T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

OYUN TEORİSİ VE MATEMATİKSEL MODELLEME İLE KÜÇÜK YATIRIMCI İÇİN YATIRIM ARAÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Pınar BAYRAKTAR
(141142102)
Anabilim Dalı: İş ve Mühendislik Yönetimi
Programı: İş ve Mühendislik Yönetimi (Tezli Y.L.)
Danışman: Doç.Dr.Lütfü ŞAĞBANŞUA

HAZİRAN-2016

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

OYUN TEORİSİ VE MATEMATİKSEL MODELLEME İLE KÜÇÜK YATIRIMCI İÇİN YATIRIM ARAÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Pınar BAYRAKTAR

(141142102)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 16 Mayıs 2016

Tezin Savunulduğu Tarih: 10 Haziran 2016

Tez Danışmanı :	**Doç. Dr. Lütfü ŞAĞBANŞUA (F.Ü.)**
Diğer Jüri Üyeleri :	**Doç. Dr. Yusuf Cahit ÇUKACI (İ.Ü.)**
	Yrd. Doç. Dr. Cem AYDEN (F.Ü.)

HAZİRAN-2016

ÖNSÖZ

Bilim ve teknoloji hızla ilerleyerek bilginin her yerde olması günümüzün kaçınılmaz kolaylıklarındandır. Bilgi iletişimin çeşitlerinin ve hızlarının artmasıyla çok hızlı yayılmaktadır. Herkes istediği bilgiye çok kolaylıkla ulaşabilmekteyken bu bilgiyi kullanarak kararlarına yön vermek çok önemli hale gelmektedir. Bilgiyi doğru şekilde analiz ederek rakiplerin davranışlarına göre hareket etmek kişiye her zaman fayda sağlamaktadır.

Bilgiyi ve rekabeti aynı anda içinde barındırarak karar verme sürecinde kullanılan "Oyun Teorisi" ve "Doğrusal Programlama" son zamanlarda önemle üzerinde durulan çalışma konularındandır. Küçük yatırımcının kullandığı yatırım araçlarının değerlendirilmesi bu çalışmanın konusunu oluşturmuştur.

Bu çalışmada her zaman bana yol gösterici olan tez danışmanın Doç.Dr.Lütfü ŞAĞBANŞUA'ya, tüm eğitim hayatım boyunca desteğini esirgemeyen Ertan BAYRAKTAR'a ve çalışmam boyunca bana katkı sağlayan herkese teşekkür eder, saygı ve sevgilerimi sunarımz

Pınar BAYRAKTAR
Elazığ 2016

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET

Bu çalışmada rekabet ortamında karar vermek için kullanılan “Oyun Teorisi” ve “Doğrusal Programlama” yöntemleri üzerinde durulmuştur. Oyun Teorisinin temel kavramları, varsayımları ve çözüm yöntemleri incelenmiştir. Doğrusal programlama ile Oyun Teorisi yönteminin ilişkisi anlatılmıştır.

Uygulama kısmında; küçük yatırımcı için sıklıkla tercih edilen yatırım araçları analiz edilmiştir. Son yıllardaki verilerden yararlanılarak Oyun Teorisi yöntemleri ve Doğrusal Programlama yöntemleriyle karşılaştırmalı analiz yapılmıştır.

Günlük yaşamdaki çalışmalara yeni konu olan Oyun Teorisi yönteminin kullanılabileceği farklı alanlar tespit edilmeye çalışılmış ve yatırımcılar için kullanılabilecek farklı bir bakış açısı araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Oyun Teorisi, Doğrusal Programlama.

SUMMARY

COMPARISON OF GAME THEORY AND MATHEMATICAL MODELING FOR INVESTORS WITH SMALL INVESTMENT MANAGEMENT

In this work, used to decide the competitive environment, “Game Theory” and “Linear Programming” methods have been emphasized. The basic concepts of game theory, assumptions and solution methods have been studied. The relationship between Linear Programming and Game Theory methods have been described.

In the application part ; often the preferred investment vehicle for small investors have been analyzed. Using the data in recent years, with Game Theory methods and Linear Programming method has been applied comparative analysis.

Daily studies of new issues that can be used game theory methods were studied to determine the different areas of life and a different perspective that can be used for the investors have been investigated.

Key Words: Game Theory, Linear Programming.

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa No

TABLOLAR LİSTESİ

Sayfa No

GİRİŞ

Geçtiğimiz yüzyılda yaşanan bilimsel gelişmeler çok hızlı ilerlenebileceğini göstermiştir. Özellikle sanayileşmeyle birlikte teknoloji ve bilim yeni buluşlara ortam sağlamıştır. Teknoloji o kadar hızla gelişmektedir ki üretimine yeni başlanan bir ürün daha piyasaya çıkmadan eskimeye başlamaktadır. Bu hıza ayak uydurabilmek için bilginin, müşteri ihtiyaçlarının, talebin doğru zamanda ve doğru şekilde analiz edilmesi kaçınılmaz olmuştur. Gittikçe artan rekabet koşulları da göz önüne alındığında küçük yatırımcıdan büyük şirketlere kadar tüm yatırımcıların kararlarını doğru şekilde alması gerekmektedir. Tüm karar vericiler kararların doğru alınabilmesi adına bilimsel gelişmelerden ve yöntemlerden yararlanmaktadır. Özellikle doğrusal programlama kullanılabilirliğinin kolay ve pratik olması açısından tercih edilmektedir. Son zamanlarda doğrusal programlama ile birlikte kullanılabilecek yeni yöntemler ve uygulama alanları ortaya çıkmıştır. İktisat alanında, ekonomik kararların verilmesi aşamasında yıllardır kullanılan bir yöntem ise "Oyun Teorisi"dir. Geçmişi 1940'lı senelere dayanmasına rağmen Oyun Teorisinin gelişimi, bulunan yeni yöntem ve çözüm metotlarıyla sürekli gelişen bir disiplin olma özelliği taşımaktadır. Oyun Teorisi rekabet koşullarında karar vericilerin hangi kararı uyguladığında diğer karar vericilerin hangi kararı uygulamasının karar vericilere kazanç ya da kayıp olarak yansımalarını incelemektedir. Karşılıklı kararların sonuçlarını değerlendiren bir yöntem olarak oyun teorisinin, uygulama alanı oldukça geniştir.

Rekabet koşulları düşünüldüğünde bilimsel yöntemleri kullanma imkanı olmayan küçük yatırımcılar profesyonel yardım almadan ellerinde bulunan birikimleri değerlendirmeye çalışmaktadırlar. Farklı yatırım araçları arasından rastgele ya da kulaktan dolma bilgilerle seçim yaparak birikimlerini değerlendirmektedirler. Küçük yatırımcı giderek artan yatırım araçları arasında seçim yapmakta zorlanmaktadır. Farklı yatırım araçlarının farklı riskleri ve getirileri olduğundan doğru karar vermek oldukça zordur. Küçük yatırımcının elindeki birikimi değerlendirmek amacıyla farklı yatırım araçlarının oyun teorisiyle değerlendirilmesi, yöntemin kullanılma alanını geliştirmesi açısından faydalı olacağı düşünülmektedir.

Bu çalışmanın; birinci bölümünde oyun teorisi yöntemi ayrıntılı olarak ele alınmıştır. Oyun teorisinin tarihçesi, temel kavramları ve varsayımları açıklandıktan sonra çözüm yöntemleri incelenmiştir. Oyun teorisinin bilgi ve zaman yönünden sınıflandırması yapılarak bu açıdan çözüm yöntemleri detaylandırılmıştır. Kullanılan bazı yöntemler klasik örneklerle desteklenmiştir. Sonrasında “Oyun Teorisi” yönteminin “Doğrusal Programlama” yöntemiyle ilişkisi üzerinde durulmuştur.

Çalışmanın ikinci bölümünde; mali piyasalar ve yatırım araçları açıklanmıştır. Mali piyasaların türleri, mali piyasalardaki aktörler arasındaki ilişkilere değinilmiştir. Mali piyasa araçları sınıflandırması yapılarak çok tercih edilen ve bilinen yatırım araçları tanıtılmıştır. Sermaye piyasası ve borsa hakkında açıklama yapılmıştır.

Uygulama kısmını içeren üçüncü ve son bölümde ise iki kişili sıfır toplamlı oyun teorisi yöntemi ve doğrusal programlama yöntemi kullanılarak sonuçları değerlendiren yeni bir bakış açısı gösterilmeye çalışılmıştır. Yatırımcıların genellikle tercih ettiği yatırım araçları iki yöntemle analiz edilerek sonuçların paralelliği araştırılmıştır.

1. OYUN TEORİSİ

Günlük hayatta farklı çıkar gruplarının farklı kararlar almak zorunda olduğu durumlarla karşılaşmaktayız. Bu farklı grupların tercih edeceği hareketler farklı sonuçlar ortaya çıkarmaktadır. Ancak bu hareketlerin sonuçları aslında diğer grupların/kişilerin yaptığı hareketlere göre değişmektedir. Bu yüzden hangi hareket tarzını seçeceğimize karar verirken rakiplerimizi de analiz etmek zorundayız.

Oyun teorisi, oyuncular arasındaki karar verme süreçlerini analiz ederek alternatifler içinde en iyi yöntemin bulunmasını amaçlayan matematiksel bir modeldir (Neumann ve Morgenstern, 1944). Yani "çatışma" kavramının matematiksel olarak ifade edilebileceği anlaşılmaktadır.

Genellikle karşımıza çıkan olaylardan yola çıkılacak olursa; aynı ürünü üreten iki firmanın reklam stratejisi belirlemeye yönelik çalışmaları, düşman iki ülkenin silahlanma planları, şehir içi trafik rota problemleri örnek olarak gösterilebilir. Bu çatışma problemlerinde "oyuncu" olarak tanımlanan rakipler bulunmaktadır. Oyunda, rakip sayısı ikide olabilir çok sayıda rakibi de içinde barındırabilir. Her rakibin ise sonlu ya da sonsuz sayıda alternatif ya da "strateji"si mevcuttur (Taha, 2000). Bu ikili strateji gruplarının rakipler açısından kazanç ya da kayıp miktarı belirlenmiştir.

Oyun teorisi; rekabet halindeki oyuncular açısından diğer oyuncu hangi stratejiyi seçerse seçsin maksimum kazanç ya da minimum kayıp sağlayacak stratejinin belirlenmesini amaçlar. Rekabetin gittikçe arttığı ve risk almanın zorlaştığı ekonomik şartlarda en iyi stratejiyi belirlemek oldukça önemlidir. Kazancı maksimum yapmak öncelikli amaç olsa da rekabet ortamında kaybı minimuma düşürmekte önem arz etmektedir. Oyun teorisi olası tüm stratejileri ve bu stratejiler sonucunda rakiplerin kazanç ya da kayıplarını göz önünde bulundurarak en iyi stratejiyi belirlemeye çalışmaktadır.

Oyun teorisi, karşılıklı birbirlerine bağlı bireylerin verdikleri kararlarla ortaya çıkan sosyal ve mali sonuçları ele alan matematiksel temelli bir disiplindir (Bekar, 2008). Böylece oyun teorisi rekabet analizleri, satış problemleri, spor müsabakaları, şans oyunları, askeri faaliyetler ve sosyal problemlerde uygulama alanı bulan bir yöntem olma yolunda ilerlemektedir (Aplak, 2010).

1.1. Oyun Teorisi Tarihçesi

Oyun teorisinin oyuncular yani insanlar arasında gerçekleşen bir oyun olduğu göz önüne alınırsa tarihinin de eskiye dayanması beklenir. M.S.500'lü yıllarda cezai ve medeni hukukun temeli olarak kabul edilen Babil'in "Talmud Yasaları"nda rastlandığı kabul edilmektedir. Evlilik sözleşmesi mantığıyla oluşturulmuş ve kocanın vefat etmesi durumunda mirası üç eş arasında paylaşma stratejileri incelenmiştir.

1700'lü yıllarda James Waldegrave'in iki kişili oyunlar için minimumların maksimumu (minimax) yönteminin bir uyarlaması kullanılmıştır (Gedikoğlu, 2012).

1838 yılında Augustin Cournot'un "Servet Teorisinin Matematiksel Prensipleri Üzerine Araştırmalar" adlı kitabında monopol, duopol ve oligopol piyasalarla ilgili çalışmalarında oyun teorisi konusuna değinmiştir. Bu çalışma ekonomi alanında oyun teorisini kullanan ilk çalışmadır.

1881 yılında Francis Ysidro Edgeworth, "Mathematical Psychics: An Essay on The Applications of Mathematics to The Moral Sciences" (Matematiksel Fizik: Ahlak Bilimlerine Matematiğin Uygulanması Üzerine Bir Deneme) adlı çalışmasında iki tüketici ve iki çeşit malın olduğu bir piyasada tüketici sayılarının çoğalıp sonsuza yaklaşması durumda sözleşme eğrisinin rekabetçi denge kümesine doğru ilerlediğini göstermiştir (Çevikkan, 2010).

1900'lü yıllarda oyun teorisi matematiksel olarak daha anlaşılır uygulamalara ve çalışmalara konu olmuştur. 1913 yılında Ernst F.F. Zermelo tarafından Zermelo Teoremi geliştirilmiştir. Bu teoremde satranç oyununda ya siyahın kazanacağı ya beyazın kazanacağı ya da berabere kalınacağı ileri sürülmüştür (Walker, 1999).

1920'li yıllarda Emile Borel tarafından iki kişilik oyunlar hakkında çalışmalar yapılarak minimaks çözümü bulunmuştur. 1928 yılında ise John Von Neumann ilk minimaks teoremini ispatlamıştır (Roux, 2004).

1930 yılında F. Zeuthen'in "Problems of Monopoly and Economic Warfare" (Monopolün Sorunları ve Ekonomik Mücadele) adlı yayınının dördüncü bölümünde, Harsanyi'nin daha sonraları Nash'in pazarlık çözümüyle aynı olduğunu gösterdiği pazarlık problemi çözümünü kurmuştur (Aktan ve Bahçe, 2007).

1944 yılında Neumann ve Morgenstern'in "The Theory of Games and Economic Behavior" (Oyun Teorisi ve Ekonomik Davranış) adlı kitabı ile oyun teorisinin bir disiplin olarak başladığı varsayılır (Yılmaz, 2012). Bu kitapta çatışma kavramının matematiksel olarak ifade edildiği görülür. Özellikle sıfır toplamlı iki kişilik oyun teorisine ilişkin faydanın değiştirilmesini içeren işbirlikçi oyunların şeklini açıklamaktadır.

1950'li yıllarda Albert Tucker tarafından geliştirilen "Prisoner's Dilemma" (Mahkumlar Çıkmazı) oyun teorisinin sıfır toplamlı olmayan ilk klasik oyun örneğidir. Bu çalışma oyunların en iyi strateji bulma çabalarını net olarak karşımıza çıkarmaktadır (URL-1).

Mahkumlar Çıkmazı kavramının gelişimi John F. Nash'in 1950'lilerin başında dengenin tanımı ve varlığı konusundaki makaleleri modern işbirlikçi olmayan oyunların temellerini atmıştır (Yılmaz, 2012). John F. Nash'in en önemli yayınları "Equilibrium Points in N-Person Games" (N-kişili Oyunlarda Denge Noktaları) (Nash, 1950) ve "Non-Cooperative Games" (İşbirliksiz Oyunlar) (Nash, 1951)'dir.

1950'li yıllara kadar meydana gelen bu gelişmelere ve çözüm stratejilerine ait ispatlar oyun teorisinin uzun yıllar kullanacağı tüm kavramların geliştirilmesini sağlamıştır. Böylelikle oyun teorisi pratikte uygulama alanı bulduğundan iktisatçıların ilgi odağı haline gelmiştir.

1959 yılında Martin Shubik "Strategy and market structure: competition, oligopoly, and the theory of games" (Strateji ve Pazar Yapısı: Rekabet, Oligopol ve Oyun Teorisi) adlı kitabında oligopolistik piyasalarda karar verme aracı olarak oyun teorisini kullanmıştır.

1960'lı yıllarda iktisadi analizlerde zaman (dinamik hareket) kavramının da literatüre dahil edilmesiyle birlikte farklı bakış açıları ortaya çıkmaya başlamıştır. 1965 yılında Reinhard Shelten dinamik oyunlarda Nash dengesini uygulayarak tekrarlı oyunlarda bir sonraki oyunun nasıl oynanacağına ilişkin yeni önerilerde bulunmuştur. Sonrasında 1973 yılında John C. Harsanyi Nash dengesini eksik bilgili oyunlar yönünde geliştirmiş ve yeni metotlar ileri sürmüştür.

Tüm bu gelişmelerden sonra 1994 yılında Nobel ekonomi ödülünü "İşbirlikçi olmayan oyun kuramında denge konusunda öncü analizleri için" John C.Harsanyi , John F.Nash ve Reinhard Shelten almıştır.

Geçtiğimiz yüzyılda matematikçiler ve iktisatçılar tarafından böylesine ilgi gören bir disiplin olarak oyun teorisi gelişmeye devam edecektir. Oyun teorisi, dünyada rekabet var olduğu sürece rakiplerin karar vermede yararlanacağı çok yararlı ve bilimsel bir metot olarak karşımıza hep çıkacaktır.

Sıfır toplamlı oyunlardan başlayarak tam bilgili statik oyunlar ve dinamik oyunlar, eksik bilgili statik ve dinamik oyunlar, tekrarlı oyunlar, pazarlık teorisi gibi rekabetin farklı bakış açılarını içeren oyunlar gelişmeye devam etmektedir. Bilimin gelişmesi ve teknolojinin pozitif etkisiyle önümüzdeki yıllarda yeni çözüm metotlarının ortaya çıkması muhtemeldir.

1.2. Oyun Teorisi Temel Kavramları

Oyun teorisi hem sosyal problemlere hem de iktisadi problemlere uygulanabilmektedir. Bu problemlerin temelinde de rekabet yani çatışma yatmaktadır. Oyun teorisinin problemlere uygulanması sırasında bazı kavramların bilinmesi gerekmektedir. Bu kavramlar oyuncu kavramı, strateji kavramı, rasyonellik kavramıdır.

Çatışma ortamında en az iki olmak şartıyla sonlu oyuncunun bulunması gerekmektedir. Yani rekabet ortamında birbirlerine rakip olan ve her biri kazancını maksimum ya da kaybını minimum yapmaya çalışan oyuncuların karşı karşıya gelmesi kaçınılmazdır. Ayrıca oyuncu ya da rakipler kazanmak için en doğru hareketi seçmek istemektedir.

Oyun teorisinde bir diğer kavram strateji kavramıdır. Oyunda rakiplerin sonlu sayıda alternatifi yani stratejisi olmalıdır. Oyunun başından sonuna kadar rakiplerin her bir durum için kesin kurallara bağlı seçeneklerinin olması gerekir. Ancak strateji oyun sırasında sonsuz sayıda olmamaktadır (Öztürk, 2001).

Oyun teorisinde strateji türleri;

- Tam Strateji,
- Karma Strateji,
- Optimal Strateji,
- Üstünlük Stratejisi,
- Eş Stratejilerdir.

Tam strateji oyun ne kadar kez tekrarlanırsa tekrarlansın aynı stratejiyi seçerek optimal sonucu veren oyunlardır. Tam strateji oyunlarında öncelikle oyunun denge noktası bulunmalıdır. Denge noktası olan bir oyun için oyun ne kadar tekrarlansa da optimal çözüm değişmez ve diğer stratejiler hep aynı strateji tarafından bastırılır (Yürüten, 2010).

Karma strateji ise, bir oyuncunun belli bir strateji yerine çeşitli stratejilerin karışımını belli olasılıklara göre kullanmasına denilmektedir (Rençber, 2012).

Oyuncunun her zaman aynı stratejiyi seçmek istemediği durumlarda farklı stratejiler farklı olasılıklarla seçilerek oyuna devam edilir. A oyuncusunun iki stratejisinin olduğu (2 X n) durumda oyun gösterimi Tablo 1.1.'de gösterilmiştir.

Tablo 1.1. (2 X n) Oyun gösterimi

		y_1	y_2	…	y_n
		B_1	B_2	…	B_n
x_1	: A_1	a_{11}	a_{12}	…	a_{1n}
$1\text{-}x_1$	: A_2	a_{21}	a_{22}	…	a_{2n}

Oyun, A oyuncusu A_1 ve A_2 stratejilerini $0\leq x_1 \leq 1$ olması durumunda x_1 ve 1- x_1 olasılıklarıyla oynar, B oyuncusu da B_1, $B_{2,..}$ B_n stratejilerini j=1,2,….,n ve $y_1+y_2+\ldots+y_n=1$ için $y_j\geq 0$ olması durumunda $y_1,y_2,\ldots,y_n$ olasılıklarıyla oynar. Bu durumda A'nın ve B'nin j. stratejisine karşılık gelen kazancı $(a_{1j}\text{-}a_{2j})\ x_1\text{-}a_{2j}$ olarak hesaplanır. A oyuncusu böylece beklenen minimum kazançları maksimum kılan x_1 değerini belirlemeye çalışır (Taha, 2000).

Optimal strateji, denge noktası bulunan iki kişilik sıfır toplamlı oyunlar için kullanılan bir kavramdır. Bir oyuncu için ortalama kazancı sağlayan strateji optimal stratejidir.

Üstünlük stratejisi, oyun matrisinde satırlar ve sütunlar incelenerek zayıf stratejilerin elenmesine dayanır. Elenen stratejilerden sonra oyun matrisi küçülerek zayıf strateji elenmesine devam edilir. Bu şekilde kalan son stratejiler üstünlük stratejileri olarak kabul edilir.

Eş stratejiler ise, oyuncu için seçtiğinde aynı kazancı ya da aynı kaybı içeren stratejilerdir. Oyuncu açısından eş stratejilerden hangisini seçtiğinin önemi yoktur çünkü bu stratejiler aynı kazancı/kaybı vermektedir.

Oyun teorisinin bir diğer kavramı ise rasyonellik kavramıdır. Bu kavram oyun süresince tüm stratejilerin ve bu stratejilerinin değerlerinin tüm oyuncularca bilinmesi ve değiştirilmeyeceğinin garanti edilmesidir (Brandenburger ve Nalebuff, 2015). Bu garanti tüm oyuncular tarafından ortak bilgi olarak bilinmektedir. Ayrıca tüm oyuncuların oyun süresince akılcı davranarak kendileri için en akılcı ve en yüksek kazancı sağlayacak kararları alacakları kabul edilir (Church ve Ware, 2000; Evyapan, 2009).

1.3. Oyun Teorisi Varsayımları

Oyun teorisi sosyal, siyasi ve iktisadi alanlarında uygulama alanı bulmaktadır. Bu uygulamalarda bazı varsayımlar olduğu sürece oyun teorisi kullanılabilmektedir. Oyun teorisinin varsayımları;

- Rekabet ortamında oyuncu sayısı sonlu sayıda olmalıdır.
- Tercih edilebilen strateji sayısı sonlu sayıda olmalıdır.
- Oyuncular tüm oyuncuların seçebilecekleri tüm stratejileri bilmektedirler. Ancak hangi oyuncunun hangi stratejiyi seçeceğini bilmemektedirler.
- Oyuncuların tüm stratejiler sonucunda kazanç ya da kayıpları sınırlıdır.
- Oyuncuların kazanç ya da kayıpları kendi seçecekleri strateji kadar diğer oyuncuların seçecekleri stratejilere de bağlıdır.
- Tüm stratejilerin sonucunda oyuncuların kazanç ya da kayıpları aynı cinsten hesaplanabilir matematiksel ifadeler olmalıdır.

1.4.Oyun Teorisi Çözüm Yöntemleri

Oyun teorisinde oyunlar zaman ve bilgi açısından kategorilere ayrılarak incelenmektedir (Yılmaz, 2012). Bilgi açısından tam ve eksik, zaman açısından statik ve dinamik olarak sınıflandırma Tablo 1.2.'de gösterildiği şekilde yapılmaktadır.

Tablo 1.2. Oyunların sınıflandırılması

<table>
<tr><td></td><td></td><td colspan="2">Bilgi</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>Tam</td><td>Eksik</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Zaman</td><td>Statik</td><td>Stratejik-Biçimli Oyunlar</td><td>Bayesyen Oyunlar</td></tr>
<tr><td>Dinamik</td><td>Tam Bilgili Genişleyen-Biçimli Oyunlar</td><td>Eksik Bilgili Genişleyen-Biçimli Oyunlar</td></tr>
</table>

1.4.1.Tam Bilgili Statik Oyunlar

Tam bilgili statik oyunlar oyuncuların oyunun yapısı hakkında tam bilgiye sahip oldukları ve stratejilerini aynı anda belirledikleri oyunlardır. Bu tür oyunlara stratejik biçimli ya da normal biçimli oyunlar da denir (Yılmaz, 2012; Toraman, 1982).

Tam bilgili oyunlar; oyuncuların her stratejisi için fayda fonksiyonunun önceden belirlenmiş olduğu ve diğer tüm oyuncularında bunu bildiği oyunlardır. Statik oyunlar ise, oyuncuların hamlelerinin aynı anda oynandığı oyunlardır. Bu eş zamanlılık hamle aynı anda oynanmasa bile diğer oyuncuların kendi hamlelerini yapmadan diğer oyuncuların hamlelerini görememesi anlamına gelir.

Tam bilgili statik oyunlar; n ($N=\{1,2,\ldots,i,\ldots n\}$) sayıda oyuncunun olduğu bir oyundur. Herhangi bir i oyuncusunun strateji kümesi S_i ile, bu i oyuncusunun herhangi bir stratejisi s_i ile gösterilir. Herhangi bir i oyuncusunun strateji profiline karşılık gelen fayda düzeyi (1.1)'deki gibi tanımlanmaktadır (Yılmaz, 2012).

$$u_i : S_1 \text{ X } \ldots \text{X } S_n \rightarrow R \qquad (1.1)$$

İki oyunculu ve iki stratejili bir oyunun stratejik gösterimi Tablo 1.3.'te gösterildiği gibidir. Aynı zamanda bu gösterime kazançlar matrisi denilmektedir.

Tablo 1.3. İki oyunculu stratejik biçimli bir oyunun genel gösterimi

	s_1	s_2
s_1	$u_1(s_1,s_1)$, $u_2(s_1,s_1)$	$u_1(s_1,s_2)$, $u_2(s_1,s_2)$
s_2	$u_1(s_2,s_1)$, $u_2(s_2,s_1)$	$u_1(s_2,s_2)$, $u_2(s_2,s_2)$

1.4.1.1.Kesin Baskın Strateji ve Kesin Mahkum Strateji

Bir oyunda oyuncuların stratejilerinin sonuçları diğer oyuncuların tercih edecekleri stratejilere bağlıdır. Bazı oyunlarda bir oyuncunun diğer oyuncuların stratejilerinden bağımsız olarak her zaman optimal sonuç veren stratejilerine baskın strateji denir. Eğer bir oyuncunun bir stratejisi diğer oyuncuların tüm stratejileri için her zaman daha iyi bir sonuç yaratıyorsa buna kesin baskın strateji denir (Yılmaz, 2012). Oyuncuların hiçbir zaman optimal sonuç vermeyen stratejilerine kesin mahkum strateji denir.

Literatürde yer alan Mahkumlar Çıkmazı probleminde polis suçlu iki kişi için itiraf edip etmemelerine göre cezalandırma yapacaktır. Suçlulardan birinin itiraf etmesi diğerinin itiraf etmemesi durumunda itiraf eden 1 yıl, itiraf etmeyen 5 yıl ceza alacak, her ikisi de itiraf ederse 4'er yıl ceza alacaklar, ikisi de itiraf etmezse 2'şer yıl ceza alacaklardır. Bu oyun için kurulan stratejik gösterim Tablo 1.4.'te gösterilmiştir.

Tablo 1.4. Mahkumlar çıkmazı

	itiraf etme	itiraf et
itiraf etme	-2,-2	-5,-1
itiraf et	-1,-5	-4,-4

Bu oyunda eğer suçlulardan biri itiraf ederse diğer suçluda itiraf edecektir çünkü bu durumda 5 yıl yerine 4 yıl ceza alacaktır. Diğer durumda suçlulardan biri itiraf etmezse diğer suçlu itiraf edecektir çünkü bu durumda da 2 yıl yerine 1 yıl ceza alacaktır. Bu stratejiler göz önüne alındığında itiraf et stratejisi her zaman daha iyi sonuç vereceğinden bu strateji baskın stratejidir.

Oyunun rasyonel oynandığı ve rasyonelliğin ortak bir bilgi olduğu kabul edildiğinde oyuncuların itiraf etmemesi hiçbir zaman seçmemeleri gereken bir stratejidir. Çünkü diğer oyuncu hangi stratejiyi seçerse seçsin itiraf etmemek optimal sonucu asla vermez. Yani itiraf etme stratejisi kesin mahkum stratejidir.

1.4.1.2. Sürekli Eliminasyon Yöntemi ve Makul Stratejiler

Tüm oyuncular için amaç optimal stratejiyi yakalamaktır. Oyuncuların rasyonel olmasından dolayı kesin mahkum stratejiler diğer oyuncular hangi stratejiyi seçerse seçsin optimal sonuç vermeyeceğinden oyuncunun oynamayacağı stratejilerdir. Bu şekilde kesin mahkum stratejilerin elenerek sonuç matrisleri küçültülür. Bu yönteme sürekli eliminasyon yöntemi denmektedir. Optimal stratejinin yakalanması böylelikle kolaylaşır. Kesin mahkum stratejilerin elenmesiyle kalan sonuçlar kümesine makul stratejiler denmektedir (Gintis, 2009; Yılmaz, 2012).

Tablo 1.5.'te verilen bir oyunun kazanç matrisinden hareketle, 2. oyuncunun stratejileri incelendiğinde Y stratejisinin Z stratejisini kesin mahkum strateji yaptığı görülmektedir. Bu durumda 2. oyuncu Z stratejisini asla oynamayacaktır. Rasyonel oyunda

2.oyuncunun Z stratejisini oynamayacağı düşünülerek 1. oyuncunun stratejileri incelediğinde C stratejisinin B stratejisini kesin mahkum strateji yaptığı görülecek aynı zamanda D stratejisinin E stratejisini kesin mahkum strateji yaptığı görülecektir. Kesin mahkum stratejiler yani Z, B ve E stratejileri kazanç matrisinden çıkarılarak Tablo 1.5.'teki son kazanç matrisi elde edilir.

Tablo 1.5. Eliminasyon yöntemiyle kalan makul stratejiler

	W	X	Y	Z
A	7,5	-8,4	0,4	99,3
B	5,0	4,1	15,9	100,8
C	6,0	5,8	20,4	10,2
D	2,6	7,-10	3,9	10,8
E	1,6	2,-10	1,7	8,6

	W	X	Y
A	7,5	-8,4	0,4
C	6,0	5,8	20,4
D	2,6	7,-10	3,9

Elde edilen kazanç matrisi incelendiğinde başka mahkum stratejinin kalmadığı görülecektir. Tüm bu stratejiler makul stratejiler olarak tanımlanmaktadır.

1.4.1.3. Maksimin ve Minimaks Prensibi (Güvenlik Prensibi)

Artan rekabet ortamında oyun teorisi uygulamalarından daha doğru sonuçlar alınabilmesi maksadıyla farklı yöntemler gündeme gelmektedir. Oyuncuların birbiri karşısında güven duyması ya da şüphe etmesi yaptıkları stratejileri etkilemektedir. Oyuncular kazançlarını en büyüklemek istemektedirler. Ancak diğer oyuncuların stratejileri karşısında bir diğer amaçları da kayıplarını en küçüklemektir. Bu şartlar altında maksimin (kötünün iyisi) ve minimaks prensipleri ortaya atılmaktadır.

Maksimin prensibi, oyuncuların en kötü sonuçlar arasından en iyisini seçmeleri amaçlanmaktadır. Bir F oyununda i oyuncusunun maksimin prensibinde diğer oyuncularının kazançlarını minimum yapmaya çalıştığını varsaydığımızda, i oyuncusu en yüksek kazancı veren stratejiyi seçecektir. F oyununda her oyuncunun hareket kümesi A_i ve fayda fonksiyonu u_i (1.2)'de gösterildiği gibi tanımlanmaktadır.

$$\max_{a_i \in A_i} \; \min_{a_{-i} \in A_{-i}} \; u_i(a_i, a_{-i}) \qquad (1.2)$$

Minimaks prensibi, diğer oyuncularla işbirliği yapılamadığı durumlarda diğer oyunculara en büyük kaybı verdirmek amaçla kullanılmaktadır. Minimaks prensibinde 2. oyuncu tamamen kötü niyetlidir ve 1. oyuncuya maksimum zarar vermek istemektedir. (Yılmaz, 2012; Alpaslan, 1978). Yine bir F oyununda -i oyuncusunun minimaks prensibinde diğer oyuncuların kayıplarını maksimum yapmaya çalıştığını varsaydığımızda, i oyuncusu en düşük kaybı veren stratejiyi seçecektir. F oyununda her oyuncunun hareket kümesi A_i ve fayda fonksiyonu u_i (1.3)'de gösterildiği gibi tanımlanmaktadır.

$$\min_{a_{-i} \in A_{-i}} \max_{a_i \in A_i} u_i(a_i, a_{-i}) \tag{1.3}$$

Aynı zamanda maksimin ve minimaks prensibi sonucunda oluşan değerler oyunun optimal değerinin sınırları göstermektedir.

$$\text{Maksimin değer} \leq \text{Optimal değer} \leq \text{Minimaks değer} \tag{1.4}$$

1.4.1.4.İki Kişili Sıfır Toplamlı Oyunlar

Oyuncu sayısının iki olduğu bir oyuncunun kazancının diğer oyuncunun kaybına eşit olduğu oyunlara iki kişili sıfır toplamlı oyunlar denir. Bu tip oyunların sonucunda yalnızca üç sonuç oluşabilir; kazanmak, kaybetmek ya da oyundan çekilmek. Aynı anda iki oyuncunun kazanması ya da kaybetmesi mümkün değildir. Bir futbol karşılaşmasında olduğu gibi takımlar ya kazanırlar ya kaybederler ya da berabere kalırlar.

İki kişili sıfır toplamlı oyunlarda bir oyuncunun kazancı diğer oyuncunun kaybına eşit olduğundan kazançlar matrisi basite indirgenerek Tablo 1.6.'da olduğu gibi ifade edilir. Yani stratejilerin kazançlarını ifade etmek için her oyuncunun kazanç/kayıpları yazılmaz, bunun yerine bir oyuncunun kazancı diğer oyuncunun kaybına eşit olduğundan kazanç matrisi pozitif ya da negatif değerlerle ifade edilir.

Tablo 1.6. İki kişili sıfır toplamlı oyunların kazanç matrisi gösterimi

$$
\begin{array}{c}
 \\ A_1 \\ A_2 \\ . \\ . \\ A_m
\end{array}
\begin{array}{cccc}
B_1 & B_2 & \ldots & B_n \\
\left\{\begin{array}{c} a_{11} \\ a_{21} \\ \ldots \\ \ldots \\ a_{m1} \end{array}\right. &
\begin{array}{c} a_{12} \\ a_{22} \\ \ldots \\ \ldots \\ a_{m2} \end{array} &
\begin{array}{c} \ldots \\ \ldots \\ \ldots \\ \ldots \\ \ldots \end{array} &
\left.\begin{array}{c} a_{1n} \\ a_{2n} \\ \ldots \\ \ldots \\ a_{mn} \end{array}\right\}
\end{array}
$$

İki kişili sıfır toplamlı bir oyunda maksimin ve minimaks prensibinin uygulanarak çözümünü incelemek istediğimizde Tablo 1.7.'de verilen iki oyunculu ve üç stratejili bir oyunun kazançlar matrisi gösterilmiştir.

Tablo 1.7. İki oyunculu, üç stratejili kazanç matrisi

	B_1	B_2	B_3		
A_1	-2	1	10	-2	
A_2	-1	2	0	-1	Maksimin
A_3	-8	0	-15	-15	
	-1	2	0		
	Minimaks				

Bu kazanç matrisi göz önüne alındığında, 1. oyuncu maksimin prensibine göre A_1 stratejisini seçerse elde edebileceği en kötü sonuç -2, A_2 stratejisini seçerse -1, A_3 stratejisini seçerse -15'dir. Bu sonuçlardan (-2,-1,-15) en iyi sonuçta -1'dir. Kazançlar matrisi 1.oyuncu için verildiğinden 2. oyuncu minimaks prensibine göre B_1 stratejisini seçerse elde edebileceği en iyi sonuç -1, B_2 stratejisini seçerse 2, B_3 stratejisini seçerse 0'dır. Bu sonuçlardan (-1,2,0) en kötü sonuçta -1'dir. Sonuçta iki oyuncu için (A_2,B_1) stratejileri optimal sonuç verecektir.

1.4.1.4.1 Eyer (Denge) Noktası ve Oyunun Değeri

Maksimin, minimaks prensiplerinin sıfır toplamlı oyunlarda uygulamalarında ortaya çıkan optimal sonuç oyunun eyer (denge) noktası olarak tanımlanmaktadır. Oyunun değeri oyuncuların oyunun sonunda birbirlerine yapacakları ödeme miktarını gösterir ve " $\underline{v}$ " ile gösterilir. Kazançlar matrisinde 1. oyuncu için bulunan maksimin değerinin 2. oyuncu için bulunan minimaks değerinin birbirine eşit olması oyunun eyer noktasının olduğu anlamına gelir.

$$\text{Maksimin değer} = \underline{v} = \text{Minimaks değer} \tag{1.5}$$

Bir oyunun eyer noktasının bulunması oyunun dengede olduğunu gösterir. Bu eyer noktası oyunun denge noktasıdır ve oyuncular için en iyi strateji kümesini verir. Yani oyuncular başka hiçbir stratejiyi seçerek daha iyi bir sonucu garanti edemezler.

1.4.1.5. Nash Dengesi

Oyunlarda rasyonellik kavramı gereği oyuncuların hem kendi faydalarını hem de bu faydayı maksimum yapabilmek için diğer oyuncuların davranışlarını düşünecekleri aşikardır. Rakibinin stratejileri veri iken, her oyuncunun yapabileceğinin en iyisini yaptığına ilişkin oluşturulan strateji setine denge denmektedir (Hücümen, 2007). Oyun teorisinde kullanılan denge kavramı John Nash tarafından geliştirilmiş Nash dengesidir.

Matematiksel gösterimle $G = \{N, (S_i), (u_i)\}$ bir oyunda eğer her i oyuncusunun s_i^* stratejisi diğer (n-1) oyuncunun $(s_1^*,\ldots,s_{i-1}^*,\ s_{i+1}^*,\ldots,s_n^*)$ stratejilerine en iyi tepkisi ise $s^* = (s_1^*,\ldots,s_n^*)$ stratejisi (1.6)'da gösterildiği gibi Nash dengesidir (Yılmaz, 2012; Gibbons, 1992).

$$u_i\,(s_i^*, s_{-i}^*) \geq u_i\,(s_i^*, s_{-i}^*),\ \forall i \in N,\ \forall s_i \in S_i \tag{1.6}$$

Burada s_i^*, i oyuncusunun faydasını maksimize eden değer (1.7)'de gösterildiği gibidir.

$$s_i^* = \max_{s_i \in S_i}\ u_i\,(s_1^*,\ldots,s_{i-1}^*, s_i, s_{i+1}^*,\ldots,s_n^*) \tag{1.7}$$

Nash dengesi mahkum stratejileri belirlenmiş, kazanç matrisinden bu stratejiler çıkarılmış ve makul stratejilerle oluşturulmuş kazanç matrisi üzerinde uygulanmaktadır. Bir oyuncu diğer oyuncuların hangi stratejiyi seçeceğini tahmin ederek kendi stratejisini belirlemektedir (Osborne, 2000; Osborne ve Ariel, 1994). Tüm oyuncular için bu tahmin yöntemiyle belirlenen stratejiler arasında çakışan stratejiler oyunun Nash dengesini oluşturmaktadır.

Tablo 1.8.'de Mahkumlar çıkması oyununun stratejileri incelendiğinde, 1. oyuncu E stratejisini seçtiğinde 2. oyuncu H stratejisi seçecek, 1. oyuncu H stratejisini seçtiğinde 2. oyuncu yine H stratejisini seçecektir. Aynı şekilde 2. oyuncu E stratejisini seçtiğinde 1. oyuncu H stratejisini 2. oyuncu H stratejisi seçtiğinde 1. oyuncu H stratejisi seçecektir. Tablo 3.5.'te görüldüğü gibi çakışan stratejiler 2 oyuncunun da itiraf etmesinin Nash dengesinin oluştuğu strateji olmaktadır. Aynı zamanda itiraf et stratejisi baskın stratejidir.

Tablo 1.8. Mahkumlar çıkmazı

	itiraf etme (E)	itiraf et (H)
itiraf etme (E)	-2,-2	-5,-1
itiraf et (H)	-1,-5	-4,-4

Nash dengesi Mahkumlar Çıkmazı oyununda olduğu gibi tek bir strateji de oluşabilir. Bazı oyunlarda birden fazla stratejide Nash dengesi kurulabilir. Hatta bazı oyunlarda Nash dengesi oluşmayabilir. Kazanç matrisi nxn boyutlu bir oyun için en az 0 en çok n^2 Nash dengesi oluşur.

1.4.1.5.1.Nash Dengesi Uygulamaları

Sürekli eliminasyon yönteminin iktisadi problemlerde çözüme ulaştırma olasılığı düşük olduğundan Nash dengesi bu problemlerde daha uygulanabilir olmaktadır. Nash dengesi birçok probleme uygulanabilme özelliğine sahiptir. Ekonomi problemlerinde uygulamaları hem dikkat çekici hem de diğer bilim dalları için yol göstericidir. Bu bölümde bazı iktisadi uygulamalar irdelenecektir.

1.4.1.5.2.Ortak Mülkiyet Uygulaması

Bir bölgede yaşayan çiftçiler koyun beslemek ya da beslememek kararı vereceklerdir. Bir koyun beslemenin faydası 1 birimken bunun çevreye zararı tüm çiftçiler tarafından paylaşılmakta ve 5 birimdir. N sayıda çiftçi için S_i =(0,1) stratejisi için fayda fonksiyonu (1.8)'de olduğu gibi tanımlanmaktadır (Yılmaz, 2012).

$$u_i\,(s_1,\ldots,s_n) = s_i - \frac{5}{n}\sum_{j=1}^{n} s_j = \frac{n-5}{n}\,s_i - \frac{5}{n}\sum_{j\neq 1}^{n} s_j \qquad (1.8)$$

Bu fonksiyona bağlı olarak çiftçilerin karar vermelerinde çiftçi sayısı önem arz etmektedir. Çiftçi sayısının 5'ten az olması durumunda fayda fonksiyonu (1.9)'da olduğu tanımlanır.

$$u_i\,(1,s_{-i}) = \frac{n-5}{n}\,s_i - \frac{5}{n}\sum_{j\neq 1}^{n} s_j \text{ ve } u_i\,(0,s_{-i}) = -\frac{5}{n}\sum_{j\neq 1}^{n} s_j \qquad (1.9)$$

Bu fayda fonksiyonuna göre n < 5 olduğundan dolayı ($\frac{n-5}{n}$) < 0 olur ve fayda fonksiyonu u_i (0,s_{-i}) > u_i (1,s_{-i}) olduğundan optimum strateji (0,0,…,0) yani kimsenin koyun beslemediği strateji Nash dengesini oluşturur. Çiftçi sayınsın 5 olması durumunda fayda fonksiyonu (1.10)'da olduğu gibi tanımlanmaktadır.

$$u_i\,(1,s_{-i}) = -\frac{5}{n}\sum_{j\neq 1}^{n} s_j \text{ ve } u_i\,(0,s_{-i}) = -\frac{5}{n}\sum_{j\neq 1}^{n} s_j \qquad (1.10)$$

Bu fayda fonksiyonuna göre u_i (0,s_{-i}) = u_i (1,s_{-i}) olduğundan tüm stratejiler Nash dengesini oluşturmaktadır. Yani çiftçiler için koyun yetiştirmekle yetiştirmemek arasında fark yoktur. Çiftçi sayısının 5'ten büyük olması durumunda Fayda fonksiyonu (1.11)'de olduğu gibi tanımlanmaktadır.

$$u_i\,(1,s_{-i}) = \frac{n-5}{n} - \frac{5}{n}\sum_{j\neq 1}^{n} s_j \text{ ve } u_i\,(0,s_{-i}) = -\frac{5}{n}\sum_{j=1}^{n} s_j \qquad (1.11)$$

Bu fayda fonksiyonuna göre u_i (0,s_{-i}) < u_i (1,s_{-i}) olduğundan optimum strateji (1,1,…,1) yani tüm çiftçilerin koyun beslediği strateji Nash dengesini oluşturur.

1.4.1.5.3.Rant Arama Davranışı

Sabit ve belirli bir miktarda R rantının paylaşılmasında i ve j şirketleri rekabet halindedirler. Bu R rantını elde etmek için reklam yapmak yani harcama yapmak zorundadırlar. Reklam maliyetleri arttıracaktır ancak aynı zamanda ranttan alacakları payı da arttıracaktır. Ranttan i şirketinin aldığı pay s_i (1.12)'de olduğu gibi tanımlanmaktadır.

$$s_i = \frac{x_i}{x_i + x_j} \tag{1.12}$$

Her şirketin alacağı pay kendi harcaması ile doğru diğer şirketin harcaması ile ters orantılıdır. Paylaşılan ranttan hareketle her i şirketinin elde ettiği kar (1.13)'te görüldüğü üzere, ranttan aldığı miktar eksi yaptığı harcamadır (Yılmaz, 2012).

$$\pi_i = s_i R - x_i = \frac{x_i}{x_i + x_j} R - x_i \tag{1.13}$$

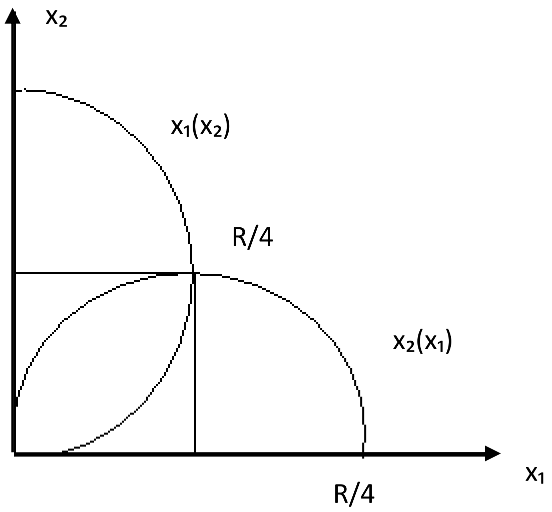
Kar fonksiyonuna göre i şirketinin en iyi tepki fonksiyonunu bulmak için (1.13)'teki kar fonksiyonunun x_i harcama düzeyine göre türevini alıp sıfıra eşitlediğimizde (1.14)'teki fonksiyonu elde ederiz.

$$\frac{\partial \pi_i}{\partial x_i} = \left(\frac{(xi + xj) - xi}{(xi + xj)^2} \right) R - 1 = 0$$

$$(x_i + x_j)^2 = x_j R$$

$$x_i = \sqrt{x_j R} - x_j \tag{1.14}$$

Aynı şekilde j şirketi içinde en iyi tepki fonksiyonu elde edildiğinde Şekil 1.1'deki i ve j şirketlerinin harcama düzeyleri görülmektedir.



Şekil 1.1. i ve j şirketlerinin en iyi tepki fonksiyonları

Nash dengesi (1.15)'te olduğu gibi elde edilmiştir.

$$x = \sqrt{xR} - x \quad \Rightarrow \quad x = R/4 \tag{1.15}$$

Şirketlerin R rantını elde etmeleri için (1.15)'teki fonksiyondan anlaşıldığı üzere R/4 harcama yapmaları gerekmektedir. İki firmanın da R/4 harcama yapması toplamda R/2 harcama yapılacağı anlamına gelmektedir. Bu aslında sosyal kayıp olarak ifade edilebilir. Şirket sayısının artması durumunda sosyal kayıpta artacağından bu rekabet sosyal açıdan etkin olmayan bir sonuç yaratmaktadır (Yılmaz, 2012).

1.4.1.5.4.Cournet Rekabet Modeli

Rekabet ortamında iki ve daha fazla rakibin kendi aralarında stratejik etkileşimine oligopol denir. Oligopol piyasalarda birbirlerini etkileyebilecek sayıda şirket ve sonsuz sayıda alıcı vardır. Şirketlerin birbirini etkileyecek olması oligopol piyasaların oyun teorisi uygulamalarına konu olmasını sağlar.

Şirketler arası etkileşim 1838 yılında ilk defa Cournet tarafından irdelenmiştir. Oyun teorisiyle oligopol piyasalar arasındaki bağlantı 1944 yılında Leonard tarafından yapılan bir çalışmayla kurulmuş ve böylece Cournet Rekabet Modeli ekonomik analizlerde sıklıkla kullanılmaya başlamıştır (Gibbons, 1992; Yılmaz, 2012).

Cournet rekabet modeli şirketlerin ürettiği ürün miktarını esas alan bir modeldir. Bu rekabet ortamında n sayıda firma tarafından bir ürün üretilmektedir. Her i firması için q_i ürünün maliyeti $C_i(q_i)$'dir. Üretilen ürün tek bir fiyata satılmakta ve toplam üretilen ürün miktarı artarsa ürünün satış fiyatı azalmaktadır. Toplam çıktı düzeyi $Q=q_1+q_2+\ldots+q_n$ ve piyasa fiyatı p(Q) olarak tanımlanmaktadır. Fiyat düzeyi $p(q_1+q_2+\ldots+q_n)$ olarak oluşmakta ve bir i firmasının geliri $q_i\ p(q_1+q_2+\ldots+q_n)$ olmaktadır. Böylece i firmasının karı $q_i\ p(q_1+q_2+\ldots+q_n)$- $C_i(q_i)$ olarak hesaplanmaktadır. Bu bakış açısına Cournet rekabet modeli denilmektedir.

Oyunda iki firmanın olduğunu, firmaların maliyetlerinin sabit ve talep fonksiyonunda lineer olduğu varsayımı altında her firmanın maliyet fonksiyonu simetrik $C_i(q_i)=cq_i$ ve $c \geq 0$ şeklindedir. Talep fonksiyonu (1.16)'da olduğu gibi tanımlanmaktadır.

$$p(Q)= \begin{cases} \alpha\text{-}Q & \text{eğer } Q \leq \alpha \\ 0 & \text{eğer } Q > 0 \end{cases} \tag{1.16}$$

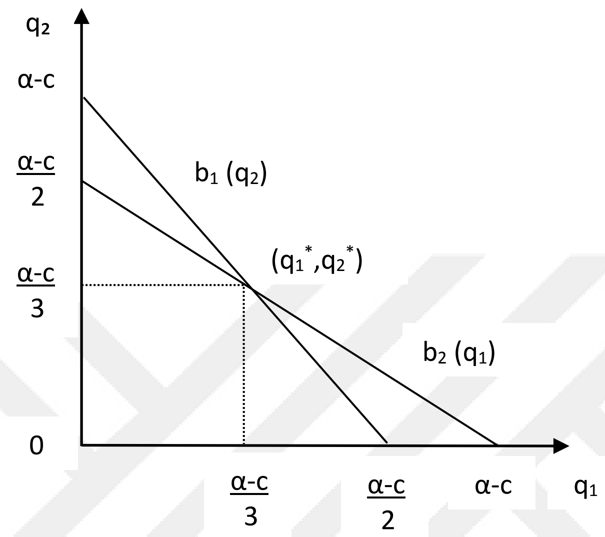
Bu modelde Nash dengesine ulaşabilmek için birinci firmanın kar fonksiyonu (1.17)'de olduğu gibi bulunmaktadır.

$$\pi_1\ (q_1,q_2) = \begin{cases} q_1(\alpha\text{-}q_1\text{-}q_2\text{-}c) & \text{eğer } q_1+q_2 \leq \alpha \\ -cq_1 & \text{eğer } q_1+q_2 > \alpha \end{cases} \tag{1.17}$$

Birinci firmanın karını hesaplayabilmek için ilk önce ikinci firmanın q_2 değeri için kendi q_1 üretim değerini belirleyecek en iyi tepki fonksiyonu bulunmalıdır (Çevikkan, 2010). Birinci firmanın en iyi tepki fonksiyonu, kendi kar fonksiyonunun q_1'e göre kendi birinci koşulundan (1.18)'de bulunmuştur (Yılmaz, 2012).

$$b_1(q_2) = \begin{cases} \tfrac{1}{2}\ (\alpha\text{-}c\text{-}q_2) & \text{eğer } q_2 \leq \alpha\text{-}c \\ 0 & \text{eğer } q_2 > \alpha\text{-}c \end{cases} \tag{1.18}$$

Bu fonksiyondan ikinci firmanın çıktı düzeyi arttıkça birinci firmanın karının azaldığı görülmektedir. İkinci firma içinde aynı şekilde birinci firmanın çıktı düzeyi arttıkça karının azalacağı söylenebilir. İki firmanın en iyi tepki fonksiyonları Şekil 1.2'de görülmektedir.



Şekil 1.2. Cournet rekabet modelinde firmaların en iyi tepki fonksiyonları

Cournet –Nash dengesi bulmak için tepki fonksiyonlarının kesiştiği noktalar olan q_1 ve q_2 üretim miktarları (1.19)'da denklemler elde edilmiştir.

$q_1 = \quad \frac{1}{2}(\alpha\text{-}c\text{-}q_2)$

$q_2 = \quad \frac{1}{2}(\alpha\text{-}c\text{-}q_1)$ (1.19)

Bu denklemlerin aynı anda çözülmesiyle $q_1=q_2=1/3\ (\alpha\text{-}c)$ noktasının Nash dengesi olduğu görülmektedir.

1.4.1.5.1.4.Bertrand Rekabet Modeli

Bertnard piyasa dengesi için fiyat üzerinden bir model tanımlamıştır ve literatürde bu model Bertnard-Nash dengesi olarak anılmaktadır. Cournet modeline benzemesinin yanı sıra değişken olarak fiyatı kullanmasıyla Cournet modelinden ayrılmaktadır. Ayrıca Bertnard rekabet modeli 1883 yılındaki araştırmalar sonucunda ortaya çıkmıştır.

Stratejik değişkenin şirketlerin ürünleri için belirledikleri ücret olarak kabul eden model Bertrand rekabet modelidir (Bekar, 2008).

Tek bir ürünün n sayıda üretici tarafından üretildiği Bertnard rekabet modelinde, her i firmasının maliyeti $C_i(q_i)$'dir. Piyasa şartlarında alıcılar en düşük fiyatı veren firmayı tercih edeceklerdir. Eğer en düşük fiyatı veren firma sayısı birden çok ise bu firmalar piyasayı eşit şekilde paylaşacaklardır. Ürünün fiyatı p ise toplam talep Q(p) olacaktır. Eğer i firması en düşün fiyatı uygulayan m tane firmadan birisi ise i firmasının kar fonksiyonu (1.20)'de olduğu gibi tanımlanmaktadır.

$$\pi_i = p_i Q(p_i)/m - C(Q(p_i)/m) \qquad (1.20)$$

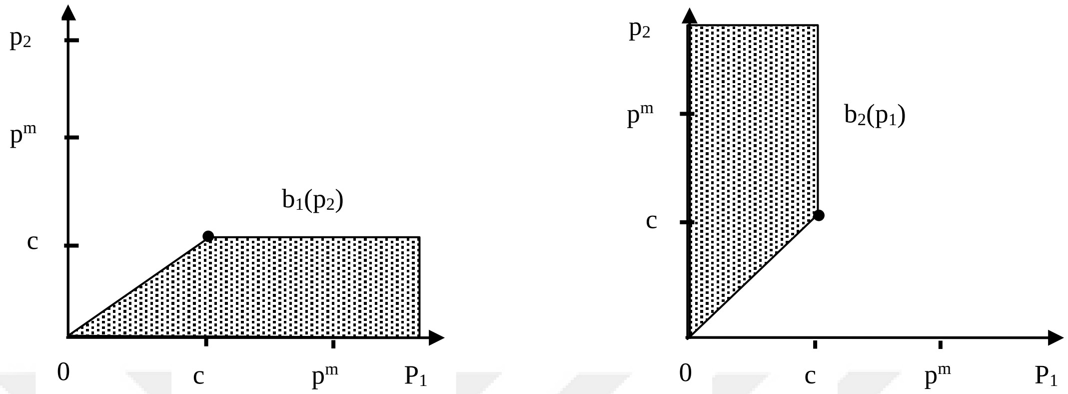
Oyunda iki firmanın olduğunu, talebin lineer ve maliyetin sabit marjinal (c) olduğu varsayımı altında her firmanın maliyet fonksiyonu $C_i(q_i)=cq_i$, talep fonksiyonu $p\leq\alpha$ için $Q(p)=\alpha-p$ ve $p>\alpha$ için $Q(p)=0$'dır. Üretim maliyeti sabit varsayımından i firması her birim için p_i-c kar edecektir. Firmanın kar fonksiyonu (1.21)'de olduğu gibi tanımlanmaktadır.

$$\pi_i(q_1,q_2) = \begin{cases} (p_i-c)(\alpha-p_i) & \text{eğer } p_i<p_j \\ ½(p_i-c)(\alpha-p_i) & \text{eğer } p_i=p_j \\ 0 & \text{eğer } p_i>p_j \end{cases} \qquad (1.21)$$

Fiyatın strateji değişkeni olmasından dolayı i ve j firmalarının uygulayacakları fiyatın en düşük fiyat olup olmamasına göre (1.22)'de oluşan en iyi tepki fonksiyonu gösterilmektedir.

$$b(p_j) = \begin{cases} \{p_i : p_i>p_j\} & \text{eğer } p_i<c \\ \{p_i : p_i\geq p_j\} & \text{eğer } p_i=c \\ \varnothing & \text{eğer } c<p_j\leq p_m \\ \{p_m\} & \text{eğer } p_i>p_m \end{cases} \qquad (1.22)$$

Bu en iyi tepki fonksiyonları Şekil 1.3'te gösterilmektedir. İki firmanın en iyi tepki fonksiyonlarının kesiştiği tek nokta (c,c) noktasıdır. Yani Bertnard-Nash denge noktası (c,c) noktasıdır ve eğer bir firma c fiyatını uygularsa diğer firma c fiyattan başka bir fiyat tercih edemez (Yılmaz, 2012).



Şekil 1.3. Bertnard modelinde en iyi tepki fonksiyonları

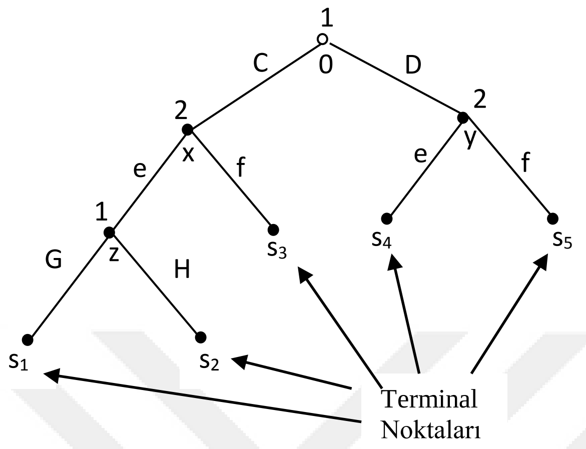
1.4.2.Tam Bilgili Dinamik Oyunlar

Dinamik oyunlar oyuncuların hareketleri ardısal olarak yani sırasıyla yaptıkları oyunlardır. Tam bilgili dinamik oyunlarda oyuncular oyunun yapısı hakkında tam bilgiye sahip, her stratejinin sonuçları tanımlanmış ve oyuncular tarafından bilinmekte ve oyuncular hareket sırası geldiğinde diğer oyuncunun yaptığı hareketi görebilmektedirler. Bu tür oyunlara genişleyen biçimli gösterim veya ağaç oyunu da denilmektedir (Myerson, 1991; Yılmaz, 2012).

Piyasadaki firmalar arasındaki pazarlık süreçlerini dinamik oyunlar mantığı ile incelemek mümkündür. Her firma, ilk olarak rakibinin kullandığı stratejiyi inceler ve bu strateji karşısında en iyi stratejisi ile rakip firmaya karşılık vermeye çalışır (Çevikkan, 2010).

Statik oyunlarda oyuncular diğer oyuncuların hareketini görememekte yani eş zamanlı olarak hareket etmekteydi ve buda oyuncunun stratejisini belirlemekteydi. Dinamik oyunlarda ise diğer oyuncuyu gözlemleme şansı olduğundan oyun anında tüm olası hareketlere karşı strateji belirlenmektedir.

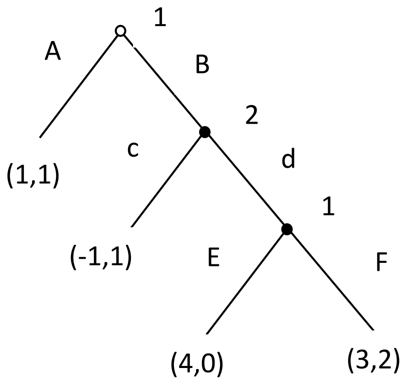
Statik oyunlarda matris gösterimi (kazançlar matrisi) kullanılırken dinamik oyunlarda matris gösterim elverişli olmadığından ağaç gösterim kullanılmaktadır. Bir ağaç gösterimi başlangıç noktası ile başlar ve dallar halinde genişler. Her dal bir hareketi temsil eder. Dallar arasındaki noktalar karar noktalarıdır ve her karar noktasından bir diğer karar noktasına tek dal vardır. Oyunda son dalın ucuna gelindiğinde oyun biter. Şekil 1.4.'te görüldüğü gibi döngüler yoktur.



Şekil 1.4. Ağaç gösterim

Birinci oyuncu 0 noktasından oyuna başlar. Bu karar noktasında birinci oyuncunun iki hareketi vardır ve hareket kümesi A(0)={C,D}'dir. Birinci oyuncu hareketini seçtikten sonra hareket sırası ikinci oyuncuya geçer. Birinci oyuncu C hareketini seçerse ikinci oyuncu x karar noktasında, D hareketini seçerse y karar noktasında olur. İkinci oyuncu hem x hem y karar noktasında iki harekete sahiptir. İkinci oyuncunun hareket kümesi A(x)=A(y)={e,f}'dir. İkinci oyuncu karar kümesinden hareketini seçtikten sonra sıra yeniden birinci oyuncuya gelir. İkinci oyuncu x karar noktasında e hareketini seçerse ikinci oyuncu z karar noktasına gelir ve karar kümesi A(z)={G,H} olur. Ancak ikinci oyuncu x karar noktasında f hareketini, y karar noktasında e veya f hareketini seçerse birinci oyuncuya sıra gelmeden oyun biter.

Oyuncuların yapabilecekleri hareketlerin kümesine strateji denmektedir. Şekil 1.5.'te gösterilen genişleyen biçimli (ağaç gösterim) oyununun da iki oyuncu vardır.



Şekil 1.5. Genişleyen biçimli oyun

Oyuncuların hareket yapmak üzere bulundukları tüm noktalara ve oyun bitiş noktalarına tarih denilmektedir. Bu oyunda yedi tarih bulunmaktadır (1.23).

$$\{(0), (A), (B), (B,c), (B,d), (B,d,E), (B,d,F)\} \tag{1.23}$$

Birinci oyuncunun karar noktalarındaki hareket kümeleri {A,B} ve {E,F}'dir. İkinci oyuncunun bilgi kümesi ise {c,d}'dir. Bu oyunda oyunun bittiği dört terminal tarih bulunmaktadır (1.24).

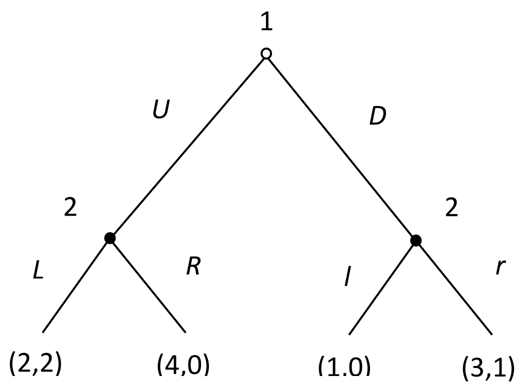
$$Z = \{A, (B,c), (B,d,E), (B,d,F)\} \tag{1.24}$$

Strateji bütüncül bir koşullu hareket planı olduğundan her bilgi kümesindeki hareketleri belirtmek zorundadır (Yılmaz, 2012). Her iki oyuncu için bu şekilde oluşturulan strateji kümesi (1.25)'te gösterilmiştir.

$$\begin{aligned} S_1 &= \{(A,E), (A,F), (B,E), (B,F)\} \\ S_2 &= \{c,d\} \end{aligned} \tag{1.25}$$

Genişleyen biçimli bir oyunu stratejik biçimli bir oyuna dönüştürmek analiz yapmak için gereklidir. Dinamik oyunların gösterimi için ağaç gösterim kullanılsa da analiz yaparak çözüme ulaşmak için matris gösterim yapmak zorundayız. Bunun için öncelikle oyuncuların hareket kümeleri tespit edilir, hareket kümelerinden strateji profilleri elde edilir. Strateji profilinden beklenen sonuçlar bulunarak matris gösterim çizilir.

Şekil 1.6.'daki genişleyen biçimli oyunda iki oyuncu bulunmaktadır.



Şekil 1.6. Genişleyen biçimli iki oyunculu oyun örneği

Birinci oyuncunun hareket kümesi A_1={U,D}'dir. Birinci oyuncu başka bir karar noktasına sahip olmadığından strateji kümesi S_1={U,D}'dir. Birinci oyuncunun hareketine göre ikinci oyuncunun iki farklı hareket kümesi vardır. Birinci oyuncunun U ve D hareketine göre A_2(U)={L,R} ve A_2(D)={l,r} hareket kümeleri oluşmaktadır. Bu hareket kümelerine göre oluşan strateji kümesi S_2={(L,l), (L,r), (R,l), (R,r)}'dir. Birinci ve ikinci oyuncunun strateji profili (1.26)'da gösterilmiştir.

$$S = S_1 \times S_2 = \left\{ \begin{array}{l} (U,(L,l)),\ (U,(L,r)),\ (U,(R,l)),\ (U,(R,r)) \\ (D,(L,l)),\ (D,(L,r)),\ (D,(R,l)),\ (D,(R,r)) \end{array} \right\} \qquad (1.26)$$

Strateji profillerinin sonuçlarına göre oluşturulan kazançlar matrisi Tablo 1.9.'da gösterilmiştir.

Tablo 1.9. Kazançlar Matrisi

	(L,l)	(L,r)	(R,l)	(R,r)
U	2,2	2,2	4,0	4,0
D	1,0	3,1	1,0	3,1

1.4.2.1.Genişleyen Biçimli Oyunlarda Denge

Genişleyen biçimli oyunlarda oyuncular kendilerine sıra geldiğinde daha önce yapılmış tüm hareketler hakkında tam bilgiye sahiptirler. Statik oyunlarda tam bilgiye sahip olmasına rağmen, tam bilgili dinamik oyunlarda oyunun dengesi farklı iki yöntemle bulunmaktadır. Bu yöntemler geriye doğru çıkarsama yöntemi ve alt oyun mükemmel denge yöntemidir.

1.4.2.2.Geriye Doğru Çıkarsama Yöntemi

Genişleyen biçimli oyunlarda en alttaki karar noktasından hareketlerin sonuçlarını analiz eden yönteme geriye doğru çıkarsama yöntemi denilmektedir. Bu yöntemde stratejiler oluşturulmadan önce hareketler analiz edilir. En alttaki karar noktasından başlayarak geriye doğru karar noktaları analiz edilerek başlangıç noktasına varılır. İncelenen karar noktalarındaki optimal olmayan hareketler çıkarılarak her adımda yeni oyun ağaçları çizilir. Son durumda yani oyunun başlangıç noktasında kalan hareketlerden optimal olan hareket oyunun Nash dengesini verir.

1.4.2.3.Altoyun Mükemmel Denge

Genişleyen biçimli oyunlarda oyuncular hareketleri ardısal olarak yapmaktadır. Bu şekilde bir oyuncunun hareketi diğer oyuncuların hareketi için bir ayrım olmaktadır. Birçok oyunda geriye doğru çıkarsama yöntemi kullanılsa da bazı oyunlarda özellikle önce oynayan oyuncuların diğer oyuncuların hareketlerini tamamıyla etkilediği oyunlarda altoyun mükemmel denge yöntemi Nash dengesini bulurken daha anlaşılır olmaktadır.

Her karar noktası bir altoyun olarak tanımlanır. Bir alt oyun her oyuncunun hareket kümesindeki tek bir karar noktasından başlayıp tüm takip eden karar noktalarını da içerir (Yılmaz, 2012). Yani altoyun tüm oyunun küçük parçalarıdır. Her alt oyun için denge noktaları bulunarak analiz yapılır. Bulunan denge noktalarından oluşan stratejilere alt oyun mükemmel denge stratejileri denir. Altoyun mükemmel dengelerin tüm oyunda analiz edilmesiyle oyunun Nash dengesine ulaşılır.

1.4.3.Eksik Bilgili Statik Oyunlar

Oyuncuların diğer oyuncuların tipleri ve fayda fonksiyonları konusunda tam bilgiye sahip olamadıkları ve hareketlerin eş zamanlı olarak oynandığı oyunlara eksik bilgili statik oyunlar denir. Literatürde bu tür oyunlar bayesyen oyunlar olarak nitelendirilmektedir.

Bayesyen oyunlara finansal problemlerde ve günlük hayatta sıkça rastlanmaktadır. Bu tür oyunlarda oyuncular diğer oyuncuların stratejileri hakkında tam bilgiye sahip olmadığından geçmiş veriler ve gelecek tahminleriyle strateji belirlemeye çalışırlar. Örneğin; firmalar birbirlerinin teknoloji yapıları ve maliyet fiyatlarını bilmeyebilirler, ihalelerde teklif edilen değerleri bilmeyebilirler, piyasanın yapısı hakkında tam bilgiye sahip olmayabilirler. Bu tür belirsizlik ortamlarında tahminlerle farklı oyunlar tanımlanır.

1.4.3.1.Bayesyen Nash Dengesi

Statik bayesyen oyunlarda eksik bilgiye dayalı olarak tahmin yürüten oyuncu farklı stratejiler kurar. Yani i oyuncusu sadece kendi fayda düzeyi hakkında değil diğer oyuncuların fayda düzeyi hakkında da tahminde bulunur. Bayes kuralı bir oyuncunun A olayının gerçekleşmesine dair tahminini B'yi gözlemleyerek tahmin eder. Oyunun başında yapılan tahminler alınan verilere göre güncelleştirilebilir. Bu şekilde A ve B olayının olasılıkları birbiri ile ilişkilendirilir. Bu şekilde B olayına göre A olayının tahmin edilen olasılığı p (A \ B), A olayının olasılığı p (A), A olayına göre B olayının tahmin edilen olasılığı p (B \ A) ve B olayının olasılığı p(B)'dir. Olasılıkların ilişkilendirilmesi ve bayes kuralı (1.27)'de gösterilmiştir.

$$p\,(A_i \setminus B) = \frac{p\,(B \setminus A_i)\, p(A_i)}{\Sigma_j\, p(B \setminus A_j)\quad p(A_j)} \qquad (1.27)$$

Bayes kuralıyla Oyuncuların oluşturdukları strateji bir hareket planıdır. Statik Bayesyen oyun i oyuncusunun tahmin ettiği tüm stratejilerin her biri için bir hareket belirler (Yılmaz, 2012). Bayesyen Nash dengesi her oyuncunun stratejisi diğer oyuncuların stratejilere verilen en iyi tepkidir. N sayıda oyuncunun olduğu bir oyunda Nash dengesi karma bir strateji gerektirecektir.

1.4.4.Eksik Bilgili Dinamik Oyunlar

Eksik bilgili dinamik oyunlarda oyuncular diğer oyuncuların (tamamının veya bir kısmının) daha önce seçmiş oldukları hareketlerini ve özel durumlar karşısındaki davranışlarını bilmezler. Bu yüzden oyuncular hareketlerini seçerken bilinmeyen parametreler hakkında beklentiler oluştururlar. Bu beklentiler sadece oyuncuların denge stratejilerinden türetilmez, çünkü oyuncuların her zaman denge davranışını yapacak tutarlılıkta olmadıkları kabul edilir. Oyuncuların beklentileri gelecekteki davranış tahminleriyle birlikte geçmiş olaylarla ilişkilendirilir (Yılmaz, 2012).

Eksik bilgili dinamik oyunların en göze çarpan örnekleri sinyalleme oyunlarıdır. Bu oyunda iki oyuncu bulunmaktadır. Bir oyuncu tam bilgiye sahipken, diğer oyuncu eksik bilgiye sahiptir. Tam bilgiye sahip olan oyuncu gönderici, eksik bilgiye sahip olan oyuncu alıcıdır. Oyun içerisinde gönderici alıcıya bilgi sağlamaktadır. Örneğin bir malın satışı sırasında malı satan firma tam bilgiye sahiptir. Satın alacak kişi ise eksik bilgilidir. Firma alıcıya istediği bilgileri vererek alıcının bilgilenmesini sağlar. Bu bilgilendirme sinyalleme olarak tanımlanmaktadır.

Rekabet koşullarında eksik bilgiye sahip oyuncuların oyuna girmemesi beklenmektedir. Ancak risk almak zorunda olduklarından eksik bilgiyle oyuna girerler. Oyun başladıktan sonra genellikle ilk hareketi yapan göndericidir. Gönderdiği sinyale göre alıcı hareketini belirlemektedir. Her karar noktası aslında bir sinyalleme noktasıdır. Bu sinyallere göre oyuncular fayda düzeylerini belirleyerek oyuna devam ederler. Oyuna Nash denge noktalarıyla devam edilmek zorundadır çünkü Nash denge noktaları her karar noktasının optimal hareketidir.

1.5.Oyun Teorisi Ve Doğrusal Programlama

Doğrusal programlama, sınırlandırılmış kaynakların kullanılarak optimal hedefe ulaşmak için tasarlanmış matematiksel modelleme yöntemidir. Oyun teorisinde de optimal hedef gözetilerek en doğru hareketlerin seçilmesi gerektiği düşünüldüğünde doğrusal programlama ile oyun teorisi yönteminin çok sıkı ilişki içinde olduğu anlaşılmaktadır.

Doğrusal programlamanın cebirsel çözüm yöntemi 1947 yılında George Dantzig tarafından geliştirilen simpleks yöntemidir. Oyun teorisinin kurucularından Neumann tarafından simpleks yöntemi oyun teorisi yöntemiyle ilişkilendirilmiştir. Böylelikle oyun teorisinin optimal sonuç aramada kullanılabilecek çözüm yöntemlerinden biride doğrusal programlama olmuştur.

Oyun teorisinde kazanç matrisi kullanılabilecek yöntemlerle 2Xn yada nX2 boyutuna indirilemiyor ve mXn boyutunda görülüyorsa doğrusal programlama kullanılmaktadır. Bu amaçla oyunun doğrusal programlamaya uygun olarak modellenmesi gerekmektedir (Cinemre, 2004).

Tablo 1.10. Kazanç matrisi gösterimi

$$\begin{array}{cc} & \begin{array}{cccc} B_1 & B_2 & \dots & B_n \end{array} \\ \begin{array}{c} A_1 \\ A_2 \\ . \\ . \\ A_m \end{array} & \left\{ \begin{array}{cccc} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{array} \right\} \end{array}$$

Tablo 1.10'da gösterilen kazanç matrisinde optimal (maksimum yada minimum) sonuç "v"nin pozitif olduğu kabul edilmelidir. Eğer kazanç matrisinde negatif değerler var ise tüm a_{ij} değerlerine "k" sabit bir sayısı eklenerek kazanç matrisinin pozitif olması sağlanmalıdır. Optimal sonuç bulunduktan sonra oyunun gerçek değeri hesaplanırken "k" sabit sayısı oyun değerinden çıkarılmaktadır.

Doğrusal programlama çözümü yazılması için kısıtlar belirlenmeli ve amaç fonksiyonu tanımlanmalıdır. Oyunun en büyükleme problemi yani maksimin prensibi altında olduğu düşünüldüğünde satır oyuncusunun (A oyuncusunun) kazancını en büyüklemesi beklenmektedir. Satır oyuncusunun tüm stratejileri x_i =1,2,…m olasılıkla seçeceği varsayımı altında amaç fonksiyonu ve kısıtlar (1.28)'de olduğu gibi tanımlanmaktadır (Taha, 2001).

$$v = \max_{x_i} \{ \min (\textstyle\sum_{i=1}^{m}(a_{i1}x_i) , \sum_{i=1}^{m}(a_{i2}x_i) ,\dots, \sum_{i=1}^{m}(a_{in}x_i)) \}$$
$$x_1 + x_2 + \dots + x_m = 1$$
$$x_i \geq 0,\ i=1,2,\dots m \qquad (1.28)$$

Bu formülasyondan hareketle doğrusal programlamaya uygun olarak A oyuncusunun problemi (1.29)'da olduğu gibi tanımlanmaktadır. Bu oyunda satır oyuncusunun beklenen kazancı; her strateji kombinasyonunun sağlayacağı ortalama kazanç değerlerini hesaplayıp, bütün bu değerlerin toplanmasıyla bulunmaktadır.

$$\text{Max } z = v$$
$$\sum_{i=1}^{m} (a_{ij} x_i) \geq v, \qquad j = 1,2,\ldots,n$$
$$x_1 + x_2 + \ldots.. + x_m = 1$$
$$x_i \geq 0, \; i=1,2,\ldots m \tag{1.29}$$

Doğrusal programlama modelinin kurulabilmesi için eşitsizliklerin sağ tarafındaki değerlerin sabit bir sayı olması gerekmektedir. Bu yüzden eşitsizliklerin iki tarafı da "v" değerine bölünerek, eşitsizliklerin sağ tarafının "1" tamsayısına eşitlenmesi sağlanacaktır. Bu şekilde doğrusal programlama modeline uygun olarak oluşturulan amaç fonksiyonu ve kısıtlar (1.30)'da olduğu gibi tanımlanmaktadır. Amaç fonksiyonu "v" değerini en büyüklemeye çalışmak "1/v = y_i" değerini en küçüklemeye çalışmak olduğundan amaç fonksiyonunun en küçüklemek olarak değiştirilmesi gerekmektedir.

$$\text{Min } z = 1/v = y_i$$
$$\sum_{i=1}^{m} (a_{ij} y_i) \geq 1,$$
$$y_1 + y_2 + \ldots.. + y_m = 1$$
$$y_i \geq 0, \; i=1,2,\ldots m \tag{1.30}$$

Minimaks prensibi gereği sütun oyuncusunun (B oyuncusunun) kaybını en küçüklemesi beklenmektedir. Sütun oyuncusu için oluşturulan amaç fonksiyonu ve kısıtlar (1.31)'de olduğu gibi tanımlanmaktadır (Taha, 2001).

$$\text{Min } w = v$$
$$\sum_{j=1}^{n} (a_{ij} y_j) \leq v, \qquad j = 1,2,\ldots,m$$
$$y_1 + y_2 + \ldots.. + y_m = 1$$
$$y_i \geq 0, \; j=1,2,\ldots n \tag{1.31}$$

Doğrusal programlama modelinin kurulabilmesi için eşitsizliklerin iki tarafı da “v” değerine bölünerek, eşitsizliklerin sağ tarafının “1” tamsayısına eşitlenmesi sağlanacaktır. Bu şekilde doğrusal programlama modeline uygun olarak oluşturulan amaç fonksiyonu ve kısıtlar (1.32)’de olduğu gibi tanımlanmaktadır. Amaç fonksiyonu “v” değerini en küçüklemeye çalışmak “$1/v = x_i$” değerini en büyüklemeye çalışmak olduğundan amaç fonksiyonunun en büyüklemek olarak değiştirilmesi gerekmektedir.

$$\text{Max } z = 1/v = x_i$$
$$\sum_{i=1}^{m} (a_{ij} x_i) \geq 1 \, ,$$
$$x_1 + x_2 + \ldots.. + x_m = 1$$
$$x_i \geq 0, \; i=1,2,\ldots m \qquad (1.32)$$

A ve B oyuncusu için tanımlanan doğrusal programlama problemleri aynı “v” değerini optimum yapmaya çalışmaktadır. Yani oyuncuların ikisi de kendi kazancını/kaybını optimum yapmaya çalışmaktadır. Buradan hareketle her iki problemin optimum çözümünün eş sonuçlar içermesi beklenmektedir.

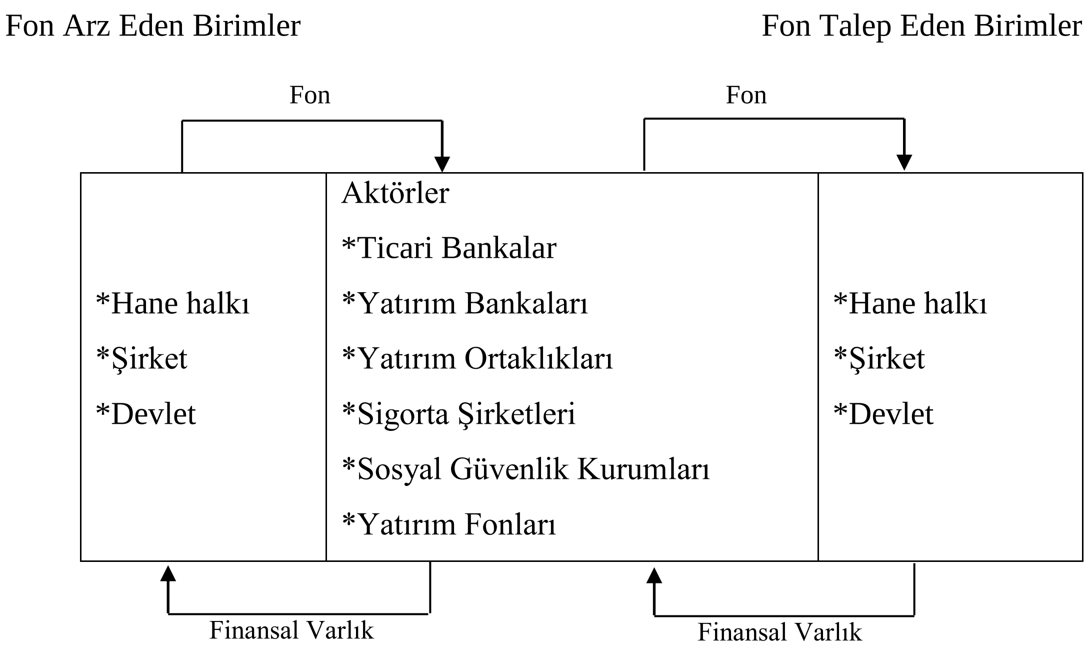
2. MALİ PİYASALAR VE YATIRIM ARAÇLARI

Yatırım araçları mali piyasalarda kullanılan farklı kalemlerdir. Yatırım araçlarını analiz edebilmek için öncelikle mali piyasaların yapısının ve yatırım araçlarının özellikleri incelenmesi gerekmektedir.

2.1. Mali Piyasalar

Kişiler ya da kurumlar nakit ihtiyaçlarını öncelikle kendi finansman kaynaklarından karşılamaya çalışırlar, nakit fazlası olanlar ise tasarruflarını değerlendirme yoluna giderler. Bir mali hakkı temsil eden mali araçların alınıp satıldığı, tasarruf açığı olanlarla tasarruf fazlası olanların karşılaşarak ilişkiye girdiği pazarlara mali piyasalar denir. Aynı zamanda mali piyasalarda fon akımlarını düzenleyen kurumlar, akımı sağlayan araç ve gereçler ile bunları düzenleyen hukuki ve idari kurallarda yer almaktadır. Mali piyasaların temel işlevi fon arz edenler ile fon talep edenlerin karşı karşıya gelmeleri ve bu yolla fonların uygun kullanıma yönelmelerini sağlamak olarak tanımlanmaktadır (Kılıç, 2014). Herhangi bir ekonomik faaliyet içinde, Hane halkı, Şirket ve Devlet olmak üzere üç türlü ekonomik birim bulunur (Karan,2013). Mali piyasalar ve bu piyasadaki ekonomik birimler ve piyasaya etki eden aktörlerin birbiri arasındaki ilişkileri Tablo 2.1.'de gösterilmiştir.

Tablo 2.1. Mali Piyasalarda aktörler arasındaki ilişkiler



Bu ekonomik birimlerin belli bir dönem içindeki birikimleri, yaptıkları yatırımlardan fazla olabilir. Bu amaçla ekonomik birimler gelir ve giderleri arasında bir denge kurmak isterler. Birikim fazlası olan birimler, birikimlerini belli bir bedel karşılığı kullandırmak isteyebilirler. Finansal piyasaların varlığının nedeni; hane halkı, şirket veya devlet gibi ekonomik birimlerin kendi içlerinde yatırım-birikim dengesini sağlayamamalarıdır (Doğukanlı, 2012). Bu şekilde karşılıklı ilişki içinde olan birimler için mali piyasalar (finans piyasaları) ekonomik hayat için vazgeçilmez bir unsurdur. Finansal piyasaların, tasarrufları özendirmek ve arttırmak, böylece de sermaye birikimini sağlamak ve ülke fonlarının etkin kullanımına olanak vermek gibi iki önemli işlevi vardır.

2.2.Mali Piyasa Türleri

Mali piyasalar iki ana başlık altında sınıflandırılmaktadır. Bu piyasalar, doğrudan finansman sağlanan "Menkul Kıymetler Piyasası" ve dolaylı finansman sağlanan "Kredi Piyasası" olarak tanımlanır (Kılıç, 2014). Menkul kıymetler piyasasında fon ihtiyacı olanlar, fon fazlası olanlarla direk olarak karşılaşarak fon alım satımı yapılmaktadır. Kredi piyasasında ise fon fazlası olanlar ile fon ihtiyacı olanlar direk olarak karşı karşıya gelmeden, aracı kurumların fonları toplayıp ihtiyacı olanlara dağıtması sonucu oluşan piyasalardır. Bu piyasalarda en büyük aktör bankalardır.

Mali piyasalar farklı özelliklerine göre değişik sınıflandırmalara tabi tutulmaktadır.

<u>Fonların ödünç verilme sürelerine göre;</u>

- Para Piyasası; kısa vadeli (en fazla 1 yıl süreli) fon arz talebinin karşılandığı piyasalardır.
- Sermaye Piyasası; uzun vadeli (en az 1 yıl süreli) ve devamlı fonların arz talebinin karşılandığı piyasalardır.

<u>Fonların ilk defa piyasaya sürülüyor olmalarına göre;</u>

- Birincil Piyasa; fon talep edenlerle fon arz edenlerin ilk kez dolaşıma çıkarak karşılaştıkları piyasalardır.
- İkincil Piyasa; daha önce dolaşıma çıkmış fonların yeniden alınıp satıldığı piyasalardır.

İşlemlerine göre;

- Örgütlü (Organize) Piyasalar; resmi bir fiziksel yerde bulunan ve devletin denetimi ve gözetimi altında işlem yapılan piyasalardır. Türkiye'de Merkez Bankası piyasaları ve Borsa İstanbul Anonim Şirketi bu tip piyasalardır.
- Örgütlenmemiş (Tezgah üstü) Piyasalar; belli bir fiziksel yerde bulunmayan piyasalardır. Türkiye'de bankalar arası piyasalar ve Kapalı Çarşı bu tip piyasalardır.

2.3.Mali Piyasa Araçları (Yatırım Araçları)

6362 sayılı Sermaye Piyasası Kanununun 3.maddesine göre yatırım araçları menkul kıymetler ve diğer sermaye piyasası araçları olarak ikiye ayrılmıştır. Yatırım araçları Tablo 2.2.'de gösterildiği gibi sınıflandırılmaktadır.

Tablo 2.2. Yatırım araçları

YATIRIM ARAÇLARI		
PARA PİYASASI VARLIKLARI	SERMAYE PİYASASI VARLIKLARI	
Kısa Vadeli Hazine Bonosu	MENKUL KIYMETLER	DİĞER SP VARLIKLARI
Repo	Hisse Senedi	Çek
Varlığa Dayalı Menkul Kıymet	Tahviller	Bono
Finansman Bonosu	Uzun Vadeli Hazine Bonosu	Senet
Döviz İşlemleri	Finansman Bonosu	Poliçe
	Gelir Ortaklığı Senedi	
	Kar-zarar Ortaklığı Senedi	

Menkul Kıymetler kıymetli evrak niteliğinde olup tüm şartlar SPK tarafından belirlenir. Belli bir tutarı temsil eden menkul kıymetler bu tutar oranında sahibine ortaklık ya da alacak hakkı sağlarlar. Bu şekilde dönemsel olarak getiri sağlayan bir yatırım aracıdır (Bolak, 2001).

Menkul kıymetlerin özellikleri şu şekilde sıralanabilir;

- Hukuken kıymetli evrak niteliğindedir,
- Standart ve belli şekil şartlarına sahiptirler,
- Çok sayıda ihraç edilip, halka arz edilen senetlerdir,

- Az veya çok devamlılık arz eder, alacak veya ortaklık haklarını temsil ederler,
- Dönemsel gelir sağlarlar,
- Her birinin nominal değeri ve piyasada arz talebin oluşturduğu piyasa değeri vardır,
- Menkul kıymetler nama ve hamiline yazılı olabilirler,
- Yatırım amacı ile kullanılırlar (Kılıç, 2014).

Yatırım araçlarının işlevleri ise; ödeme vasıtası olmaları, değer biriktirme vasıtası olmaları ve risk transfer etmeleri olarak sıralanabilir. Başlıca yatırım araçları ve özellikleri şu şekilde özetlenebilir;

Hazine Bonosu; devletin kısa vadeli borçlarına kısa zamanda fon elde etmek amacıyla sattıkları, devlet güvenceli senetlerdir.

Repo; finansal bir kurumun kurumsal veya bireysel yatırımcıya hazine bonosu, devlet tahvili gibi sabit getirili bir menkul kıymeti satması ve bu menkul kıymeti önceden belirlenen bir fiyattan ileri bir tarihte geri satın almak üzere taahhüt ederek oluşan yatırım aracıdır .

Varlığa Dayalı Menkul Kıymet; bankaların ve finansman şirketlerinin kendi mevzuatları uyarınca açmış oldukları krediler; finansal kiralamaya yetkili kuruluşların finansal kiralama sözleşmelerinden doğan alacaklar; gayrimenkul yatırım ortaklıklarının portföylerindeki gayrimenkullerin satış veya satış vaadi sözleşmelerinden kaynaklanan senetli alacakları karşılığında doğrudan ihraç edecekleri kıymetli evraktır (URL-2).

Finansman Bonosu; şirketlerin, aracı kurumlara ya da doğrudan yatırımcıya karşı düzenleyip sattıkları, vadesi 60 ile 720 gün arasında olan, emre veya hamiline yazılı menkul kıymetlerdir.

Döviz İşlemleri; ülkelerin elinde bulunan madeni ve kâğıt para cinsinden bütün ülke paraları ve bu paralarla ödemeyi sağlayan her türlü hesap, belge ve vasıtaların tümüne döviz denmektedir. Döviz alım satımı ve değiştirilmesine ilişkin tüm işlemlere de döviz işlemleri denmektedir.

Hisse Senedi; anonim ortaklıklar tarafından çıkarılan, belirli ortaklık sermayesine katılma payını temsil eden, yasal şekil şartlarına uygun olarak düzenlenmiş kıymetli evraktır (URL-3).

Tahviller; yerel ve merkezi yönetimlerin ve firmaların finansman ihtiyacını karşılamak için çıkardıkları uzun vadeli bir borç senedidir (Kılıç, 2014). Tahvillerin vadesi

2 yıldan az olamaz. Tahviller, belirli bir “nominal değer” ve “nominal faiz” taşırlar. Nominal değer, vade sonunda şirket tarafından ödenecek değeri; nominal faiz ise, dönem sonunda nominal değer üzerinden hesap edilecek faiz yüzdesini ifade eder (Yıldırım, 2006).

Gelir Ortaklığı Senedi; kamu kurum ve kuruluşlarına ait alt yapı tesislerinin gelirlerine istinaden, gerçek ve tüzel kişilerin ortak olması için çıkarılan senetlerdir (Kılıç, 2014).

Kar-zarar Ortaklığı Senedi; anonim ortaklıkların finansman ihtiyaçlarını karşılamak için ihraç edebilecekleri kar ve zarara katılma hakkı veren, vadesi 1 ay ile 7 yıl arasında olan menkul kıymetlerdir.

Bahsedilen menkul kıymetler dışında menkul kıymet özelliği taşımamasına rağmen hem bireylerin hem de şirketlerin kullandığı yatırım araçları bulunmaktadır. Bu araçlardan en yaygın olanı mevduattır. Mevduat temelde vadeli ve vadesiz mevduat olmak üzere ikiye ayrılır. Vadesiz mevduat birey ve şirketlerin günlük nakit işlemlerini yaptığı bankacılık türüdür. Vadeli mevduat ise sabit getiri sağlayan ve vade sonunda faiz hareketlerinden etkilenmeyen yatırım aracıdır. Bankalar genellikle 1 ay, 3 ay, 6 ay ve 12 ay vadeli mevduat faiz oranı belirlerler. Yatırımcılar bu faiz oranlarına göre yatırım miktarına göre gelir sağlamaktadırlar.

2.4.Sermaye Piyasası ve Borsa

Türkiye’de borsanın tarihi Osmanlı döneminde 1866’da kurulan “Dersaadet Tahvilat Borsası”na dayanmaktadır. Borsa cumhuriyetin ilanından sonra 1929 yılında çıkartılan “Menkul Kıymetler ve Kambiyo Borsaları Kanunu” ile kurulmuş ancak savaşlar, ihtilaller ve ekonomik krizler nedeniyle 1980’lere kadar istikrarsız bir yapı göstermiştir. 1982 yılında Sermaye Piyasası Kurulu kurulduktan sonra 1985 yılında çıkartılan “Menkul Kıymet Borsalarının Kuruluşu ve Çalışma Esasları” ile Türkiye’de İMKB (İstanbul Menkul Kıymetler Borsası) resmen kurulmuştur. Sermaye piyasasında borsları tek çatı altında toplayan Borsa İstanbul “6362 sayılı Sermaye Piyasası Kanunu” ile 2013 yılında faaliyete başlamıştır (URL-4).

Menkul kıymetlerin alım satımının yapıldığı, SPK tarafından belirlenen yasal çerçeve içerisinde serbest rekabet şartları altında işlemlerin güvenli ve düzenli olarak yürütüldüğü Türkiye’deki tek borsa “Borsa İstanbul”dur. Borsa İstanbul tüm işlemlerini elektronik olarak gerçekleştirmek olup dört ana piyasa grubunda teşkilatlanmıştır(URL-5). Bu piyasalar;

Pay Piyasası; yerli ve yabancı yatırımcılar için çok farklı endüstriyel sektörlerden halka açık şirketlerin işlem gördüğü piyasadır.

Borçlanma Araçları Piyasası; hem kesin alım-satım işlemleri hem de repo-ters repo işlemleri için tek organize piyasadır.

Vadeli İşlem ve Opsiyon Piyasası; Pay Vadeli İşlem ve Opsiyon Sözleşmeleri, Endeks Vadeli İşlem ve Opsiyon Sözleşmeleri, Döviz Vadeli İşlem ve Opsiyon Sözleşmeleri, Kıymetli Madenler, Emtia ve Enerji Vadeli İşlem Sözleşmelerinin işlem gördüğü piyasadır.

Kıymetli Madenler ve Kıymetli Taşlar Piyasası; Kıymetli Madenler; Kıymetli Madenlerin işlem gördüğü piyasadır.

Ayrıca Borsa İstanbul çeşitli ürünlerle yatırımcılara seçenekler sunmaktadır.

Paylar; anonim ortaklıklarca ihraç edilen ve anonim ortaklık sermaye payını temsil eden kıymetli evrak niteliğinde senetlerdir.

Borsa yatırım fonları (BYF); bir endeksi baz alan, baz aldığı endeksin performansını yatırımcılara yansıtmayı amaçlayan ve payları borsalarda işlem gören yatırım fonlarıdır.

Aracı Kuruluş Varantları; elinde bulunduran kişiye, dayanak varlığı ya da göstergeyi önceden belirlenen bir fiyattan belirli bir tarihte veya belirli bir tarihe kadar alma veya satma hakkı veren ve bu hakkın kaydi teslimat ya da nakit uzlaşı ile kullanıldığı menkul kıymet niteliğindeki sermaye piyasası aracını ifade eder.

Opsiyon sözleşmesi; iki taraf arasında yapılan ve alıcıya, ödeyeceği belli bir tutar (opsiyon primi) karşılığında, belirli bir vadeye kadar (veya belirli bir vadede), bugünden belirlenen bir fiyat (kullanım fiyatı) üzerinden opsiyona dayanak teşkil eden bir malı, kıymeti veya finansal göstergeyi satın alma veya satma hakkı tanıyan, satıcıya da alıcının bu sözleşmeden doğan hakkını kullanması durumunda sözleşmeye dayanak teşkil eden malı, kıymeti, veya finansal göstergeyi satma veya alma yükümlülüğü getiren sözleşmedir.

Vadeli işlem sözleşmesi (futures); sözleşmenin taraflarına, standartlaştırılmış miktar ve kalitedeki bir malı, kıymeti veya finansal göstergeyi, belirlenen ileri bir tarihte, bugünden üzerinde anlaşılan fiyattan alma veya satma yükümlülüğü getiren sözleşmedir.

Sertifikalar; ihraççıyı yatırımcıya karşı mali yükümlülük altına sokan finansal araçlardır.

Devlet İç Borçlanma Senetleri (DİBS); Hazine Müsteşarlığı tarafından yurt içi piyasada ihraç edilen borçlanma senetlerini ifade etmektedir.

Kira sertifikası; her türlü varlık ve hakkın finansmanını sağlamak amacıyla varlık kiralama şirketi tarafından ihraç edilen ve sahiplerinin bu varlık veya haktan elde edilen gelirlerden payları oranında hak sahibi olmalarını sağlayan menkul kıymettir.

Borsa İstanbul, yatırımcıların piyasada oluşan hareketleri takip edebilmeleri amacıyla piyasalara ilişkin farklı nitelikte endeksler hesaplamaktadır. Bu endeksler hem yatırımcıya bilgi sağlamakta hem de işlem gören payların gruplar halinde ortak performanslarının ölçülmesi amacıyla oluşturulmuştur. Bu endeksler;

- BİST Pay Endeksleri (BİST-30, BİST-50, BİST-100),
- BİST KYD Endeksleri,
- BİST Risk Kontrol Endeksleri,
- BİST Kaldıraçlı Endeksleri,
- BİST Kısa Endeksleri,
- Müşteri Endeksleri,
- Uluslararası Endeksler (GT-30) olarak sıralanmaktadır.

3.OYUN TEORİSİ UYGULAMASI

Oyun teorisi yöntemi iktisat problemlerinden sosyal konulara kadar geniş bir alanda kullanılmaktadır. Böylesine geniş bir uygulama alanı bulunan bu yöntemin daha farklı alanlarda da uygulanması olağandır. Bu çalışmada, oyun teorisi ve matematiksel modellemenin farklı uygulama alanlarında kullanılması incelenmekte ve çeşitli yatırım araçlarında birikimlerini değerlendirmek isteyen yatırımcıya farklı bir bakış açısı kazandırmak istenmektedir.

Günümüzde çok çeşitli yatırım araçları bulunmaktadır. Her yatırım aracının riski ve getirisi değişmektedir. Tüm yatırım araçlarının değişkenliği birçok faktörden etkilenmektedir. Piyasayı etkileyen siyasi krizlerden sosyal problemlere, dünya para politikalarından ülkeler arasındaki ilişkilere, ülke içindeki krizlerden mali politikalara kadar birçok etken bulunmaktadır. Ancak yatırım araçlarının gelecekteki seyri geçmişteki verileri değerlendirilerek bir yorum yapılabilir. Bu çalışmayla oyun teorisi yöntemini farklı alanlarda uygulamanın sonuçları değerlendirmek istenmektedir.

3.1.Literatür Taraması

Oyun teorisi kullanılarak modellenmiş birçok çalışma konusu bulunmaktadır. Literatür incelemesinde Oyun Teorisi yöntemlerinin kullanıldığı alanlar ve finans konusunda çalışılmış uygulamalar incelenmiştir. Oyun Teorisi farklı bakış açıları ile kullanılarak birçok uygulama alanında uygulanabilir sonuçlar ortaya çıkarmıştır. Tarım işletmelerinde planlamadan (Şahin ve Miran, 2010), Şehir içi trafik yönetimine (Ceylan, 2010), sektörel ürün karşılaştırmalarından (Çevikkan, 2010), şehir içi taksi sayısının belirlenmesine (Rençber, 2012), kurumsal yatırımcıların yatırım tercihlerinin araştırılmasından (Kandır, 2010), su havzasında planlamaya (Uysal ve Bölen, 2006), İMKB'de sektör analizinden (Yıldırım, 2006), Avrupa Birliği sürecinin incelenmesine (Kural, 2007), borsa işlemlerinin incelenmesinden (Sancak, 2008), firmaların stratejik davranışlarının modellenmesine (Hücümen, 2007), tedarik zincirlerinde kalite ve pazarlama yatırımı kararlarının değerlendirilmesinden (Özkan, 2009), su kaynaklarının yönetimine (Saleh, 2011) kadar birçok uygulama alanı görmek mümkündür.

Finans konusunda yapılan çalışmalarda İMKB'de bazı hisse senetlerinin yada sektörel bazda hisse senetlerinin değerlendirilmesine (Yıldırım, 2006; Gedikoğlu, 2012) ayrıca yatırımcılar için portföy oluşturulmasına ilişkin (Yürüten, 2010) çalışmalara rastlanmaktadır. Ayrıca kurumsal yatırımcılara yönelik araştırmalar göze çarpmaktadır. Bu çalışmada bahsedilen tez ve makalelerin birçoğundan faydalanılmıştır.

3.2.Uygulamanın Amacı

Seçilen yatırım araçlarının geçmiş verilerine göre oyun teorisi ve matematiksel modelleme yöntemleri çalıştırılmıştır. Bu uygulamada amaç yatırım araçlarının getirilerini piyasaya uyarlamak değil, iki kişili sıfır toplamlı oyun teorisi yöntemi ve matematiksel modellemeyle seçilmiş yatırım araçlarının tahmini getirilerini hesaplayarak, hangi yatırım aracının getirisinin maksimum kazanç sağladığını belirlemektir. Seçilen yatırım araçlarının geçmiş verilerinin değerlendirilmesiyle yatırım araçlarının gelecekteki getirileri için teorik ve alternatif bir yaklaşım sağlanması amaçlanmıştır.

3.3.Uygulamanın Önemi

Uygulamada ülkemizde kullanılan ve genellikle küçük yatırımcı tarafından tercih edilen yatırım araçlarının iki kişili sıfır toplamlı oyun teorisi ve matematiksel modelleme yöntemleriyle değerlendirilerek yöntemin yatırımcı portföyü oluşturulmasında etkisi araştırılmaktadır. Böylece hem yeni bir bakış açısı getirilmekte hem de yeni çalışmalar için yol gösterici bir çalışma yapılmaktadır.

3.4.Uygulamanın Hipotezleri

H_1 : Yatırım araçlarının yatırımcı açısından değerlendirilmesinde kayıp ve kazançlar “iki kişili sıfır toplamlı oyun teorisi yöntemi” yapısına uygundur.

H_2 : Yatırım araçlarının analizinde eyer noktası olan oyunlarda oyun teorisi yöntemleri ve doğrusal programlama çözümleri aynı optimal sonuçları vermekte, eyer noktası olmayan oyunlarda oyun teorisi yöntemleri sonuç vermemekte doğrusal programlama çözümleri sonuç vermektedir.

3.5.Uygulamanın Sınırları

Bu uygulamada küçük yatırımcının tercih ettiği yatırım araçlarından Altın, Euro, Dolar, Mevduat faizi ve BİST30 endeks değeri kullanılmıştır. Çalışma 2011-2015 senelerindeki her ayın ilk işlem günündeki değerlerinden oluşan veri kümesi ile sınırlandırılmıştır.

3.6.Uygulamanın Yöntemi

Bu uygulama küçük yatırımcının tercih ettiği yatırım aracı ya da araçlarına yatırım yaptığında, piyasada birikimini değerlendiren tüm yatırımcılara karşı oynadığı iki kişili sıfır toplamlı bir oyundur. Bir yatırımcının kazancı/kaybı diğer tüm yatırımcıların kazancı/kaybına eşittir. Piyasanın bu özelliğine uygun olarak uygulamanın yöntemi iki kişili sıfır toplamlı oyun teoremi olarak belirlenmiştir.

Geçtiğimiz yılların verileri analiz edilerek dönemsel olarak yatırım araçlarının karşılaştırılması yapılmak istenmektedir. Yatırım araçları olarak; Altın(gr altın fiyatı), Euro, Dolar, Mevduat faizi ve BİST30 endeks değeri tercih edilmiş ve 2011-2015 senelerindeki değerler kullanılmıştır. Bu şekilde sütun oyuncusu piyasa, satır oyuncusu yatırımcı olacak şekilde satır oyuncusunun stratejileri 5 adet olarak belirlenmiştir.

1.strateji: dönemde Dolar kuru üzerinden yatırım yapmak,

2.strateji: dönemde Euro kuru üzerinden yatırım yapmak,

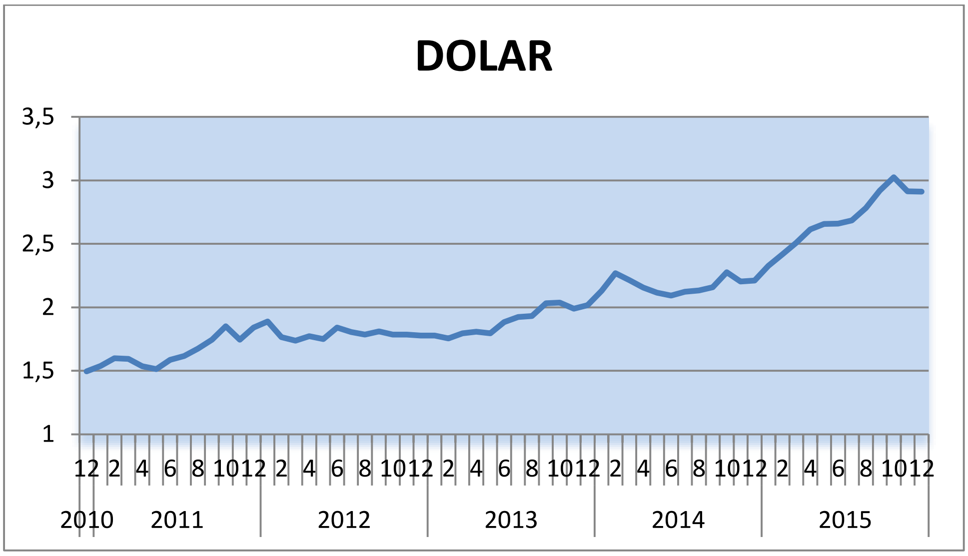
3.strateji: dönemde Gram Altın üzerinden yatırım yapmak,

4.strateji: dönemde Mevduat faizi üzerinden yatırım yapmak,

5.strateji: dönemde BİST30 endeksi üzerinden yatırım yapmak.

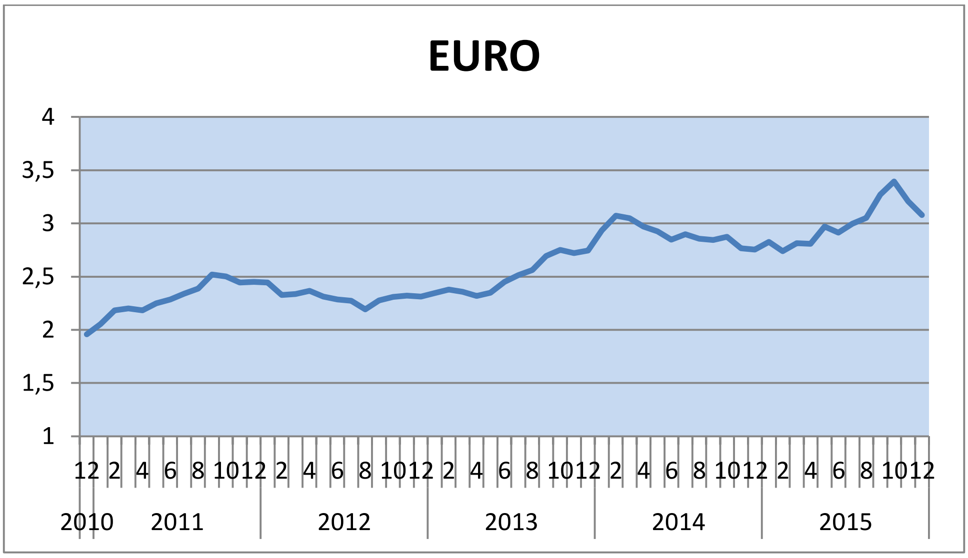
Altın, Euro, Dolar ve BİST30 endeks değerleri için her ayın ilk işlem günündeki değerleri, Mevduat faizi için ise o aya ait faiz oranına göre bir aylık faiz getirisi kullanılmıştır. Yatırım araçlarının 2011-2015 yıllarına ait fiyat endeksleri Ek Tablo 1.'de verilmiştir (URL-6, URL-7). Ayrıca 5 yıllık dönemde her bir yatırım aracına ait fiyat endekslerinden oluşturulan grafikler aşağıda gösterilmiştir.

Dolar yatırım aracı için Şekil 3.1. incelendiğinde genel olarak bir yükseliş eğilimde olduğu, yıl içinde dalgalanmalar yaşadığı ve 2015 yılında ciddi bir artış gösterdiği söylenebilir.



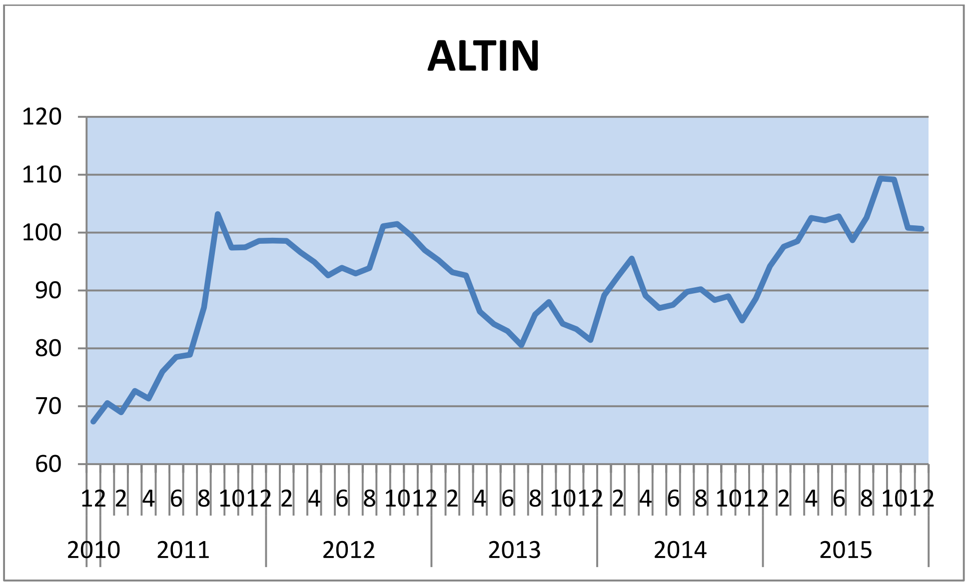
Şekil 3.1. Dolar fiyat endeksi grafiği

Euro yatırım aracı için Şekil 3.2. incelendiğinde genel bir yükseliş eğilimi görülmekle birlikte bazı dönemlerde düşüşler göze çarpmaktadır ve 2013 yılının son çeyreğinden itibaren belirgin bir artış gösterdiği söylenebilir.



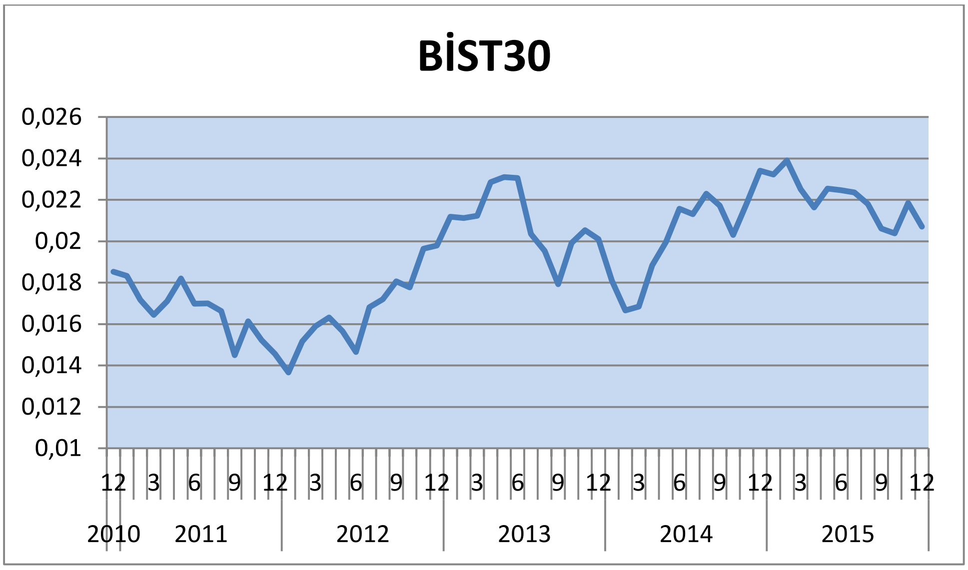
Şekil 3.2. Euro fiyat endeksi grafiği

Altın yatırım aracı için Şekil 3.3. incelendiğinde istikrarsız ancak yükseliş eğilimde bir yapı görülmektedir ve 2011 yılının ikinci yarısında yakalanan yükselişin devam ettiği söylenebilir.



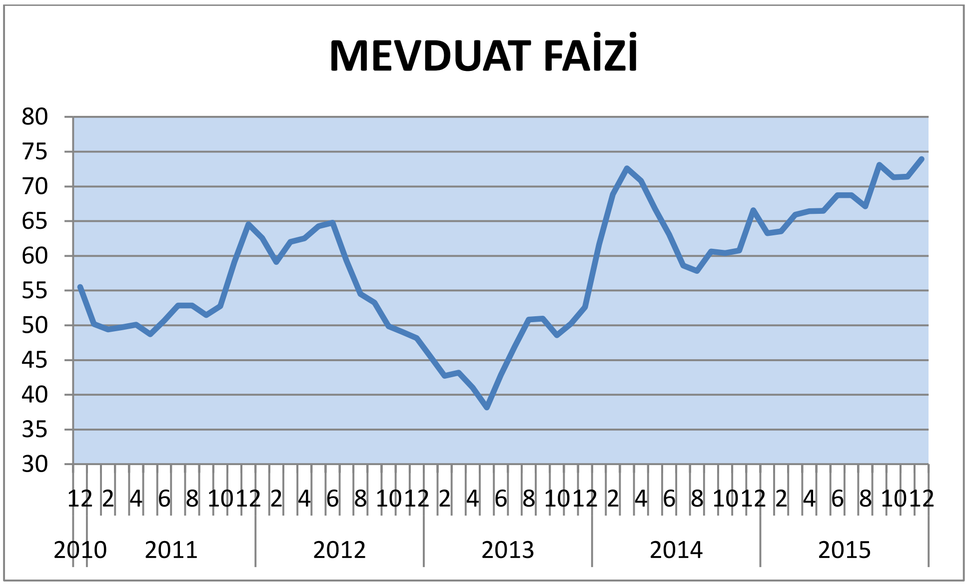
Şekil 3.3. Altın fiyat endeksi grafiği

BİST30 yatırım aracı için Şekil 3.4. incelendiğinde istikrarsız bir yapı göze çarpmakta ancak 2014 yılının son çeyreğinden itibaren dalgalanmalarda azalma olduğu söylenebilir.



Şekil 3.4. BİST30 fiyat endeksi grafiği

Mevduat faizi yatırım aracı için Şekil 3.5. incelendiğinde 2013 yılının ortalarında bir düşüş göstermiş ve sonrasında yükseliş eğiliminde olduğu söylenebilir.



Şekil 3.5. Mevduat faizi fiyat endeksi grafiği

Yatırım araçlarının 2011-2015 yıllarına ait fiyat endekslerinden bir önceki ayın endeksine göre getiri oranları "R" (3.1)'de gösterilen formülasyonla elde dilmiştir.

F_i = (i). Dönemdeki fiyat endeksi

F_{i-1} = (i-1). Dönemdeki fiyat endeksi

R = Getiri oranı

$$R = \frac{F_i - F_{i-1}}{F_{i-1}} \quad (3.1)$$

Ocak ayı için dolar yatırım aracının getiri oranlarının hesaplanması;

$$2011 \text{ yılı için } R = \frac{1{,}53760-1{,}49600}{1{,}496} = 0{,}02780749$$

$$2012 \text{ yılı için } R = \frac{1{,}88890-1{,}84090}{1{,}8409} = 0{,}0260742$$

$$2013 \text{ yılı için } R = \frac{1{,}77760-1{,}77740}{1{,}7774} = 0{,}00011252$$

$$2014 \text{ yılı için } R = \frac{2{,}13040-2{,}01740}{2{,}0174} = 0{,}05601269$$

$$2015 \text{ yılı için } R = \frac{2{,}32690-2{,}21020}{2{,}2102} = 0{,}05280065 \text{ şeklindedir.}$$

Dolar yatırım aracının stratejisi (0,02780749; 0,0260742; 0,00011252; 0,05601269; 0,05280065) şeklinde ifade edilmektedir.

Tüm yatırım araçları için getiri oranları hesaplanarak EK Tablo 2.'de gösterilmiştir. Getiri oranları tablosunda kazanç pozitif olarak, kayıp ise negatif olarak hesaplanmaktadır. Getiri oranları tablosunun oyun teorisi ile çözümlenmesi için tüm değerlerin pozitif olması gerekmektedir. Bu amaçla getiri oranları tablosundaki tüm değerlere "1" sabit tam sayısı eklenerek oluşturulan kazanç matrisleri tablosu EK Tablo 3.'de gösterilmiştir.

Ocak ayı için oluşturulan yatırım araçlarının kazanç matrisi Tablo 3.1.'de olduğu gibi hesaplanmıştır.

Tablo 3.1. Ocak ayı kazanç Matrisi

		DOĞA				
		2011	2012	2013	2014	2015
YATIRIMCI	DOLAR	1,027807487	1,026074203	1,000112524	1,05601269	1,052800652
	EURO	1,049269887	0,996737091	1,014623172	1,068842427	1,026765934
	ALTIN	1,048255382	1,000608519	0,98216127	1,095004296	1,062718556
	MEVDUAT	1,005017329	1,006259027	1,004548082	1,006165178	1,006324
	BİST30	0,988721602	0,937976509	1,069913114	0,900288586	0,992140783

Tablo 3.1.'deki kazanç matrisinde yatırım araçlarının Ocak ayına ait yatırımcıya sağladığı kazanç ya da kayıplar gösterilmektedir. Dolar yatırım aracı yatırımcıya 2011 yılında %2,7807 kazanç, 2012 yılında %2,6074 kazanç, 2013 yılında %0,0113 kazanç, 2014 yılında %5,6013 kazanç, 2015 yılında %5,2801 kazanç sağladığı anlaşılmaktadır. Aynı şekilde Euro yatırım aracı yatırımcıya 2011 yılında %4,927 kazanç, 2012 yılında %0,3263 kayıp, 2013 yılında %1,4623 kazanç, 2014 yılında %6,8842 kazanç, 2015 yılında %2,6766 kazanç sağladığı anlaşılmaktadır. Diğer yatırım araçları içinde aynı kazanç kayıp değerleri Tablo 3.1.'den çıkarılabilmektedir.

Kazanç matrisleri 2011-2015 yılları arasındaki değişimi içerdiğinden gelecek yıllar için tahmin yapmak amacıyla kullanılabilir. Bu amaçla; Doğrusal programlama ve Oyun teorisinin yöntemleri kullanılarak, kazanç matrislerine göre inceleme yapılacak ve çıkan sonuçlar değerlendirmeye alınacaktır.

3.6.1.Doğrusal Programlama Çözümleri

Eyer noktası bulunmayan yani oyun dengede olmayan Ağustos ayı kazanç matrisinde (Tablo 3.2) çözüm yöntemi olarak doğrusal programlama kullanılacaktır.

Tablo 3.2. Ağustos ayı kazanç matrisi

		DOĞA				
		2011	2012	2013	2014	2015
YATIRIMCI	DOLAR	1,035650183	0,988873512	1,00316916	1,005040987	1,036834264
	EURO	1,020643672	0,964251165	1,018737319	0,985541254	1,017477153
	ALTIN	1,103929024	1,010436841	1,065392729	1,004676539	1,039918946
	MEVDUAT	1,005284438	1,005450479	1,005082301	1,005782562	1,006713836
	BİST30	0,978754708	1,023138235	0,959650071	1,046602215	0,975172229

Doğrusal programlama ile çözüm için öncelikle programlama modeli kurulmalıdır. Model yatırımcı için kurulacak olursa karar değişkenleri;

x_1 = Dolar

x_2 = Euro

x_3 = Altın

x_4 = Mevduat

x_5 = BİST30

olmak üzere, oyun değeri "v" maksimum yapılmaya çalışıldığından (2.29), (2.30)'daki dönüşüm gereği $x_i^1 = x_i / v$ işlemi yapılarak amaç fonksiyonu ve oyun değeri (3.2)'de olduğu gibidir.

$v_{max} = x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5$

$z = 1 / v$

$$z_{min} = x_1^1 + x_2^1 + x_3^1 + x_4^1 + x_5^1 \tag{3.2}$$

Modelin kısıtları Tablo 3.2.'ye göre oluşturulmuştur. 2011 yılı için;

$1,035650183x_1+1,020643672x_2+1,103929024x_3+1,005284438x_4+0,978754708x_5 \geq v$

2012 yılı için;

$0,988873512x_1+0,964251165x_2+1,010436841x_3+1,005450479x_4+1,023138235x_5 \geq v$

2013 yılı için;

$1,00316916x_1+1,018737319x_2+1,065392729x_3+1,005082301x_4+0,959650071x_5 \geq v$

2014 yılı için;

$1,005040987x_1+0,985541254x_2+1,004676539x_3+1,005782562x_4+1,046602215x_5 \geq v$

2015 yılı için;

$1,036834264x_1+1,017477153x_2+1,039918946x_3+1,006713836x_4+0,975172229x_5 \geq v$

şeklinde ifade edilmiştir. Modelin kısıtlarını oluşturan eşitsizliklerde (2.29), (2.30)'daki dönüşüm gereği $x_i^1 = x_i / v$ işlemi yapılarak kısıtların sağ tarafının "1" tamsayısına eşit olması sağlanmış ve (3.3)'teki denklemlere ulaşılmıştır.

$$
\begin{aligned}
&1,035650183x_1^1+1,020643672x_2^1+1,103929024x_3^1+1,005284438x_4^1+0,978754708x_5^1 \geq 1\\
&0,988873512x_1^1+0,964251165x_2^1+1,010436841x_3^1+1,005450479x_4^1+1,023138235x_5^1 \geq 1\\
&1,00316916x_1^1+1,018737319x_2^1+1,065392729x_3^1+1,005082301x_4^1+0,959650071x_5^1 \geq 1\\
&1,005040987x_1^1+0,985541254x_2^1+1,004676539x_3^1+1,005782562x_4^1+1,046602215x_5^1 \geq 1\\
&1,036834264x_1^1+1,017477153x_2^1+1,039918946x_3^1+1,006713836x_4^1+0,975172229x_5^1 \geq 1
\end{aligned} \tag{3.3}
$$

Doğrusal programlaya uygun hale getirilen 5x5 oyun matrisi simpleks yöntemine uygun olarak Excel programının Solver eklentisi kullanılarak optimal çözüm Tablo 3.3.'te olduğu şekilde elde edilmiştir.

Tablo 3.3. Ağustos ayı çözümü

YATIRIM ARAÇLARI	x_i^1	x_i
DOLAR	0,00000000	0,00
EURO	0,00000000	0,00
ALTIN	0,61001515	0,62
MEVDUAT	0,00000000	0,00
BİST30	0,37494269	0,38
Z=1/v	1,015271883	
v = Oyunun değeri	0,98495784	

v = 0,98495784 olduğundan;

$x_3^1 = x_3 / v = 0{,}61001515 / 0{,}98495784 = 0{,}62$

$x_5^1 = x_5 / v = 0{,}37494269 / 0{,}98495784 = 0{,}38$ olarak hesaplanmıştır.

Ağustos ayı kazanç matrisinin çözümü sonucunda karma bir strateji ortaya çıkmıştır. Yatırım araçlarının 2011-2015 yılları arasındaki hareketlerine göre Ağustos ayında yapılacak yatırımda % 62 oranında Altına, % 38 oranında BİST30 endeksine yatırım yapılmasının optimal çözüm olduğu sonucuna varılmıştır.

Eyer noktası bulunan yani oyun dengede olan Eylül ayı matrisinde (Tablo 3.4) çözüm yöntemi olarak doğrusal programlama kullanılacaktır.

Tablo 3.4. Eylül ayı kazanç matrisi

		DOĞA				
		2011	2012	2013	2014	2015
YATIRIMCI	DOLAR	1,043088508	1,013826691	1,0518929	1,011765809	1,048133913
	EURO	1,054690117	1,037439008	1,051624492	0,996183473	1,072444765
	ALTIN	1,184845006	1,076562666	1,025506639	0,979496841	1,065374123
	MEVDUAT	1,005147274	1,005327753	1,00509674	1,00606411	1,007313027
	BİST30	0,87198605	1,05034591	0,917699478	0,973812834	0,945318593

Doğrusal programlama kullanılabilmesi için programlama modeli (3.4)'te olduğu gibi oluşturulmuştur.

$$z_{min} = x_1^{1} + x_2^{1} + x_3^{1} + x_4^{1} + x_5^{1}$$

$$1{,}043088508x_1^{1}+1{,}054690117x_2^{1}+1{,}184845006x_3^{1}+1{,}005147274x_4^{1}+0{,}87198605x_5^{1}\geq 1$$

$$1{,}013826691x_1^{1}+1{,}037439008x_2^{1}+1{,}076562666x_3^{1}+1{,}005327753x_4^{1}+1{,}05034591x_5^{1}\geq 1$$

$$1{,}0518929x_1^{1}+1{,}051624492x_2^{1}+1{,}025506639x_3^{1}+1{,}00509674x_4^{1}+0{,}917699478\, x_5^{1}\geq 1$$

$$1{,}011765809x_1^{1}+0{,}996183473x_2^{1}+0{,}979496841x_3^{1}+1{,}00606411x_4^{1}+0{,}973812834x_5^{1}\geq 1$$

$$1{,}048133913x_1^{1}+1{,}072444765x_2^{1}+1{,}065374123x_3^{1}+1{,}007313027x_4^{1}+0{,}945318593x_5^{1}\geq 1 \quad (3.4)$$

Doğrusal programlaya uygun hale getirilen 5x5 oyun matrisi simplex yöntemine uygun olarak Excel programının Solver eklentisi kullanılarak optimal çözüm Tablo 3.5.'te olduğu şekilde elde edilmiştir.

Tablo 3.5. Eylül ayı çözümü

YATIRIM ARAÇLARI	x_i^{1}	x_i
DOLAR	0,98837101	1,00
EURO	0,00000000	0,00
ALTIN	0,00000000	0,00
MEVDUAT	0,00000000	0,00
BİST30	0,00000000	0,00
Z=1/V	1,011765816	
V=Oyunun değeri	0,988371009	

Eylül ayı kazanç matrisinin çözümü sonucunda tek strateji ortaya çıkmıştır. Yatırımcının Eylül ayında Dolar yatırım aracına yatırım yapması optimal çözümdür.

Eyer noktası bulunan yani oyun dengede olan Kasım ayı matrisinde (Tablo 3.6) çözüm yöntemi olarak doğrusal programlama kullanılacaktır.

Tablo 3.6. Kasım ayı kazanç matrisi

		DOĞA				
		2011	2012	2013	2014	2015
YATIRIMCI	DOLAR	0,943063959	1,000336191	0,976921188	0,967284384	0,963571452
	EURO	0,977766225	1,000524511	0,98901898	0,962290406	0,944816004
	ALTIN	1,001026694	0,980007879	0,989318775	0,952830189	0,923788587
	MEVDUAT	1,005912507	1,004901822	1,005024548	1,006078548	1,007139767
	BİST30	0,943607858	1,000011986	1,003873312	1,00575909	1,002346554

Doğrusal programlama kullanılabilmesi için programlama modeli (3.5)'te olduğu gibi oluşturulmuştur.

$$z_{min} = x_1^{'} + x_2^{'} + x_3^{'} + x_4^{'} + x_5^{'}$$

$$0,943063959x_1^{'}+0,977766225x_2^{'}+1,001026694x_3^{'}+1,005912507x_4^{'}+0,943607858x_5^{'}\geq 1$$

$$1,000336191x_1^{'}+1,000524511x_2^{'}+0,980007879x_3^{'}+1,004901822x_4^{'}+1,000011986x_5^{'}\geq 1$$

$$0,976921188x_1^{'}+0,98901898x_2^{'}+0,989318775x_3^{'}+1,005024548x_4^{'}+1,003873312\, x_5^{'}\geq 1$$

$$0,967284384x_1^{'}+0,962290406x_2^{'}+0,952830189x_3^{'}+1,006078548x_4^{'}+1,00575909\, x_5^{'}\geq 1$$

$$0,963571452x_1^{'}+0,944816004x_2^{'}+0,923788587x_3^{'}+1,007139767x_4^{'}+1,002346554x_5^{'}\geq 1 \quad (3.5)$$

Doğrusal programlaya uygun hale getirilen 5x5 oyun matrisi simplex yöntemine uygun olarak Excel programının Solver eklentisi kullanılarak optimal çözüm Tablo 3.7.'de olduğu şekilde elde edilmiştir.

Tablo 3.7. Kasım ayı çözümü

YATIRIM ARAÇLARI	$x_i^{'}$	x_i
DOLAR	0,00000000	0,00
EURO	0,00000000	0,00
ALTIN	0,00000000	0,00
MEVDUAT	0,99512189	1,00
BİST30	0,00000000	0,00
Z=1/V	1,00490202	
V=Oyunun değeri	0,995121892	

Kasım ayı kazanç matrisinin çözümü sonucunda Eylül ayında olduğu şekilde tek strateji ortaya çıkmıştır. Yatırımcının Eylül ayında Mevduat faizi yatırım aracına yatırım yapması optimal çözümdür.

Oyun matrisinin denge durumuna bakılmaksızın tüm aylar için optimal çözüm solver eklentisi ile saptanmıştır. Her ay için oluşturulan matrisler ve çözümleri Ek Tablo 4.'te gösterilmektedir.

3.6.2.Oyun Teorisi Yöntemleri Çözümleri

Eyer noktası bulunan yani oyun dengede olan Eylül ayı matrisinde (Tablo 3.8) çözüm yöntemi olarak oyun teorisi yöntemlerinden maksimin ve minimaks metodu kullanılarak değerlendirme yapılacaktır.

Tablo 3.8. Eylül ayı kazanç matrisi

		DOĞA				
		2011	2012	2013	2014	2015
YATIRIMCI	DOLAR	1,043088508	1,013826691	1,0518929	1,011765809	1,048133913
	EURO	1,054690117	1,037439008	1,051624492	0,996183473	1,072444765
	ALTIN	1,184845006	1,076562666	1,025506639	0,979496841	1,065374123
	MEVDUAT	1,005147274	1,005327753	1,00509674	1,00606411	1,007313027
	BİST30	0,87198605	1,05034591	0,917699478	0,973812834	0,945318593

Satır oyuncusu yatırımcı maksimin metodu uyarınca kendisine en fazla kazancı sağlayan ya da en az kaybı garantileyen stratejiyi seçmelidir. 2011 yılına ait strateji (3.6)'te olduğu gibi tanımlanmaktadır.

$$v = (1{,}043088508;\ 1{,}054690117;\ 1{,}184845006;\ 1{,}005147274;\ 0{,}87198605) \qquad (3.6)$$

Bu stratejileri içerinde en az fazla kazanç sağlayan "1,184845006" stratejisini seçecektir. Maksimin metodu uyarınca bütün yıllar için en fazla kazanç sağlayan değerler (3.7)'da gösterilmiştir.

$$v = (1{,}184845006;\ 1{,}076562666;\ 1{,}0518929;\ 1{,}011765809;\ 1{,}072444765) \qquad (3.7)$$

Sütun oyuncusu doğa minimaks metodu uyarınca en az kaybı garantileyen stratejiyi seçmelidir. Dolar yatırım aracına ait strateji (3.8)'de olduğu gibi tanımlanmaktadır.

$$v = (1{,}043088508;\ 1{,}013826691;\ 1{,}0518929;\ 1{,}011765809;\ 1{,}048133913) \qquad (3.8)$$

Bu stratejiler içinde en az kaybı veren "1,011765809" stratejisini seçecektir. Minimaks metodu uyarınca bütün yatırım araçları için en az kaybı garantileyen değerler (3.9)'da gösterilmiştir.

$$v = (1{,}011765809;\ 0{,}996183473;\ 0{,}979496841;\ 1{,}00509674;\ 0{,}87198605) \qquad (3.9)$$

Yatırımcı ve Doğa oyuncularının maksimin ve minimaks prensibi sonucunda oluşan değerleri oyunun optimal değerinin sınırları göstermektedir. Bu değerde her iki oyuncunun da optimal sonuç olarak seçtiği "1,011765809" stratejisidir. Bu strateji 2014-dolar stratejisidir. Yani yatırımcı için dengede olan Eylül ayı kazanç matrisi için optimal sonucu Dolar yatırım aracı sağlamaktadır.

Doğrusal programlama çözüm yöntemiyle ortaya çıkan sonuçlar karşılaştırıldığında Eylül ayı için optimal çözümün aynı stratejide oluştuğu görülmektedir.

Eyer noktası bulunan yani oyun dengede olan Kasım ayı matrisinde (Tablo 3.9) çözüm yöntemi olarak oyun teorisi yöntemlerinde sürekli eliminasyon yöntemi ve makul stratejiler metodu kullanılarak değerlendirme yapılacaktır.

Tablo 3.9. Kasım ayı kazanç matrisi

		DOĞA				
		2011	2012	2013	2014	2015
YATIRIMCI	DOLAR	0,943063959	1,000336191	0,976921188	0,967284384	0,963571452
	EURO	0,977766225	1,000524511	0,98901898	0,962290406	0,944816004
	ALTIN	1,001026694	0,980007879	0,989318775	0,952830189	0,923788587
	MEVDUAT	1,005912507	1,004901822	1,005024548	1,006078548	1,007139767
	BİST30	0,943607858	1,000011986	1,003873312	1,00575909	1,002346554

Hem yatırımcı için hem de doğa için amaç optimal stratejiyi yakalamaktır. Oyuncuların kesin mahkum stratejiler diğer oyuncular hangi stratejiyi seçerse seçsin optimal sonuç vermeyeceğinden oyuncunun oynamayacağı stratejilerdir. Kasım ayı kazanç matrisi yatırımcı oyuncusu açısından kesin mahkum stratejilerin elenerek sonuç matrisinin küçültülmesi maksadıyla incelendiğinde strateji-4 (Mevduat) diğer tüm stratejileri mahkum etmektedir. Kesin mahkum stratejilerin elenmesiyle kalan sonuçlar kümesi yani makul strateji kümesi sadece strateji-4 (Mevduat)'tür. Bu şekilde optimal çözümün Mevduat stratejisi olduğu tespit edilmiştir.

Doğrusal programlama çözüm yöntemiyle ortaya çıkan sonuçlar karşılaştırıldığında Kasım ayı için optimal çözümün aynı stratejide oluştuğu görülmektedir.

4.SONUÇLAR

Gelişen teknoloji ve bilimsel gelişmeler ışığında insanlar kararlarını verirken hem kolayca bilgiye ulaşabilmekte hem de seçenek ve değişkenlerden dolayı zorlanmaktadırlar. Böyle bir ortamda doğru kararlar verebilmenin anahtarı bilgileri doğru yorumlayabilmekten geçmektedir. Doğru karar verirken; bilgileri yorumlarken diğer değişkenlerin davranışları önem kazanmaktadır. Verilecek kararlarda kazanç ya da kayıp diğer değişkenlerin davranışlarına göre değişebilecekse farklı yöntemlerle analiz edilmesi gerekmektedir. Karar verme yöntemlerinden "Doğrusal Programlama" pratik olması ve kolay kullanılabilirliğiyle çok tercih edilmektedir. Aynı zamanda "Oyun Teorisi" yöntemi uygulama alanının çok geniş olmasına rağmen ülkemizde genellikle akademik çalışmalarda kullanılmaktadır. Tek taraflı bakış açısı yerine bütüne bakmayı sağlayan bu yöntem değişkenlerin davranışlarının önemli olduğu problemlerde analizi kolaylaştırmaktadır. Normal bakış açısından çıkarak detaycı bir yaklaşımla probleme çözüm getiren "Oyun Teorisi" yöntemi hem iş yaşamında hem de günlük yaşamda kullanılabilecek yeni bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır.

"Oyun Teorisi"nin güvenilir sonuçlar verebilmesi için stratejilerin ve stratejiler karşısında rakiplerin davranışlarının doğru tahmin edilmesi önem arz etmektedir. Geçmiş bilgiler doğru analiz edilebiliyorsa ve model gerçek olayı taklit edebiliyorsa sonuçlar gerçeği yansıtacak ve davranışların tahmin edilmesi kolaylaşacaktır. Rekabet halindeki iki firmanın birbirinin davranışlarını belirleyebilmesi geçmiş durumlardaki davranışlarından tahmin yürütülerek çıkarılabilecek bir sonuçtur. Bu tahmin Oyun Teorisi yönteminin oyuncu ve strateji kavramlarıyla ve kuralları tanımlanmış iki kişili sıfır toplamlı oyun yöntemiyle gerçekleştirilebilir. Kurulacak matrisler oyun teorisinin farklı yöntemleriyle ya da doğrusal programlama yöntemiyle çözümlenebilir. Ancak problemin doğru tanımlanmış olması sonuçların güvenilirliğini tamamen etkileyeceğinden modelleme kısmının önemi daha da artmaktadır. Verilerin gerçeği barındırması ve modelin gerçeği yansıtacak şekilde kurulması çıkarılacak sonucun anlamlılığın ve güvenilirliğini belirleyecektir.

Bu çalışmada oyun teorisinin temel kavramları ve varsayımları açıklanarak, sıklıkla kullanılan yöntemlere değinilmiş ve oyun teorisi ile doğrusal programlamanın ilişkisinden söz edilmiştir. Küçük yatırımcı için belirlenen yatırım araçları, değerlendirilmek maksadıyla 2011-2015 yılları arasındaki veriler elde edilmiştir. Bilgiye ulaşmanın kolaylaşması ile birlikte veriler hızlı ve doğru şekilde elde edilebilmiştir. Modelin doğru verilerle kurulması ortaya çıkacak sonucun güvenilirliğini etkileyeceğinden, doğru kaynaktan ve doğru formatta bilgiye ulaşmak önem arz etmektedir. Sadece belli bir dönem içerisindeki veriler kullanılarak deterministik bir model oluşturulmuştur. Bu model kısıtlı bir dönemi içerdiğinden portföy oluşturma aşamasında tahmini bir sonuç ortaya çıkarmaktadır. Ayrıca tüm matematiksel modellerin doğruluğu belli kısıtlar ve varsayımlar altında geçerli olmakta ve bu şekilde gerçeğe yakın sonuçlar ortaya çıkmaktadır. Oluşturulan modelde geçmiş verilerden hareketle tahmini bir portföy oluşturulması gerçek verilerle ve gerçeği yansıtacak bir modelle sağlanmaya çalışılmıştır.

Verilerin yapısından yola çıkılarak model kurulması aşamasında oyuncuların karşılıklı kazançları kayıplarına eşit olacağından “iki kişili sıfır toplamlı oyun teorisi yöntemi” tercih edilmiştir. Bu verilerden hareketle her ay için kazanç matrisleri oluşturulmuş ve hem “Oyun Teorisi” yöntemleriyle hem de “Doğrusal Programlama” yöntemiyle analiz yapılmıştır. Her ay için hangi yatırım aracının optimal çözüm verdiği iki yöntemle saptanarak karşılaştırma sağlanmıştır. Elde edilen sonuçlardan iki yöntemle de bulunan optimal çözümlerin çakıştığı belirlenmiştir. Bu şekilde uygulama hipotezlerinin kabul edildiği belirlenmiştir.

Ülkenin içerisinde bulunduğu siyasi durum, diğer ülkelerle ilişkiler, ekonomik bunalımlar gibi etkenler ekonomiyi dolayısıyla yatırım araçlarını etkilemektedir. Bu durum yıllar içerisinde ve dönemler itibariyle değişik dalgalanmalara yol açmaktadır. Bu çalışmada, matematiksel modelleme ve oyun teorisi yöntemleri kullanılarak bu gibi etkenlerden arındırma mümkün olmadığından; piyasayı etkileyen etkenlerin sabit olduğu varsayımı altında tutarlı sonuçlar vermektedir. Gelecek çalışmalar için daha uzun süreli veriler kullanılabileceği gibi tercih edilen yatırım araçlarının farklılaştırılması mümkündür. Ayrıca belirlenen aylık dönemler haftalık ya da üç aylık dönemler olarak kullanılarak farklı sonuçların incelenmesi sağlanabilir.

Genellikle oyun teorisi yöntemi akademik çalışmalarda kullanıldığından günlük hayatta uygulama alanı halen gelişmekte olan bir yöntemdir. Yapılan bu uygulamayla teorinin farklı çalışma alanlarına konu olabileceği aşikardır. Hem iş hayatındaki hem de günlük hayattaki gerçek olayların modellenmesi için kullanılabilecek bu yöntem gelecek vaat etmektedir. Farklı bakış açılarıyla farklı konularda çalışmalar için açık olan bu yöntem, akademik çalışmalarda kullanılmasının geliştirilmesi ve sonuçlarının güvenilirliği açısından tercih edilmiştir.

KAYNAKLAR

Aktan, C.C., Bahçe, A.B., 2007. "Kamu Tercihi Perspektifinden Oyun Teorisi", 2007, http://www.canaktan.org/ekonomi/oyn-teorisi/makaleler/aktan-abdbahce.pdf 07 Şubat 2016.

Alpaslan, F., 1978. Oyun Teorisi, Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Yayınları, Erzurum.

Aplak, H.S., 2010. Karar verme sürecinde bulanık mantık bazlı oyun teorisi uygulamaları, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Bekar, M., 2008. Oyun teorisi ve ekonomik modelleme, Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya.

Brandenburger, A.M., Nalebuff B.J., (Çev.Levent Cinemre) 2015. Oyun Teorisi ve Ortaklaşa Rekabet, Scala Yayıncılık, İstanbul.

Bolak M., 2001. Serbest Piyasa Menkul Kıymet ve Portföy Analizi, Beta Basım Yayın, İstanbul.

Ceylan, H., 2010. Genetik Algoritma ve Oyun Teorisi Yaklaşımları ile Şehiriçi Trafik Yönetimi, Proje No: 104I119, Bilimsel Araştırma Projesi, TÜBİTAK.

Çevikkan, N., 2010. Oyun teorisi ve sektörel bir uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

Cinemre, N., 2004. Yöneylem Araştırması, Beta Yayınları, İstanbul.

Church, J., Ware, R., 2000. Industrial Organization. McGraw Hill, Singapore.

Doğukanlı, H., Canbaş, S., 2012. Finansal Pazarlar, Karahan Kitabevi, Adana.

Evyapan, B., 2009. Oyun Teorisi ve İMKB' de Sektörel Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.

Gedikoğlu, Z.A., 2012. İMKB'de sektörel yatırımın oyun teorisi ile analizi, Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Gibbons, R., 1992. Game Theory for applied economists, Princeton University Press, Princeton.

Gintis, H., 2009. Game Theory evolving: A problem-centered introduction to evolutionary game theory, Princeton University Press, Princeton.

Hücümen, M., 2007. Oyun teorisi ve firmaların stratejik davranışlarının modellenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kocaeli.

Kandır, S.Y., 2010. Kurumsal yatırımcıların İMKB şirketlerine yönelik yatırım tercihlerinin araştırılması, İMKB Dergisi, 11-44, 31-60.

Karan, M.B., 2013. Yatırım analizi ve portföy yönetimi, Gazi Kitabevi, Ankara.

Kılıç, U.H., 2014. Kobi sahipleri ve finansçı olmayan yöneticiler için finans, Sinemis Yayınları, Ankara.

Kural, H., 2007. Karar verme sürecinde oyun teorisi ve sektörel uygulamalar, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.

Myerson, R., 1991. Game Theory:Analysis of Conflict, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.

Nash, J., 1950. Equilibrium Points in N-Person Games, Proceedings of the National Academy of the United States of America, Washington, ABD.

Nash, J., 1951. Non-Cooperative Games, Annals of Mathematics Journal, 54-2, New Jersey, ABD.

Neumann, J.V.,Morgenstern, O., 1944. Theory of games and economic behavior, Princeton University Press.

Osborne, M., 2000. An introduction to game theory, Oxford University Press, Oxford.

Osborne, M.,Ariel, R., 1994. A course in game theory, MIT Press, Cambridge.

Özkan, D., 2009. Advertısıng and Qualıty İnvestment Decısıons in Supply Chaıns: A Game Theoretıc Analysıs, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Öztürk, A., 2001. Yöneylem Araştırması Ekin Kitabevi, 7. Baskı, Bursa.

Rençber, B.A., 2012. Karar vermede oyun teorisi tekniği ve bir uygulama, Uşak Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 97-107.

Roux D., (Çev.Mehmet A. Kılıçbay), 2004. İktisadın Nobeli, Bahçeşehir Üniversitesi Yayınları, İstanbul.

Saleh, Y., 2011. Centralızed and decentralızed management of water resources wıth multıple users, Doktora Tezi, Bilkent Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Sancak. Y., 2008. Borsa İşlemlerinde Oyun Teorisi Kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.

Şahin, A., Miran B., 2010. Risk Koşullarında Tarım İşletmelerinin Planlanması: Oyun Teorisi Yaklaşımı, Hayvansal Üretim 51(1), 31-39.

Uysal, A.B., Bölen, F., 2006. Su havzasında planlama ve oyun teorisi, İTÜ dergisi 5/2/2, 189-198

Taha, Hamdy A., 2000. Yöneylem Araştırması, Literatür Yayıncılık, İstanbul.

Toraman, A., 1982. Oyun Teorisine Giriş, Fen-Edebiyat Fakültesi Ofset Tesisleri, İstanbul.

Yıldırım, S., 2006. Oyun teorisi ile İMKB'de sektör analizi, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

Yılmaz, E., 2012. Oyun Teorisi, Literatür Yayıncılık, İstanbul.

Yürüten, S., 2010. Sıfır toplamlı iki kişili oyun modeli yaklaşımı ile finansal piyasaların incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

Walker, P., 1999. "Zermelo and the Early History of Game Theory" Department of Economics, University of Cantenbury, Yeni Zellanda.

URL-1,https://www.economics.utoronto.ca/osborne/MathTutorial/TUCKER.HTM 31 Aralık 2015

URL-2 http://www.yatirimyapiyorum.gov.tr/yatirim-araclari.aspx 15 Şubat 2016

URL-3, http://www.spk.gov.tr/indexcont.aspx?action=showpage&menuid=3&pid=0
15 Şubat 2016

URL-4, http://www.borsaistanbul.com/kurumsal/borsa-istanbul-hakkinda/hakkimizda
1 Mayıs 2016.

URL-5, http://www.borsaistanbul.com/urunler-ve-piyasalar/piyasalar 1 Mayıs 2015

URL 6, http://www.tefas.gov.tr/TarihselVeriler.aspx 15 Mart 2016

URL-7, http://www.tcmb.gov.tr 15 Mart 2016

EKLER

EK TABLO-1

FİYAT ENDEKSLERİ						
YIL	AY	DOLAR	EURO	ALTIN	MEVDUAT	BIST 30
2010	ARALIK	1,49600	1,95860	67,35000	55,51548	0,01853
2011	OCAK	1,53760	2,05510	70,60000	50,17329	0,01832
2011	ŞUBAT	1,59910	2,18420	68,95000	49,37918	0,01716
2011	MART	1,59280	2,20260	72,70000	49,74014	0,01645
2011	NISAN	1,53630	2,18220	71,35000	50,10110	0,01710
2011	MAYIS	1,51410	2,24960	76,00000	48,72945	0,01820
2011	HAZIRAN	1,58590	2,28440	78,55000	50,67863	0,01698
2011	TEMMUZ	1,61570	2,33970	78,90000	52,84438	0,01699
2011	AĞUSTOS	1,67330	2,38800	87,10000	52,84438	0,01663
2011	EYLÜL	1,74540	2,51860	103,20000	51,47274	0,01450
2011	EKIM	1,85120	2,50070	97,40000	52,77219	0,01614
2011	KASIM	1,74580	2,44510	97,50000	59,12507	0,01523
2011	ARALIK	1,84090	2,45180	98,60000	64,53945	0,01456
2012	OCAK	1,88890	2,44380	98,66000	62,59027	0,01366
2012	ŞUBAT	1,76400	2,32600	98,61000	59,12507	0,01515
2012	MART	1,73750	2,33780	96,60000	62,01274	0,01590
2012	NISAN	1,77290	2,36640	94,94000	62,51808	0,01632
2012	MAYIS	1,74890	2,31320	92,61000	64,25068	0,01565
2012	HAZIRAN	1,84040	2,28400	93,94000	64,75603	0,01465
2012	TEMMUZ	1,80650	2,27420	92,94000	59,34164	0,01681
2012	AĞUSTOS	1,78640	2,19290	93,91000	54,50479	0,01720
2012	EYLÜL	1,81110	2,27500	101,10000	53,27753	0,01807
2012	EKIM	1,78470	2,30850	101,54000	49,88452	0,01777
2012	KASIM	1,78530	2,30971	99,51000	49,01822	0,01777
2012	ARALIK	1,77740	2,31140	96,98000	48,15192	0,01980
2013	OCAK	1,77760	2,34520	95,25000	45,48082	0,02118
2013	ŞUBAT	1,75480	2,37870	93,19000	42,73753	0,02113
2013	MART	1,79550	2,35600	92,64000	43,17068	0,02122
2013	NISAN	1,80870	2,31890	86,37000	41,00493	0,02285

2013	MAYIS	1,79630	2,34850	84,23000	38,18945	0,02311
2013	HAZIRAN	1,88420	2,44980	83,00000	42,88192	0,02305
2013	TEMMUZ	1,92480	2,51370	80,59000	46,92466	0,02035
2013	AĞUSTOS	1,93090	2,56080	85,86000	50,82301	0,01953
2013	EYLÜL	2,03110	2,69300	88,05000	50,96740	0,01792
2013	EKIM	2,03650	2,75020	84,26000	48,58507	0,01992
2013	KASIM	1,98950	2,72000	83,36000	50,24548	0,02000
2013	ARALIK	2,01740	2,74540	81,47000	52,62781	0,02010
2014	OCAK	2,13040	2,93440	89,21000	61,65178	0,01809
2014	ŞUBAT	2,26960	3,07260	92,46000	68,87096	0,01665
2014	MART	2,21290	3,04770	95,52000	72,62493	0,01685
2014	NISAN	2,15570	2,96990	89,12000	70,82014	0,01883
2014	MAYIS	2,11540	2,92520	86,98000	66,77740	0,01996
2014	HAZIRAN	2,09160	2,84710	87,53000	63,09562	0,02156
2014	TEMMUZ	2,12260	2,89790	89,81000	58,61973	0,02131
2014	AĞUSTOS	2,13330	2,85600	90,23000	57,82562	0,02230
2014	EYLÜL	2,15840	2,84510	88,38000	60,64110	0,02172
2014	EKIM	2,27720	2,87460	89,04000	60,42452	0,02030
2014	KASIM	2,20270	2,76620	84,84000	60,78548	0,02041
2014	ARALIK	2,21020	2,75350	88,65000	66,56082	0,02341
2015	OCAK	2,32690	2,82720	94,21000	63,24000	0,02323
2015	ŞUBAT	2,41760	2,73970	97,59000	63,52877	0,02390
2015	MART	2,50770	2,81480	98,55000	65,91110	0,02251
2015	NISAN	2,61340	2,80750	102,55000	66,41644	0,02163
2015	MAYIS	2,65590	2,97090	102,13000	66,48863	0,02254
2015	HAZIRAN	2,65870	2,91460	102,84000	68,72658	0,02246
2015	TEMMUZ	2,68500	2,99820	98,70000	68,72658	0,02235
2015	AĞUSTOS	2,78390	3,05060	102,64000	67,13836	0,02180
2015	EYLÜL	2,91790	3,27160	109,35000	73,13027	0,02061
2015	EKIM	3,02510	3,39410	109,17000	71,32548	0,02037
2015	KASIM	2,91490	3,20680	100,85000	71,39767	0,02042
2015	ARALIK	2,91090	3,07950	100,66000	73,92438	0,02071

EK TABLO-2

GETİRİ ORANLARI						
YIL	AY	DOLAR	EURO	ALTIN	MEVDUAT	BIST 30
2011	OCAK	2,78075%	4,92699%	4,82554%	0,50173%	-1,12784%
2011	ŞUBAT	3,99974%	6,28193%	-2,33711%	0,49379%	-6,32573%
2011	MART	-0,39397%	0,84241%	5,43872%	0,49740%	-4,18342%
2011	NISAN	-3,54721%	-0,92618%	-1,85695%	0,50101%	3,98905%
2011	MAYIS	-1,44503%	3,08863%	6,51717%	0,48729%	6,43237%
2011	HAZIRAN	4,74209%	1,54694%	3,35526%	0,50679%	-6,69194%
2011	TEMMUZ	1,87906%	2,42077%	0,44558%	0,52844%	0,05299%
2011	AĞUSTOS	3,56502%	2,06437%	10,39290%	0,52844%	-2,12453%
2011	EYLÜL	4,30885%	5,46901%	18,48450%	0,51473%	-12,80139%
2011	EKIM	6,06165%	-0,71071%	-5,62016%	0,52772%	11,27431%
2011	KASIM	-5,69360%	-2,22338%	0,10267%	0,59125%	-5,63921%
2011	ARALIK	5,44736%	0,27402%	1,12821%	0,64539%	-4,38694%
2012	OCAK	2,60742%	-0,32629%	0,06085%	0,62590%	-6,20235%
2012	ŞUBAT	-6,61231%	-4,82036%	-0,05068%	0,59125%	10,96221%
2012	MART	-1,50227%	0,50731%	-2,03833%	0,62013%	4,91652%
2012	NISAN	2,03741%	1,22337%	-1,71843%	0,62518%	2,62297%
2012	MAYIS	-1,35371%	-2,24814%	-2,45418%	0,64251%	-4,09439%
2012	HAZIRAN	5,23186%	-1,26232%	1,43613%	0,64756%	-6,39100%
2012	TEMMUZ	-1,84199%	-0,42907%	-1,06451%	0,59342%	14,78118%
2012	AĞUSTOS	-1,11265%	-3,57488%	1,04368%	0,54505%	2,31382%
2012	EYLÜL	1,38267%	3,74390%	7,65627%	0,53278%	5,03459%
2012	EKIM	-1,45768%	1,47253%	0,43521%	0,49885%	-1,64388%
2012	KASIM	0,03362%	0,05245%	-1,99921%	0,49018%	0,00120%
2012	ARALIK	-0,44250%	0,07313%	-2,54246%	0,48152%	11,39990%
2013	OCAK	0,01125%	1,46232%	-1,78387%	0,45481%	6,99131%
2013	ŞUBAT	-1,28263%	1,42845%	-2,16273%	0,42738%	-0,24551%
2013	MART	2,31935%	-0,95430%	-0,59019%	0,43171%	0,44964%
2013	NISAN	0,73517%	-1,57470%	-6,76813%	0,41005%	7,66150%
2013	MAYIS	-0,68558%	1,27647%	-2,47771%	0,38189%	1,12040%

2013	HAZIRAN	4,89339%	4,31339%	-1,46029%	0,42882%	-0,24237%
2013	TEMMUZ	2,15476%	2,60838%	-2,90361%	0,46925%	-11,72285%
2013	AĞUSTOS	0,31692%	1,87373%	6,53927%	0,50823%	-4,03499%
2013	EYLÜL	5,18929%	5,16245%	2,55066%	0,50967%	-8,23005%
2013	EKIM	0,26587%	2,12403%	-4,30437%	0,48585%	11,18366%
2013	KASIM	-2,30788%	-1,09810%	-1,06812%	0,50245%	0,38733%
2013	ARALIK	1,40236%	0,93382%	-2,26727%	0,52628%	0,48916%
2014	OCAK	5,60127%	6,88424%	9,50043%	0,61652%	-9,97114%
2014	ŞUBAT	6,53398%	4,70965%	3,64309%	0,68871%	-7,96949%
2014	MART	-2,49824%	-0,81039%	3,30954%	0,72625%	1,16503%
2014	NISAN	-2,58484%	-2,55274%	-6,70017%	0,70820%	11,76540%
2014	MAYIS	-1,86946%	-1,50510%	-2,40126%	0,66777%	5,99639%
2014	HAZIRAN	-1,12508%	-2,66990%	0,63233%	0,63096%	8,05231%
2014	TEMMUZ	1,48212%	1,78427%	2,60482%	0,58620%	-1,18716%
2014	AĞUSTOS	0,50410%	-1,44587%	0,46765%	0,57826%	4,66022%
2014	EYLÜL	1,17658%	-0,38165%	-2,05032%	0,60641%	-2,61872%
2014	EKIM	5,50408%	1,03687%	0,74678%	0,60425%	-6,53405%
2014	KASIM	-3,27156%	-3,77096%	-4,71698%	0,60785%	0,57591%
2014	ARALIK	0,34049%	-0,45911%	4,49081%	0,66561%	14,68096%
2015	OCAK	5,28007%	2,67659%	6,27186%	0,63240%	-0,78592%
2015	ŞUBAT	3,89789%	-3,09493%	3,58773%	0,63529%	2,89737%
2015	MART	3,72684%	2,74118%	0,98371%	0,65911%	-5,80729%
2015	NISAN	4,21502%	-0,25934%	4,05885%	0,66416%	-3,91329%
2015	MAYIS	1,62623%	5,82012%	-0,40956%	0,66489%	4,19749%
2015	HAZIRAN	0,10543%	-1,89505%	0,69519%	0,68727%	-0,35492%
2015	TEMMUZ	0,98921%	2,86832%	-4,02567%	0,68727%	-0,47195%
2015	AĞUSTOS	3,68343%	1,74772%	3,99189%	0,67138%	-2,48278%
2015	EYLÜL	4,81339%	7,24448%	6,53741%	0,73130%	-5,46814%
2015	EKIM	3,67388%	3,74435%	-0,16461%	0,71325%	-1,14039%
2015	KASIM	-3,64285%	-5,51840%	-7,62114%	0,71398%	0,23466%
2015	ARALIK	-0,13723%	-3,96969%	-0,18840%	0,73924%	1,40646%

EK TABLO-3

KAZANÇ TABLOSU						
YIL	AY	DOLAR	EURO	ALTIN	MEVDUATK	BIST 30
2011	OCAK	102,78075%	104,92699%	104,82554%	100,50173%	98,87216%
2011	ŞUBAT	103,99974%	106,28193%	97,66289%	100,49379%	93,67427%
2011	MART	99,60603%	100,84241%	105,43872%	100,49740%	95,81658%
2011	NISAN	96,45279%	99,07382%	98,14305%	100,50101%	103,98905%
2011	MAYIS	98,55497%	103,08863%	106,51717%	100,48729%	106,43237%
2011	HAZIRAN	104,74209%	101,54694%	103,35526%	100,50679%	93,30806%
2011	TEMMUZ	101,87906%	102,42077%	100,44558%	100,52844%	100,05299%
2011	AĞUSTOS	103,56502%	102,06437%	110,39290%	100,52844%	97,87547%
2011	EYLÜL	104,30885%	105,46901%	118,48450%	100,51473%	87,19861%
2011	EKIM	106,06165%	99,28929%	94,37984%	100,52772%	111,27431%
2011	KASIM	94,30640%	97,77662%	100,10267%	100,59125%	94,36079%
2011	ARALIK	105,44736%	100,27402%	101,12821%	100,64539%	95,61306%
2012	OCAK	102,60742%	99,67371%	100,06085%	100,62590%	93,79765%
2012	ŞUBAT	93,38769%	95,17964%	99,94932%	100,59125%	110,96221%
2012	MART	98,49773%	100,50731%	97,96167%	100,62013%	104,91652%
2012	NISAN	102,03741%	101,22337%	98,28157%	100,62518%	102,62297%
2012	MAYIS	98,64629%	97,75186%	97,54582%	100,64251%	95,90561%
2012	HAZIRAN	105,23186%	98,73768%	101,43613%	100,64756%	93,60900%
2012	TEMMUZ	98,15801%	99,57093%	98,93549%	100,59342%	114,78118%
2012	AĞUSTOS	98,88735%	96,42512%	101,04368%	100,54505%	102,31382%
2012	EYLÜL	101,38267%	103,74390%	107,65627%	100,53278%	105,03459%
2012	EKIM	98,54232%	101,47253%	100,43521%	100,49885%	98,35612%
2012	KASIM	100,03362%	100,05245%	98,00079%	100,49018%	100,00120%
2012	ARALIK	99,55750%	100,07313%	97,45754%	100,48152%	111,39990%
2013	OCAK	100,01125%	101,46232%	98,21613%	100,45481%	106,99131%
2013	ŞUBAT	98,71737%	101,42845%	97,83727%	100,42738%	99,75449%
2013	MART	102,31935%	99,04570%	99,40981%	100,43171%	100,44964%
2013	NISAN	100,73517%	98,42530%	93,23187%	100,41005%	107,66150%
2013	MAYIS	99,31442%	101,27647%	97,52229%	100,38189%	101,12040%
2013	HAZIRAN	104,89339%	104,31339%	98,53971%	100,42882%	99,75763%
2013	TEMMUZ	102,15476%	102,60838%	97,09639%	100,46925%	88,27715%
2013	AĞUSTOS	100,31692%	101,87373%	106,53927%	100,50823%	95,96501%

2013	EYLÜL	105,18929%	105,16245%	102,55066%	100,50967%	91,76995%
2013	EKIM	100,26587%	102,12403%	95,69563%	100,48585%	111,18366%
2013	KASIM	97,69212%	98,90190%	98,93188%	100,50245%	100,38733%
2013	ARALIK	101,40236%	100,93382%	97,73273%	100,52628%	100,48916%
2014	OCAK	105,60127%	106,88424%	109,50043%	100,61652%	90,02886%
2014	ŞUBAT	106,53398%	104,70965%	103,64309%	100,68871%	92,03051%
2014	MART	97,50176%	99,18961%	103,30954%	100,72625%	101,16503%
2014	NISAN	97,41516%	97,44726%	93,29983%	100,70820%	111,76540%
2014	MAYIS	98,13054%	98,49490%	97,59874%	100,66777%	105,99639%
2014	HAZIRAN	98,87492%	97,33010%	100,63233%	100,63096%	108,05231%
2014	TEMMUZ	101,48212%	101,78427%	102,60482%	100,58620%	98,81284%
2014	AĞUSTOS	100,50410%	98,55413%	100,46765%	100,57826%	104,66022%
2014	EYLÜL	101,17658%	99,61835%	97,94968%	100,60641%	97,38128%
2014	EKIM	105,50408%	101,03687%	100,74678%	100,60425%	93,46595%
2014	KASIM	96,72844%	96,22904%	95,28302%	100,60785%	100,57591%
2014	ARALIK	100,34049%	99,54089%	104,49081%	100,66561%	114,68096%
2015	OCAK	105,28007%	102,67659%	106,27186%	100,63240%	99,21408%
2015	ŞUBAT	103,89789%	96,90507%	103,58773%	100,63529%	102,89737%
2015	MART	103,72684%	102,74118%	100,98371%	100,65911%	94,19271%
2015	NISAN	104,21502%	99,74066%	104,05885%	100,66416%	96,08671%
2015	MAYIS	101,62623%	105,82012%	99,59044%	100,66489%	104,19749%
2015	HAZIRAN	100,10543%	98,10495%	100,69519%	100,68727%	99,64508%
2015	TEMMUZ	100,98921%	102,86832%	95,97433%	100,68727%	99,52805%
2015	AĞUSTOS	103,68343%	101,74772%	103,99189%	100,67138%	97,51722%
2015	EYLÜL	104,81339%	107,24448%	106,53741%	100,73130%	94,53186%
2015	EKIM	103,67388%	103,74435%	99,83539%	100,71325%	98,85961%
2015	KASIM	96,35715%	94,48160%	92,37886%	100,71398%	100,23466%
2015	ARALIK	99,86277%	96,03031%	99,81160%	100,73924%	101,40646%

EK TABLO-4

Ocak Ayı Çözümleri

		DOĞA				
		2011	2012	2013	2014	2015
YATIRIMCI	DOLAR	1,027807487	1,026074203	1,000112524	1,05601269	1,052800652
	EURO	1,049269887	0,996737091	1,014623172	1,068842427	1,026765934
	ALTIN	1,048255382	1,000608519	0,98216127	1,095004296	1,062718556
	MEVDUAT	1,005017329	1,006259027	1,004548082	1,006165178	1,006324
	BİST30	0,988721602	0,937976509	1,069913114	0,900288586	0,992140783

YATIRIM ARAÇLARI	x_i^1	x_i
DOLAR	0,82600744	0,84
EURO	0,00000000	0,00
ALTIN	0,00000000	0,00
MEVDUAT	0,00000000	0,00
BİST30	0,16253619	0,16
Z=1/V	1,01158914	
V=Oyunun değeri	0,988543629	

Şubat Ayı Çözümleri

		DOĞA				
		2011	2012	2013	2014	2015
YATIRIMCI	DOLAR	1,039997399	0,93387686	0,987173717	1,065339842	1,038978899
	EURO	1,062819328	0,951796383	1,014284496	1,04709651	0,969050651
	ALTIN	0,976628895	0,999493209	0,978372703	1,036430893	1,035877295
	MEVDUAT	1,004937918	1,005912507	1,004273753	1,006887096	1,006352877
	BİST30	0,936742714	1,109622144	0,997544854	0,920305074	1,028973652

YATIRIM ARAÇLARI	x_i^1	x_i
DOLAR	0,82600744	0,84
EURO	0,00000000	0,00
ALTIN	0,00000000	0,00
MEVDUAT	0,00000000	0,00
BİST30	0,16253619	0,16
Z=1/V	1,01158914	
V=Oyunun değeri	0,988543629	

Mart Ayı Çözümleri

		DOĞA				
		2011	2012	2013	2014	2015
YATIRIMCI	DOLAR	0,996060284	0,984977324	1,023193526	0,975017624	1,037268365
	EURO	1,008424137	1,005073087	0,990456972	0,991896114	1,02741176
	ALTIN	1,054387237	0,979616672	0,994098079	1,033095393	1,009837073
	MEVDUAT	1,004974014	1,006201274	1,004317068	1,007262493	1,00659111
	BİST30	0,958165822	1,049165182	1,004496403	1,011650252	0,941927116

YATIRIM ARAÇLARI	x_i^1	x_i
DOLAR	0,08525365	0,09
EURO	0,00000000	0,00
ALTIN	0,08188665	0,08
MEVDUAT	0,76036876	0,76
BİST30	0,06741125	0,07
Z=1/V	1,005105632	
V=Oyunun değeri	0,994920303	

Nisan Ayı Çözümleri

		DOĞA				
		2011	2012	2013	2014	2015
YATIRIMCI	DOLAR	0,964527875	1,020374101	1,007351713	0,974151566	1,042150177
	EURO	0,990738218	1,012233724	0,984252971	0,974472553	0,997406565
	ALTIN	0,981430536	0,982815735	0,932318653	0,932998325	1,040588534
	MEVDUAT	1,00501011	1,006251808	1,004100493	1,007082014	1,006641644
	BİST30	1,039890544	1,026229714	1,076614993	1,117654043	0,960867055

YATIRIM ARAÇLARI	x_i^1	x_i
DOLAR	0,00186276	0,00
EURO	0,00000000	0,00
ALTIN	0,00000000	0,00
MEVDUAT	0,97059911	0,98
BİST30	0,02186903	0,02
Z=1/V	1,005701417	
V=Oyunun değeri	0,994330905	

Mayıs Ayı Çözümleri

		DOĞA				
		2011	2012	2013	2014	2015
YATIRIMCI	DOLAR	0,985549697	0,986462857	0,993144247	0,981305376	1,01626234
	EURO	1,030886262	0,977518594	1,012764673	0,984948988	1,058201247
	ALTIN	1,065171689	0,975458184	0,975222878	0,975987433	0,995904437
	MEVDUAT	1,004872945	1,006425068	1,003818945	1,00667774	1,006648863
	BİST30	1,064323724	0,959056083	1,011203991	1,059963884	1,041974852

YATIRIM ARAÇLARI	x_i^1	x_i
DOLAR	0,00000000	0,00
EURO	0,06854593	0,07
ALTIN	0,00000000	0,00
MEVDUAT	0,92703880	0,93
BİST30	0,00000000	0,00
Z=1/V	1,00443486	
V=Oyunun değeri	0,995584721	

Haziran Ayı Çözümleri

		DOĞA				
		2011	2012	2013	2014	2015
YATIRIMCI	DOLAR	1,04742091	1,0523186	1,04893392	0,988749173	1,001054257
	EURO	1,015469417	0,987376794	1,043133915	0,973300971	0,981049514
	ALTIN	1,033552632	1,0143613	0,985397127	1,006323293	1,006951924
	MEVDUAT	1,005067863	1,006475603	1,004288192	1,006309562	1,006872658
	BİST30	0,9330806	0,936089985	0,997576282	1,080523125	0,996450754

YATIRIM ARAÇLARI	x_i^1	x_i
DOLAR	0,05181639	0,05
EURO	0,00000000	0,00
ALTIN	0,00517462	0,01
MEVDUAT	0,92282170	0,93
BİST30	0,01380348	0,01
Z=1/V	1,006424831	
V=Oyunun değeri	0,993616184	

Temmuz Ayı Çözümleri

		DOĞA				
		2011	2012	2013	2014	2015
YATIRIMCI	DOLAR	1,018790592	0,981580091	1,021547606	1,01482119	1,009892053
	EURO	1,024207669	0,995709282	1,026083762	1,017842717	1,028683181
	ALTIN	1,004455761	0,989354907	0,970963855	1,026048212	0,959743291
	MEVDUAT	1,005284438	1,005934164	1,004692466	1,005861973	1,006872658
	BİST30	1,000529942	1,147811839	0,882771487	0,988128362	0,995280499

YATIRIM ARAÇLARI	x_i^1	x_i
DOLAR	0,00000000	0,00
EURO	0,88711301	0,90
ALTIN	0,00000000	0,00
MEVDUAT	0,00000000	0,00
BİST30	0,10166589	0,10
Z=1/V	1,011348438	
V=Oyunun değeri	0,988778903	

Ekim Ayı Çözümleri

		DOĞA				
		2011	2012	2013	2014	2015
YATIRIMCI	DOLAR	1,060616478	0,985423223	1,002658658	1,055040771	1,03673875
	EURO	0,992892877	1,014725275	1,021240253	1,010368704	1,037443453
	ALTIN	0,94379845	1,004352127	0,956956275	1,007467753	0,998353909
	MEVDUAT	1,005277219	1,004988452	1,004858507	1,006042452	1,007132548
	BİST30	1,11274307	0,983561189	1,111836598	0,934659483	0,988596108

YATIRIM ARAÇLARI	x_i^1	x_i
DOLAR	0,10427239	0,11
EURO	0,81031512	0,82
ALTIN	0,00000000	0,00
MEVDUAT	0,00000000	0,00
BİST30	0,07625380	0,08
Z=1/V	1,009243344	
V=Oyunun değeri	0,990841313	

Aralık Ayı Çözümleri

		DOĞA				
		2011	2012	2013	2014	2015
YATIRIMCI	DOLAR	1,054473594	0,995574973	1,014023624	1,003404912	0,99862774
	EURO	1,002740174	1,000731332	1,009338235	0,995408864	0,960303106
	ALTIN	1,011282051	0,97457542	0,977327255	1,044908062	0,998116014
	MEVDUAT	1,006453945	1,004815192	1,005262781	1,006656082	1,007392438
	BİST30	0,956130558	1,113999027	1,004891559	1,146809551	1,014064582

YATIRIM ARAÇLARI	x_i^1	x_i
DOLAR	0,19031777	0,19
EURO	0,00000000	0,00
ALTIN	0,00000000	0,00
MEVDUAT	0,62959340	0,63
BİST30	0,17325895	0,17
Z=1/V	1,006876848	
V=Oyunun değeri	0,99317012	

ÖZGEÇMİŞ

1985 yılında İzmir'de doğdum. İlkokul, ortaokul ve lise öğrenimimi İzmir'de tamamladım. 2001-2005 yılları arasında Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği bölümünü tamamladım. 2005-2009 yılları arasında Anadolu Üniversitesi İşletme bölümünü tamamladım ve 2007 yılında Türk Silahlı Kuvvetleri'nde Uzman Memur olarak çalışmaya başladım. 2007-2016 yılları arasında Kara Kuvvetleri Komutanlığında çeşitli illerde ve çeşitli görevlerde çalıştım. 2014 yılında Fırat Üniversitesi İş ve Mühendislik Yönetimi bölümünde yüksek lisans eğitimime başladım ve halen devam etmekteyim.