirmektir. Dijital ortamda oynanabilmesi için oyunun kurallarının yapay zekaya öğretilmesi ve bu kurallar dahilinde yapay zekanın karar vermesi sağlanmalıdır. Programlanan yapay zeka, gerçek bir oyuncuyu taklit ederek kendi çıkarları doğrultusunda hamleler yapıp kazanmayı amaçlamaktadır. Bu sayede oyuncuya gerçekçi bir oyun deneyimi ve rekabet edebileceği bir rakip sağlanabilmektedir. Bu doğrultuda oluşturulacak yapay zekanın temelinde, neredeyse tüm masa üstü oyunlarda kullanılan "minimaks" metodu Sequence oyununun kuralları çerçevesinde göz önüne alınmış ve yorumlanmıştır. Bu, rakibin olası hamlelerini inceleyip aralarından en faydalı olanları bulmak ve bu hamlelere karşı, gerçek bir oyuncu gibi etkili hamleler geliştirmeyi hedefleyen bir sistemdir. Oynanan oyun tahtasının büyüklüğü, oyunda şans faktörünün olup olmaması ve yapılması gereken hesaplamaların boyutuna göre bu yöntemin inceleyeceği hamle miktarı değiştirilebilmektedir. Bu detaylar doğrultusunda yapılan çalışmada, oyunun yapısına en uygun yapay zeka algoritmasının geliştirilmesi ve oyuna entegre edilmesi sağlanmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Minimaks yöntemi, yapay zeka, simpleks yöntemi, oyun ağaçları, Sequence Oyunu.

## Design and Development of 'Sequence' Game Using Minimax Algorithm

**Abstract:** This project aims at developing an artificial intelligence algorithm for the digital version of the board game "Sequence". Sequence is originally marketed as a board game, particularly outside of Turkey. Since it is a board game, it's played with multiple players. In order to win the game, a player must form a "sequence" of five; horizontally, vertically or diagonally. The artificial intelligence is designed to imitate a real player and make moves to ultimately win the game therefore giving the player a realistic and competitive gaming experience. In order to achieve an artificial intelligence capable of this the "minimax" method have been modified to adapt to the requirements of this game and it's rules. This method aims to analyze the best possible moves of the opponent and determine the most beneficial one. The number of possible moves that will be analyzed by this algorithm can be determined and modified based on the size of the board, luck factor and the amount of calculations required. Throughout the entire project, with these details in mind, the development of the most suitable artificial intelligence and it's integration to the game formed the basis of this project.

**Keywords:** Minimax Method, ArtificialIntelligence, Simplex Method, Game Tree, Sequence Game.

## 1. Giriş

Günümüzde oyunlar çeşitli yöntem ve algoritmalarla faydalanılarak geliştirilmektedir. Bu nedenle bir oyun için en kazançlı yöntem ve algoritmanın seçilmesi gerekir [1, 2, 3]. (MxN) oyunların değerini ve en iyi stratejileri bulmak için doğrusal programlama yöntemi kullanılır ve benzer problemler için matematiksel ifade oluşturulur [4].

Zeka gerektiren oyunlar için strateji oluşturulmalıdır. Örneğin, oyuncular rakiplerinin hangi gidişi yapacağını önceden bilmeden ardışık olarak karar vermektedirler. Normal insan davranışlarını düşündüğümüzde kişi karşılıklı stratejik oyunlarda kendi tahmin ve tecrübesine dayalı olarak gidişler yapmaktadır: eğer bu hamle yapılırsa karşıdaki oyuncu bu veya diğer hamleyi oynayacaktır. Bu durumda olası hamlelerden en iyi olan bu veya diğer hamle yapılır vs. [4].

Oyunlarda geçerli tüm hamleler, gerçekleşme sırasına göre yukarıdan aşağıya sıralanır. İlk oynanan hamle en yukarıda, son oynanan ise en altta olmalıdır. İkinci aşamada her hamle kendisini tetikleyen bir üst hamleye bağlanır. Bu şekilde tüm durumları birbirine bağlayan yapıya 'Oyun Ağacı' denir. Başlangıç durumu ağacın köküdür. Herhangi bir düğümün herhangi bir çocuğuna tek bir oyun hamlesi ile erişilebilir. Bazı problemler için, örneğin kombinatör problemlerde, oyun ağacının tamamının ele alınması yerine ağacın yalnız bir kısmına bakılarak çözüm kolaylaşmaktadır. Oyun ağacı, belli bir derinliğe kadar incelendikten sonra her ara hedef durumu için özel sezgisel fonksiyon değerleri hesaplanır. Ağacın düğümlerinin değerleri belirlendikten sonra program bu değerlere göre en iyi hamleyi gerçekleştirir.

Minimaks algoritması yinelemeli-derinine arama yöntemi yardımıyla yapılabilir. Fakat herhangi bir seviyede maksimum seçilirken bu seviyenin altında ve üstündeki seviyelerde minimum seçilmelidir [4, 5].

Bu çalışma, yapay zeka algoritmaları kullanılarak Sequence oyununun dijital ortama taşınması ve geliştirilmesini amaçlamaktadır. Sequence, özellikle yurt dışında masaüstü oyunu olarak satışa sunulmaktadır. Masaüstü bir oyun olduğu için birden fazla oyuncu ile oynanmaktadır. Oyunun amacı oyun tahtası üzerinde dikey, yatay veya çapraz yönde beş kareyi birleştirmektir [6, 7].

Dijital ortamda oynanabilmesi için oyunun kurallarının yapay zekaya öğretilmesi ve bu kurallar dahilinde yapay zekanın karar vermesi sağlanmalıdır. Programlanan yapay zeka, gerçek bir oyuncuyu taklit ederek kendi çıkarları doğrultusunda hamleler yapıp kazanmayı amaçlamaktadır. Bu sayede oyuncuya gerçekçi bir oyun deneyimi ve rekabet edebileceği bir rakip sağlanabilmektedir [8].

Bu doğrultuda oluşturulacak yapay zekanın temelinde, neredeyse tüm masa üstü oyunlarda kullanılan "minimaks" metodu Sequence oyununun kuralları çerçevesinde göz önüne alınmış ve yorumlanmıştır. Bu, rakibin olası hamlelerini inceleyip aralarından en faydalı olanları bulmak ve bu hamlelere karşı, gerçek bir oyuncu gibi etkili hamleler geliştirmeyi hedefleyen bir sistemdir. Oynanan oyun tahtasının büyüklüğü, oyunda şans faktörünün olup olmaması ve yapılması gereken hesaplamaların boyutuna göre bu yöntemin inceleyeceği hamle miktarı değiştirilebilmektedir [8].

Bu çalışmada, oyunun yapısına en uygun yapay zeka algoritmasının geliştirilmesi ve bu yapay zekanın oyuna entegre edilmesi çalışmanın temelini oluşturmuştur [8].

## 2. Sequence Oyunu

### 2.1. Oyun Tanıtımı

Sequence Oyununun Kuralları
<b>Kural 1:</b> 2 ya da 3 takım oluşturulur ve takımların eşit olması şartı olduğu için takımlardaki oyuncu sayısı 2 ve 3 ile bölünebilir olmalıdır. Takım üyeleri yan yana gelmeyecek şekilde oturmalıdır.
<b>Kural 2:</b> Desteler kesilir ve herkese bir kart seçilir. En küçük kartı çeken dağıtıcı olur. Dağıtıcı herkese eşit sayıda kart dağıtmalıdır. 2 oyuncu için 7'şer kart, 3 ya da 4 oyuncu için 6'şar kart, 6 oyuncu için 5'er kart, 8 ya da 9 oyuncu için 4'er kart 10 ya da 12 oyuncu için 3'er kart dağıtılmalıdır. Kalan kartlar, yeni kartların çekileceği desteyi oluşturmaktadır. Her takım oyuncularının taşlarının rengi aynı olmalıdır. Mavi, yeşil ya da kırmızı taşlar bu doğrultuda gereken takımlara dağıtılır.
<b>Kural 3:</b> Oyun dağıtıcının solundaki kişi ile başlar. 1 kart seçilip o kart kullanılan kartların arasına açık bir şekilde koyulur. O kartın oyun tahtası üzerindeki yerine oynayan takımın kendi rengindeki taşlarından bir tane koyulur ve desteden 1 tane kart çekilir. Amaç dikey, yatay veya çapraz yönde 5 tane aynı renkte taş sıralamaktır. Oyun tahtasının 4 köşesi özel noktalardır ve her oyuncu tarafından dizi yapmak için kullanılabilir. Yani bir köşenin yanına aynı renkte 4 taş koyarak dizi tamamlamak mümkündür.
<b>Kural 4:</b> Vale'ler veya Bacak'lar (J veya Jack) özel kartlardır. Siyah Vale'lerden birini oynayarak istenilen yere istenilen bir taşı koymak mümkündür. Kullanılan Vale, kullanılan kartların üzerine koyulur. Kırmızı Vale'leri kullanarak rakibin bir taşı olduğu yerden kaldırmak mümkündür. Kaldırdıktan sonra aynı sıra içerisinde oraya bir taş koymak mümkün değildir. Eğer bir taş tamamlanmış 5'li bir dizinin parçasıysa bu taş kaldırılmaz.
<b>Kural 5:</b> Eğer eldeki bir kartın yeri doluyorsa ve oraya koyulmuş bir taş varsa bu kart "Ölü kart" diye belirtilerek kart kullanılan kartlar arasına koyulup yeni bir kart çekilebilir. Ardından normal bir şekilde oyun devam eder, bu değişimi yapan oyuncu sırasını kaybetmiş sayılmaz.
<b>Kural 6:</b> 2 takım ile oynandığında 2 tane beşlik dizi tamamlayan oyunu kazanır. 3 takım ile oynandığında 1 tane beşlik dizi tamamlayan oyunu kazanır. Bu oyun bir takım oyunu kazanana kadar devam eder.

Tablo 2.1. Sequence Oyununun Kuralları

Sequence oyununu dijital ortama taşımadan önce oyunun kurallarının incelenmesi gerekmektedir [6, 7]. Bu kurallar Tablo 2.1'de verilmektedir. Bu kurallardan bazıları bilgisayar ortamı için gereksizdir. Örneğin oyunu oynayan kişilerin nasıl oturduğu önemli değildir ya da dağıtıcı aslında her zaman bilgisayar olacağından dağıtıcı seçmek

için kart çekme sürecine aslında gerek yoktur. Oyuna kimin başlayacağı başka yöntemlerle ya da önceden belirlenebilir.

Resim 2.1'de sequence oyununun ekran görüntüsü verilmektedir.



Resim 2.1. Oyun Ekran Görüntüsü

### 2.2. Oyun Tahtası

Yapay zekaya, oyun tahtası üzerinde mantıklı hamleler yapabilmesi için olası tüm hamlelerin matematiksel değeri belirtilmelidir. Bu nedenle oyun tahtası üzerinde hamle yapılabilecek her kareye, o kare sayesinde yapılabilecek diziler göz önüne alınarak birer değer atanmıştır. Oyuncu bir kart oynadıktan sonra yapay zeka elinde bulunan kartları okur. Hemen ardından yapay zeka elindeki kartları oyun tahtası üzerinde bulur, gerekli hesaplamaları yapar ve oynar (Resim 2.2).

-	6♠	7♠	8♠	9♠	10♠	Q♠	K♠	A♠	-
5♠	3♥	2♥	2♠	3♠	4♠	5♠	6♠	7♠	A♠
4♠	4♥	K♥	A♠	A♠	K♠	Q♠	10♠	8♠	K♠
3♠	5♥	Q♥	Q♥	10♥	9♥	8♥	9♠	9♠	Q♠
2♠	1♠	3♠	5♠	4♠	5♠	3♠	4♠	1♠	2♠
2♠	6♥	10♥	K♥	3♥	2♥	7♥	8♠	10♠	10♠
3♠	1♠	3♠	4♠	5♠	5♠	6♥	7♠	Q♠	9♠
A♠	7♥	9♠	A♥	4♥	5♥	6♥	7♠	Q♠	9♠
K♠	8♥	8♠	2♠	3♠	4♠	5♠	6♠	K♠	8♠
Q♠	9♥	7♥	6♥	5♥	4♥	3♥	2♥	A♥	7♠
10♠	10♥	Q♥	K♥	A♥	2♥	3♥	4♥	5♥	6♠
-	9♠	8♠	7♠	6♠	5♠	4♠	3♠	2♠	-

Resim 2.2. Puanlama

Resim 2.2'deki oyun tahtasının en ortasında bulunan " Kupa 2,3,4 ve 5" en değerli karelerdendir. Bunun nedeni her yöne dizi oluşturma ihtimalini taşımaları ve aynı

zamanda rakibin oluşturabileceği dizilere maksimum engel teşkil edebilecek yerlerde bulunmalarıdır. Rakip bu taşları "Vale" kullanarak kaldırabilir ancak bu bile rakibe bir sıraya ve değerli bir kağıda mal olacağından oynanabilecek en mantıklı karelerdendir. Bu yüzden değerleri 5 olarak belirlenmiştir.

-	6♠	7♠	8♠	9♠	10♠	Q♠	K♠	A♠	-
5♠	3♥	2♥	2♠	3♠	4♠	5♠	6♠	7♠	A♠
4♠	4♥	K♥	A♥	A♠	K♠	Q♠	10♠	8♠	K♠
3♠	5♥	Q♥	Q♥	10♥	9♥	8♥	9♠	9♠	Q♠
2♠	6♥	10♥	K♥	3♥	2♥	7♥	8♠	10♠	10♠
A♠	7♥	9♥	A♥	4♥	5♥	6♥	7♠	Q♠	9♠
K♠	8♥	8♠	2♠	3♠	4♠	5♠	6♠	K♠	8♠
Q♠	9♥	7♠	6♠	5♠	4♠	3♠	2♠	A♠	7♠
10♠	10♥	Q♥	K♥	A♥	2♠	3♠	4♠	5♠	6♠
-	9♠	8♠	7♠	6♠	5♠	4♠	3♠	2♠	-

Resim 2.3. Puanlama

Resim 2.3'deki tahtanın 4 köşesi her oyuncu tarafından kullanılabilir, sanki her oyuncuya ait bir taş varmış gibi algılanmaktadır. Bu yüzden bu dört köşe etrafındaki taşların değeri konumlarına göre daha değerli olacaktır. Bu köşeleri kullanıp aynı zamanda ortaya bağlantı sağlama ihtimali de olan "Kupa 3, Maça 7, Sinek 5, Kupa 10" kareleri bu nedenle en değerli karelerdendir. Bu yüzden değerleri 5 olarak belirlenmiştir.

-	6♠	7♠	8♠	9♠	10♠	Q♠	K♠	A♠	-
5♠	3♥	2♥	2♠	3♠	4♠	5♠	6♠	7♠	A♠
4♠	4♥	K♥	A♥	A♠	K♠	Q♠	10♠	8♠	K♠
3♠	5♥	Q♥	Q♥	10♥	9♥	8♥	9♠	9♠	Q♠
2♠	6♥	10♥	K♥	3♥	2♥	7♥	8♠	10♠	10♠
A♠	7♥	9♥	A♥	4♥	5♥	6♥	7♠	Q♠	9♠
K♠	8♥	8♠	2♠	3♠	4♠	5♠	6♠	K♠	8♠
Q♠	9♥	7♠	6♠	5♠	4♠	3♠	2♠	A♠	7♠
10♠	10♥	Q♥	K♥	A♥	2♠	3♠	4♠	5♠	6♠
-	9♠	8♠	7♠	6♠	5♠	4♠	3♠	2♠	-

Resim 2.4. Puanlama

Resim 2.4'te, en ortada bulunan 4 adet kareyi çevreleyen kareler 4 olarak

değerlendirilmiştir. Bunlar değerlerini ortadaki dört karenin etrafında olmaktan ve onlardan bağımsız düşünüldüklerinde de gayet verimli kareler olmalarından almaktadırlar. Bu çevreleyen karelerin 4 köşesi aynı zamanda oyun tahtasının 4 köşesindeki ortak noktalarla birleşme ihtimali taşıdıkları için 5 olarak değerlendirilmiştir.

### 2.3. Yöntem

Öğrenme ve programlama sürecinde birden fazla dil kullanılmasına rağmen [9], bu oyunu geliştirmek için JQuery, Json ele alınmıştır, ASP.NET Web Uygulaması oluşturularak "C#" programlama dilinde yazılmıştır ve internet üzerinden erişilebilecek şekilde programlanmıştır. Oyunun web uygulamasına "http://yavuzz.com/sequence/" adresinden erişilebilmektedir [8]. Oyunu defalarca oynayarak, oyunu kaç defa yapay zekanın, kaç defa oyuncunun kazandığı belirlenebilir.

Programlama süreci için "Tic Tac Toe" ya da "xox" olarak bilinen 3X3'lük bir düzlem üzerinde oynanan oyun incelenmiştir [4]. Bu oyunun incelenmesinin temel nedeni oyunun kazanma şartının "Sequence" oyununa çok benzemesidir. Bu oyunu oynayan her iki oyuncu, kendilerini oyun tahtası üzerinde simgeleyen "x" veya "o" 'lardan oluşan üçlü bir dizi oluşturmaya çalışmaktadır. Sequence oyununda ise her oyuncu kendisini simgeleyen renklerdeki taşlardan beşli bir dizi oluşturmaya çalışmaktadır.

Kusursuz bir yapay zeka her ne kadar ilk bakışta çok iyi bir bulgu olarak görünse de çalışmanın amacıyla çalışmaktadır. Bu çalışmada gerçek bir oyuncu gibi oynayabilen bir yapay zeka hedeflenmektedir. Kusursuz hareket eden ve asla yenilmeyen bir yapay zeka oyuncuya iyi bir deneyim yaşatamayacaktır.

Kusursuz yapay zeka probleminin haricinde Tic-Tac-Toe oyununda kullanılan tekniklerin birebir Sequence oyununa geçirilmesi mümkün değildir ve Sequence açısından nedenleri şunlardır:

- Sequence oyunu, 10x10 boyutunda bir düzlem üzerinde oynanmakta ve bu düzlemde yapılacak hamleler şans faktörü ile sınırlanmaktadır.
- Sequence oyununda, istenilen herhangi bir yere hamle yapmak mümkün değil.
- Sequence oyununda, rakibin kartları bilinmediği için yapabileceği hamleleri önceden kestirmek, bu hamleleri içeren karar ağaçları oluşturup bunların arasından en iyilerini seçmek mümkün değildir.

Bu nedenler doğrultusunda, "Tic Tac Toe" oyununda kullanılan yapay zekayı "Sequence" oyununa entegre etmek hem mümkün olmayan hem de istenmeyen bir durumdur.

Bu çalışma süresince incelenen ikinci oyun "Dama" oyunudur [10, 11, 12]. "Dama" oyununda, "Tic Tac Toe" oyununda olduğu gibi karar ağaçları oluşturmak ve burada belirlenen hamleler doğrultusunda en iyi ve en kötü hamleleri bulabilecek bir yapay zeka geliştirmek mümkündür. Sequence oyununa benzer bir şekilde dama oyunu 8x8 boyutunda bir tahta üzerinde oynanmaktadır ve yapılan bir çalışmada [10], dama oyununun tahtası 6 bölgeye bölünürken 'Sequence' oyunu için yapılan bu çalışmada ise tahtadaki her kareye 1 ile 5 arasında bir puanlama oluşturulmaktadır.

Hemen akla gelen bir diğer oyun ise satrançtır. Bu oyun ile ilgili çalışmalar incelenmektedir [13, 14]. Satrancın içeriği düşünüldüğünde, bu oyunu oynamak için geliştirilen yapay zekanın "Sequence" gibi bir oyun için geliştirilen yapay zekanın çok ötesinde olduğu bir gerçektir. Satranç içerisinde şans faktörü barındırmayan, rakibin zeka ve beceri ile alt edildiği bir oyundur. "Sequence" oyununda şans faktörü, sadece kendi başına bile bir oyunun sonucunu

belirleyebilir. İşte bu nedenden ötürü oyunların en önemli özelliklerinden biri olan veri tabanı tutma ve oynanan oyunlardan öğrenip gelişme özelliği "Sequence" oyununa uygulanamamaktadır.

Son olarak içerisinde şans faktörü barındıran ve en az satranç kadar iyi tanınan bir oyun olan "Poker" incelenmiştir. Poker ile karşılaştırma yapıldığında ilk akla gelen şey hem Sequence hem de Poker'in kartlarla oynanmasıdır. İki oyunda da şans faktörü güçlü bir etmendir ancak poker oyununda blöf yapma şansı mevcut olduğu için, oyuncunun risk alarak şansını tersine çevirmesi mümkündür. Bu durum Sequence oyununda mevcut değildir çünkü bu oyunda oyuncu oynadığı her kartı göstermek zorundadır.

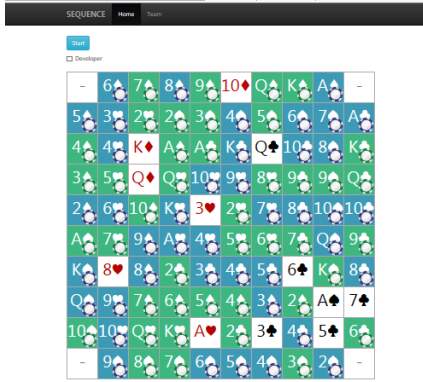
Yapılan incelemeler sonucunda, incelenen oyunlar için kullanılan algoritmalara dayanan bir yapay zekanın "Sequence" oyununa birebir uygulanamayacağı ortaya çıkmıştır. Bu nedenle incelemeler sonucunda elde edilen bilgilere göre oyuna uygun, özgün bir algoritma tasarlanmıştır. Bu algoritma rakibin hamlelerini de incelediği için kısmen "minimax" algoritmasına benzerlik gösterse de, "minimax" gibi mümkün olan her ihtimali göze almadığı için "kısıtlı minimax" olarak adlandırılabilir.

Bu oyunun algoritmasının kısıtlı minimax olarak adlandırılmasının nedeni ise standart minimax algoritmasında olduğu gibi mümkün olan her ihtimali en iyi olasılıklara göre incelemek yerine, ihtimallerin hesaplandığı karar ağacının sınırlı olmasıdır. Örneğin, Tic Tac Toe oyununda yapılan ilk hamleden hemen sonra, minimax algoritması yapılabilecek tüm hamlelere hakimdir. Bu yüzden yenilmesi mümkün değildir. Aynı durum Sequence oyununda mümkün değildir. Bunun nedeni, rakibin desteden çekeceği kartı bilmenin, hile yapmadan mümkün olmamasıdır. Ancak, mümkün olsa bile yenilmeyen bir algoritma geliştirmek çalışmanın amacına hizmet etmemektedir.

İşte bu nedenlerden dolayı oyun için geliştirilen algoritma sınırlı bir karar ağacı oluşturmakta ve hamlelerini buna göre yapmaktadır. Bu sayede hem gerçekçi bir rakip deneyimi sağlanmakta hem de mantıklı hamleler yapılabilmektedir. Geliştirilen algoritma karar ağacını oyun tahtası üzerindeki her bir karenin sayısal değerine göre hesaplamakta, bu sayede sadece hamle değeri olan kareler üzerinden yola çıkarak karar ağacını oluşturmaktadır.

### 3. Örnek Oyun

Resim 3.1'de örnek bir sequence oyununun ekran görüntüsü verilmektedir. Yeşil renkliler bizim oynadığımız taşlardır, mavi ise bilgisayarın bize karşı oynadığı taşlardır. Bu çalışmada, yapay zeka algoritmaları kullanılarak Sequence oyunu dijital ortama taşınmaktadır.



Resim 3.1. Örnek Oyun

Oyunu defalarca oynayarak oyunun yapay zeka mı yoksa insan oyuncunun mu kazandığı sonucuna bakılarak yeni oynayacak bir oyuncunun ortalama kazanma ihtimali yaklaşık olarak belirlenebilir. Tablo 3.1'de oyunu 100 kere oynayan 5 kişinin oyunu kazanma durumu verilmektedir. Tabloda oyuncunun kazanma sayısı "O", yapay zekanın kazanma sayısı "YZ" ile gösterilmektedir.

	O	YZ
<b>Oyuncu 1</b>	32	68
<b>Oyuncu 2</b>	35	65
<b>Oyuncu 3</b>	45	55
<b>Oyuncu 4</b>	38	62
<b>Oyuncu 5</b>	42	58
<b>Ortalama</b>	38.4	61.6

Tablo 3.1. Oyunu Kazanma Durumu

Tablo 3.1'deki verileri göz önüne aldığımızda beş oyuncu için oyunu kazanma yüzdesinin ortalama değeri 38.4 iken, standart sapma değeri ise 5.2 olmaktadır.

### 4. Sonuç ve Öneriler

Yurt dışında masaüstü oyunu olarak satışa sunulan Sequence oyunu, bu çalışmada oyun kuralları çerçevesinde yapay zeka temeli için gerekli olan minimaks algoritmasını kullanarak ve oyunun ASP.NET web uygulaması internet üzerinden erişilebilecek şekilde JQuery, Json ile birlikte "C#" programlama dilinde programlanarak geliştirilmesiyle masaüstünden dijital ortamda da oynanabilmesi sağlanmıştır [8]. Oyunun, dijital ortamda da oynanabilmesi için oyun kurallarının yapay zekaya öğretilmesi ve bu kurallar dahilinde yapay zekanın karar vermesi sağlanmaktadır. Programlanan yapay zeka, gerçek bir oyuncuyu taklit ederek kendi çıkarları doğrultusunda hamleler yapıp kazanmayı amaçlamaktadır. Bu sayede oyuncuya gerçekçi bir oyun deneyimi ve rekabet edebileceği bir rakip sağlanabilmektedir.

Bilgisayar oyunlarında rekabet, kurallar ve hedefe ulaşmak önemlidir. Bu çalışmada, rakibin olası hamlelerini inceleyip aralarından en faydalı olanları bulmak ve bu hamlelere karşı, gerçek bir oyuncu gibi etkili hamleler geliştirmeyi hedefleyen bir sistem oluşturulmaktadır. Oyun sırasında yapay zeka üç hamle ileriye hesaplayarak oynamaktadır. Bu oyun için üç hamleden daha ilerisi de geliştirilebilir.

Oyunda oyunculara dağıtılan kartların dışında oyun sırası gelen oyuncunun (insan ya da bilgisayar) ortadaki kartlardan kart çekmesi gerektiğinde kartların durumu bilinmediğinden rastgele kart gelmesi durumuna eş değerdir. Bu yüzden eksilen kart yerine oyuncuların ortadan çekeceği kartlar rastgele getirilerek programlanmıştır.

Kazanmak için oyunu 100 defa oynayan 5 oyuncunun ortalama kazanma durumuna bakılarak oyunu % 62 yapay zeka, % 38 insan oyuncu kazanmaktadır. Buradan bu verilere dayanarak oyunu kazanma ihtimalininin 0.38 olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır. Oyuncular açısından standart sapma değeri ise 5.2 olmaktadır. Oyundaki kartların rastgele gelmesi oyunu kazanma şansımızı etkilemektedir ve karşıdaki oyuncunun kartlarını görmediğimizden kartları tahmin etmek için yoğun düşünerek oyunu kazanmaya çalışırken rakibin de oyunu kaybetmesini sağlamak için ihtimalleri düşünmemiz gerekmektedir.

## 5.Kaynaklar

- [1]. Wirth C., Fürnkranz J., “On Learning From Game Annotations”, IEEE Transactions On Computational Intelligence and AI In Games, Vol. 7, No. 3, (2015).
- [2]. Chen J., Lin T., Chen B., Hsu T., “Equivalence Classes in Chinese Dark Chess Endgames ”, IEEE Transactions On Computational Intelligence And AI In Games, Vol. 7, No. 2, June (2015).
- [3]. Song J. and Müller M., “An Enhanced Solver For The Game Of Amazons”, IEEE Transactions On Computational Intelligence And AI In Games, Vol. 7, No. 1, March (2015).
- [4]. Nabiyev V. V., Yapay Zeka, Seçkin Yayınevi, 152-221.
- [5]. Baier H., Winands M. H. M., “MCTS-Minimax Hybrids”, IEEE Transactions On

Computational Intelligence And AI In Games, Vol. 7, No. 2, June (2015).

- [6].[http://www.ehow.com/how\\_7561083\\_sequence-board-game-instructions.html](http://www.ehow.com/how_7561083_sequence-board-game-instructions.html), 2015.
- [7].[http://www.ehow.com/way\\_5410670\\_sequence-card-game-rules.html](http://www.ehow.com/way_5410670_sequence-card-game-rules.html), (2015).
- [8]. <http://yavuzz.com/sequence/>, (2015).
- [9]. Erkan U., İşlem Oyununun Yapay Zeka Destekli Simülasyonu, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, (2012).
- [10]. Zhao Z., Wu S., Liang J., Lv F., Yu C., The Game Method of Checkers based on Alpha-Beta Search Strategy with Iterative Deepening, 26th Chinese Control and Decision Conference (CCDC), 3371-3374, (2014).
- [11]. Youru L.,Xueping L., Yajie W., Yuting X., A Systematic Research about the Computer Game of Checkers Based on the Decision-making of AI, 27th Chinese Control and Decision Conference (CCDC), 6437-6442, (2015).
- [12]. Wang Q., Liu C., Wang Y., Chen D., Move Generation and Search Strategy Research for Computer Game of Checkers, 27th Chinese Control and Decision Conference (CCDC), 3727-3731, (2015).
- [13]. Chen J. C., Wu I. C., Tseng W. J., Lin B. H., Chang C. H., Job-Level Alpha-Beta Search, Ieee Transactions On Computational Intelligence And AI In Games, Vol. 7, No. 1, March (2015).
- [14]. Zhou W., Liu J., Zhao Y., The Construction of Chinese Chess Computer Game Platform, The 6th International Conference on Computer Science & Education (ICCSE 2011) 3-5, SuperStar Virgo, Singapore, August (2011).