



TARSUS
ÜNİVERSİTESİ

T.C.

TARSUS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
İKTİSAT ANA BİLİM DALI

**AJAN TABANLI MODELLER: TEK VARLIKLILIK
FİNANSAL PİYASALARDA SÜRÜ İÇGÜDÜSÜ**

TÜRKER KAYMAZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TARSUS - 2024

T.C.
TARSUS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
İKTİSAT ANA BİLİM DALI

**AJAN TABANLI MODELLER: TEK VARLIKLİ
FİNANSAL PİYASALARDA SÜRÜ İÇGÜDÜSÜ**

TÜRKER KAYMAZ

Danışman: Doç. Dr. Fatma Banu BEYAZ SİPAHİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TARSUS - 2024

ÖZET

AJAN TABANLI MODELLER: TEK VARLIKLIL FİNANSAL PİYASALARDA SÜRÜ İÇGÜDÜSÜ

TÜRKER KAYMAZ

Yüksek Lisans, İktisat Ana Bilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Fatma Banu BEYAZ SİPAHİ
Şubat, 2024, 55 sayfa

Finansal piyasalarda sürü davranışı, yatırımcıların bireysel analizler yerine diğer yatırımcıların davranışlarını taklit etme eğilimleri olarak tanımlanır. Bu çalışmada, bu tür kolektif davranışların dinamiklerini ve finansal piyasalar üzerindeki etkilerini incelemek için ajan tabanlı bir model kullanılmıştır. Ajan tabanlı modeller, her bir yatırımcıyı bağımsız bir karar verici olarak modellerken, aynı zamanda bu bireylerin birbirleriyle olan etkileşimlerini de dikkate alır. Bu etkileşimler, piyasada sürü davranışlarının nasıl başladığını ve bu davranışların piyasa dinamikleri üzerinde nasıl dönüştürücü bir etki yaratabileceğini göstermek için kritik öneme sahiptir. Araştırmada kullanılan model, her bir yatırımcı ajanının kendi bilgi setine ve piyasa gözlemlerine dayanarak kararlar almasını simüle ederken, diğer ajanların kararlarını da dikkate almaktadır. Bu interaktif süreç, zamanla sürü davranışlarının nasıl ortaya çıktığını ve piyasa trendlerinin nasıl hızla yayılabileceğini göstermektedir. Çalışma, özellikle ani fiyat hareketleri ve piyasa balonları gibi olayları anlamada ajan tabanlı modellerin potansiyelini vurgulamaktadır. Bulgular, finansal piyasalarda risk yönetimi ve düzenleyici stratejiler geliştirilirken bu tür modellerin önemini ortaya koymaktadır.

Anahtar kelimeler: Sürü davranışı, Finansal piyasalar, Ajan tabanlı modeller, Piyasa balonu

ABSTRACT

AGENT-BASED MODELS: HERD INSTINCT IN SINGLE-ASSET FINANCIAL MARKETS

TÜRKER KAYMAZ

Master Thesis, Department of Economics

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Fatma Banu BEYAZ SIPAHI

February 2024, 55 pages

In financial markets, herd behavior is defined as the tendency of investors to mimic the actions of other investors instead of relying on their individual analyses. This study utilizes an agent-based model to investigate the dynamics of such collective behaviors and their effects on financial markets. Agent-based models simulate each investor as an independent decision-maker while also considering the interactions among these individuals. These interactions are critically important in demonstrating how herd behaviors can initiate in the market and potentially transform market dynamics. The model employed in the research simulates decision-making processes of each investor agent based on their own set of information and market observations, while also taking into account the decisions of other agents. This interactive process illustrates how herd behaviors can emerge over time and how market trends can spread rapidly. The study highlights the potential of agent-based models in understanding phenomena such as sudden price movements and market bubbles. The findings underscore the importance of such models in developing risk management and regulatory strategies within financial markets.

Keywords: Herd behavior, Financial markets, Agent-based models, Market bubble

ÖNSÖZ

Yüksek lisans öğrenimimin ve çalışmanın her aşamasında benden yardımlarını esirgemeyen yapıcı ve yönlendirici fikirleri ile bana daima yol gösteren çok değerli danışman hocam Doç. Dr. Fatma Banu BEYAZ SİPAHİ'ye sonsuz teşekkür ederim.

Tez çalışmalarımda ve beni piyasalar konusunda cesaretlendiren ve yön gösteren çok değerli ağabeyim Dr. Ömür SALTİK'a çok teşekkür ederim. Çalışma süresince destekleriyle her zaman yanımda olan İbrahim ERBAŞÇIVAN'a teşekkürü bir borç bilirim.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ.....	iii
İÇİNDEKİLER	iv
GRAFİKLER LİSTESİ.....	vi
TABLolar LİSTESİ.....	vii
KISALTMALAR LİSTESİ	viii
GİRİŞ	1

BÖLÜM I

KAVRAMSAL ÇERÇEVE VE LİTERATÜR

1.1. Finansal Piyasalar ve Ajan Tabanlı Modellerin Önemi	3
1.2. Finansal Piyasaların Dinamik Yapısı.....	6
1.3. Finansal Piyasalarda Ajan Tabanlı Modellerin Rolü ve Kapsamı	9
1.4. Finansal Piyasalarda Sürü Davranışları.....	14
1.4.1. Sürü Davranışlarının Psikolojik Temelleri	17

BÖLÜM II

ARAŞTIRMA MODELİ TASARIMI

2.1. Araştırma Tasarımı	18
2.1.1. Araştırma Yaklaşımı ve Yöntemleri.....	18
2.1.2. Modelin Temel Parametreleri	18
2.2. Veri Toplama Yöntemleri	20
2.3. Modelleme Yaklaşımları	20
2.3.1. Modelleme Algoritmaları ve Teknikleri	20
2.3.2. Modelin Validasyonu ve Güvenilirliği	21

BÖLÜM III

MODEL GELİŞTİRME VE ANALİZ

3.1. Ajan Tabanlı Modelin Kurulumu	22
3.1.1. Modelin Tasarımı ve Yapılandırılması.....	22

3.2. Tek Varlıklı Piyasalarda Sürü Davranışının Modellemesi.....	24
3.2.1. Model Çerçevesi.....	24

BÖLÜM IV

BULGULAR

4.1. Bulgular.....	31
4.1.1. En Yüksek Bakiyeye Sahip İlk 50 Ajana Ait Simülasyon Sonuçları.....	35
4.1.2. En Düşük Bakiyeye Sahip İlk 50 Ajana Ait Simülasyon Sonuçları	40

SONUÇ VE TARTIŞMA	45
KAYNAKÇA	48
EKLER.....	52
ÖZGEÇMİŞ.....	56

GRAFİKLER LİSTESİ

	Sayfa
Grafik 3.1. Simülasyon Ağırlık Katsayıları.....	30
Grafik 4.1. Meta analiz sonuçları.....	31
Grafik 4.2. Ajanların Zaman İçindeki Bakiye Değişimleri	35
Grafik 4.3. En Yüksek Bakiyeli 50 Ajan.....	36
Grafik 4.4. En Yüksek Bakiyeli 50 Ajanın Cinsiyet Dağılımı	36
Grafik 4.5. En Yüksek Bakiyeli 50 Ajanın Yaş Dağılımı.....	37
Grafik 4.6. En Yüksek Bakiyeli 50 Ajanın Gelir ve Son Bakiye İlişkisi Dağılımı	38
Grafik 4.7. En Yüksek Bakiyeli 50 Ajanın Risk Algısı Dağılımı.....	39
Grafik 4.8. En Yüksek Bakiyeli 50 Ajanın Kaldıraç Kullanımı.....	39
Grafik 4.9. En Düşük Bakiyeli 50 Ajan	40
Grafik 4.10. En Düşük Bakiyeli 50 Ajanın Cinsiyet Dağılımı.....	41
Grafik 4.11. En Düşük Bakiyeli 50 Ajanın Yaş Dağılımı.....	42
Grafik 4.12. En Düşük Bakiyeli 50 Ajanın Gelir ve Son Bakiye İlişkisi Dağılımı.....	43
Grafik 4.13. En Düşük Bakiyeli 50 Ajanın Risk Algısı Dağılımı	43
Grafik 4.14. En Düşük Bakiyeli 50 Ajanın Kaldıraç Kullanımı	44

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 4.1. Ajanların demografik özellikleri	32
---	----



KISALTMALAR LİSTESİ

ANN: Yapay Sinir Ağları



GİRİŞ

Finansal piyasalar, sürekli değişen ve dinamik yapılarıyla ön plana çıkmaktadır. Bu piyasalardaki dalgalanmalar, ekonomik modellerin sınırlarını sorgulatmaktadır. Bu bağlamda, ajan tabanlı modeller, finansal piyasaların anlaşılmasında ve modellenmesinde etkin bir alternatif olarak öne çıkmaktadır. Bu modeller, piyasaları meydana getiren bireysel ajanların etkileşimlerine odaklanmakta ve bu etkileşimlerin geniş ölçekte nasıl karmaşık sonuçlara yol açabileceğini incelemektedir.

Ajan tabanlı modeller, finansal piyasaları etkileyen bireysel ajanların (yatırımcılar, fon sağlayıcılar, piyasa yapıcılar gibi) etkileşimlerini simüle etmektedir. Bu modeller, her bir ajanın piyasa üzerindeki mikro düzeydeki eylemlerini ve bu eylemlerin makro düzeydeki finansal sistem üzerinde nasıl karmaşık sonuçlara yol açabileceğini ele almaktadır. Modeldeki ajanlar, farklı davranış kalıpları, beklentiler ve stratejiler sergilemektedir. Bu çeşitlilik, finansal piyasaların gerçek dünyadaki karmaşıklığını ve heterojenliğini yansıtmaktadır. Ajanların bu çeşitliliği, modelin sonuçlarının daha gerçekçi ve kapsamlı olmasını sağlamaktadır. Örneğin, farklı risk toleransına sahip yatırımcılar veya çeşitli finansal araçlara odaklanan kurumlar, piyasalardaki dalgalanmaları farklı şekillerde etkilemektedirler. Bu etkileşimlerden kaynaklanan geri bildirim döngüleri, finansal sistemdeki dalgalanmaların ve trendlerin oluşumunu açıklamaktadır. Ajanların kararları, diğer ajanlar üzerinde doğrudan etkilere sahip olmakta ve bu etkileşimler, piyasa dinamiklerinin evriminde önemli bir rol oynamaktadır. Örneğin, bir yatırımcının satış kararı, diğer yatırımcılar üzerinde bir zincirleme tepkiye neden olabilir ve bu da piyasa fiyatlarında önemli değişikliklere yol açabilmektedir.

Finansal piyasalar, çağdaş ekonomilerin temel yapı taşları arasında sayılmaktadır. Bu piyasalar, sermayenin verimli bir biçimde ayrıştırılmasını sağlayarak ekonomik büyüme ve istikrarın desteklenmesine katkıda bulunmaktadır. Finansal piyasaların dinamik yapısı, bireylerin ve kurumların finansal kararlarını önemli derecede etkilemektedir. Ayrıca finansal piyasaların dinamik yapısı, çeşitli faktörlerce biçimlendirilmektedir. Bu faktörler içerisinde piyasa volatilitesi, likidite, küresel etkileşimler ve teknolojik gelişmeler yer almaktadır. Piyasa volatilitesi, fiyatların ne derecede hızlı ve sık değiştiğini ifade eder ve yatırımcıların risk algularını şekillendirir.

Globalleşme ve teknolojik yenilikler, finansal piyasaların daha geniş erişilebilir ve etkileşimli olmasına yol açmıştır.

Finansal piyasalardaki ajan tabanlı modeller, ekonomik aktörlerin (ajanlar) kararlarını ve davranışlarını inceleyen matematiksel ve istatistiksel modellerdir. Bu modeller, finansal piyasalardaki karmaşık etkileşimleri ve fiyat hareketlerini anlamaya yardımcı olmaktadır. Ajan tabanlı modeller, ajanlar ve rasyonellik, asimetrik bilgi, karar alma süreci, fiyat oluşumu, çeşitli piyasa modelleri, risk yönetimi, yatırımcı psikolojisi gibi faktörleri simüle etmede son derece interaktiftir.

Bu çalışmada ajan tabanlı modeller aracılığıyla tek varlıklı piyasa piyasada ajanların sürü davranışı simülasyonu yapılmıştır. Çalışma toplamda üç bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde kavramsal çerçeve ve literatür sunulmuştur. İkinci bölümde ise araştırma tasarımı, veri toplama yöntemleri ve modelleme yaklaşımları açıklanmıştır. Üçüncü bölümde modelin kurulu ve ajanların davranış özellikleri yer almaktadır. Dördüncü ve son bölümde ise elde edilen bulgular açıklanarak tartışma ve sonuç bölümü aktarılmıştır.

BÖLÜM I

KAVRAMSAL ÇERÇEVE VE LİTERATÜR

1.1. Finansal Piyasalar ve Ajan Tabanlı Modellerin Önemi

Ajan tabanlı modeller, 2008 finansal krizi sırasında, finansal piyasaları daha derinlemesine anlamak için öne çıkan bir araçtır. Geleneksel ekonomi teorisi, finansal piyasaların karmaşık yapısını, piyasa katılımcılarını rasyonel ve homojen inançlar doğrultusunda modelleyerek basitleştirmektedir. Geleneksel ekonomi teorisi, birçok piyasa fenomenini açıklayabilir ancak finansal balonlar ve çöküşler gibi bifurkasyon ve faz geçişlerine yakın sistemleri açıklamada başarısız olmaktadır. Bouchaud (2008), davranışsal yönleri ve ampirik verileri hesaba katan, finansal piyasaların daha gerçekçi bir temsiline, piyasa etkinliği gibi aksiyomlara odaklanmanın yerini alması gerektiğini savunmaktadır. Çünkü geleneksel teoriler volatil piyasaları açıklayacak bir çerçeve sunmazlar. Bu çerçeve, heterojenlik ve davranışsal yönleri hesaba katarak dengeden uzak fenomenleri tanımlayan "alttan üste" bir yaklaşım olan ajan tabanlı modeller tarafından sağlanabilir. Bu modeller, hesaplamalı ekonomik modellerin daha geniş bir sınıfına ait olup, çoklu ajanların dinamik etkileşimlerini ve bireysel özelliklerini simüle etmektedir. Böylece ajan tabanlı modeller homojen olmayan inançları ve mükemmel olmayan rasyonel ajanları, durağanlık koşullarına bağlı kalmadan analize entegre etmektedirler (Teply ve Klinger,2019). Sonuç olarak, finansal balonlar gibi dengeden uzak piyasa rejimlerini tanımlamak için ajan tabanlı modeller uygundur.

Mikro düzeydeki ajanların etkileşimleri, makro düzeyde faz geçişleri ve kırılma noktaları dahil karmaşık bir yapı ve ortaya çıkan fenomenlere doğal bir şekilde yol açmaktadır. Bu özelliklerle ajan tabanlı modeller, sadece finansal piyasaları modellemek için değil, aynı zamanda birçok disiplin için temel sorunları ele almakta yararlıdır. Özellikle birçok ajanın etkileşiminin matematiksel olarak başka türlü çözülemez olduğu durumlar Axelrod (2006) tarafından açıklanmıştır. Finansal piyasalarla ilgili olarak, Lux ve Westerhoff (2009), ekonomik etkileşimlerin modellenmesinin önemini vurgulamaktadır. Çünkü küreselleşmiş finansal piyasaların çoğu karmaşık toplumlarda ortaya çıkan fenomenlerdir. Ayrıca, davranışsal ekonomide gözlemlenen mikroekonomik düzenliliklerin ve güçlü etkileşimlerin, küreselleşmiş ekonomik sistemlere yönelik daha metodolojik ve esnek modellerin temelini oluşturması gerektiğini savunmaktadırlar.

Ayrıca, Farmer ve Foley (2009), ajan tabanlı modellerin, ekonominin farklı senaryolar altında hükümet politikalarına nasıl tepki vereceğinin nicel bir açıklamasını sağlamak için gerekli olduğunu vurgulamışlardır. Buna göre ajan tabanlı modeller ekonomik karar vericilere, kontrol edilen ve tekrarlanan simülasyonlarla politikaları test ederek rehberlik edebilirler.

Ajan tabanlı modellerin gelişimi tarihsel olarak bilgisayarların gelişimiyle yakından ilişkilidir ve 1990'larda bilgisayarların yaygın kullanımı, karmaşık simülasyonların çalıştırılmasını mümkün kıldığında geniş çapta benimsenmiştir. Ancak, zaten 1940'ların sonlarında, Sakoda (1949), ajanların bir ızgaradaki hücrelerde, madeni paralar kullanılarak konumlandırıldığı ırksal ayrımcılık modelini geliştirmiştir. Finansal piyasaların ilk simülasyonlarından biri Stigler (1964) tarafından geliştirilmiştir. Stigler (1964), Amerikan hisse senedi piyasası üzerinde, ampirik verilere ve siparişlerin rastgele değişkenler olduğu yapay bir sipariş defteri temelinde, Menkul Kıymetler ve Borsa Komisyonu'nun düzenlenmesinin etkisini test etmiştir. Daha sonra, Kyle (1985), varlığın temel değerine değil, eğilimlere ve fiyat desenlerine odaklanan ajanlarla finansal piyasalara yönelik ajan tabanlı modeli geliştirmiş ve irrasyonel ajan terimini ortaya atmıştır.

Rasyonel temel analist yatırımcılar ile sınırlı rasyonelliğe sahip teknikçiler arasındaki etkileşimi açıklayan ilk ajan tabanlı modeller, balonlar ve çöküşler gibi belirli piyasa fenomenlerini anlamak amacıyla geliştirilmiştir. Temelciler, varlığın temel değerini çıkarmayı hedeflerken, teknikçiler fiyat yolundaki desenleri arar veya diğer ajanların görüşlerinden etkilenmektedirler. İlk örneklerden birisi 1980'lerin başındaki dolar balonunu anlamak için geliştirilen Frankel ve Froot'un (1986) ajan tabanlı modelidir. 1987'deki ABD hisse senedi piyasası çöküşünden motive olan Kim ve Markowitz (1989), portföy sigortacıları ve yeniden değerlemecilerin bir hisse senedine veya nakde yatırım yaptığı bir mikro yapı piyasa modeli geliştirmişlerdir. Portföy sigorta stratejilerinin hisse senedi piyasasını istikrarsızlaştırabileceğini ve böylece 1987 çöküşünü açıklayacak bir çerçeve sağladıklarını göstermişlerdir. Ancak, sonraki zaman serisi analizleri, bu modellerin ürettiği zaman serilerinin finansal piyasaların tipik özelliklerini yeniden üretmediğini göstermiştir.

Finansal piyasaların ilk ajan tabanlı modelleri ile eş zamanlı olarak, azınlık oyunları adı verilen yakından ilişkili bir alan gelişmiştir. Bu fikir, Arthur (1994) tarafından ortaya konulan El Farol Bar Problemine dayanmaktadır. Burada her birey

nüfusun %60'ından azı bara gittiğinde bara gitmekten keyif alır, aksi takdirde evde kalmayı tercih eder. Ancak, hepsi bara kaç kişinin geleceğini bilmeden eş zamanlı olarak karar vermek zorundadır. Daha genel olarak, azınlık oyunu, Challet ve Zhang (1997) tarafından formüle edilmiştir. Her oyuncu ikili bir seçim yapar ve azınlıkta kalanlar ile aynı seçimi yapan oyuncular kazanır. Ajanlar, son birkaç zaman adımının sonuçlarına dair paylaşılan bir hafızaya erişim sağlar ve bu bilgilere dayanarak kendi tümevarımsal stratejilerini oluştururlar. Temel azınlık oyunu, zaman içinde alt stratejilerin yeni olanlarla değiştirildiği Darwinist seçim içerecek şekilde genelleştirilmiştir (Challet ve Zhang,1997). Satinover ve Sornette (2007), mevcut bilgilere dayanarak stratejilerini optimize eden ajanların rastgele stratejilerden daha kötü performans gösterebileceği, yani "kontrol yanılması" göstermek için azınlık oyunlarını kullanmışlardır. Azınlık oyunları, Coolen (2005) tarafından finansal piyasaların stilize edilmiş gerçeklerini basit kurallara dayanarak yeniden üretmek için geliştirilmiştir. Gerçek piyasaların veya diğer karmaşık sistemlerin davranışlarını taklit etmek için azınlık oyunlarına dayanan model sınıfı detaylı bir şekilde benimsenmiştir.

Yatırımcıların gelecekteki getirileri sınıflandırıcıların bir kombinasyonunu kullanarak tahmin ettiği bir ajan tabanlı model, Arthur vd., (1996) tarafından geliştirilen Santa Fe hisse senedi piyasasıdır. Bu yapay piyasada ajanlar, mutasyonlar gibi genetik değişikliklere tabidir ve zamanla başarılı stratejiler korunurken başarısız olanlar tekrarlanmaktadır. Aslında bu çalışmada kullanılan model gelecekteki varlık fiyatı hakkında heterojen inançlara sahip ajanların etkileşimini daha geniş bir anlamda açıklamaktadır. Brock ve Hommes (1997)' e göre yatırımcılar, tahmin modellerinin geçmiş performansına dayanarak gelecekteki getirilerin dinamikleri hakkında bilgi sahibi olmaktadır.

Lux ve Marchesi (2000), irrasyonel yatırımcıların ve temel analist yatırımcıların bir arada bulunduğu başka bir ajan tabanlı model önermiştir. Ancak, bu irrasyonel yatırımcılar, diğer yatırımcıların görüşlerinden etkilenecek piyasaya dair iyimser ve kötümser görüşler arasında fikir değiştirmektedirler. Ayrıca, yatırımcılar beklenen getirileri karşılaştırarak temel analist yatırımcılar ve irrasyonel yatırımcılar olmak üzere değişim göstermektedirler. İrrasyonel yatırımcıların sürü davranışı ve stratejiler arası geçiş nedeniyle model, finansal piyasaların stilize edilmiş gerçeklerinden bazılarını, örneğin fazla baskın ve volatilité kümelenmesini yeniden üretmektedir. Ancak bazı araştırmacılar, çok sayıda parametre ve karmaşık geçiş kurallarının fenomenlerin

kaynaklarının belirlenmesini çözülemesini hale getirdiğini belirtmişlerdir (Chakraborti vd.,2011). Temel analizciler ve bu tür irrasyonel yatırımcıların etkileşimi Wyart ve Bouchaud (2007) tarafından daha detaylı analiz edilmiş olup, temelcilerin piyasayı stabilize etmeye meyilli olduğu, irrasyonel yatırımcıların ise piyasayı istikrarsızlaştırdığı gözlemlenmiştir.

Kaizoji vd.,(2015), tarafından süper-üstel büyüyen balonların gelişimine meyilli olan ve temel analizciler ile irrasyonel yatırımcıları içeren bir ajan tabanlı model geliştirilmiştir. Bu model finansal piyasaların en önemli stilize edilmiş gerçeklerini, örneğin volatilitate kümelenmeleri ve getirilerin kalın kuyruklarını yeniden üretmektedir. Temel analizciler, gelecek varlıklarının beklenen faydasını maksimize edecek şekilde yatırım yapmaktadırlar. İrrasyonel yatırımcılar sosyal taklit ve momentum takibinden etkilenmektedirler. Beklenen bir faydayı optimize eden temel analizcileri içeren benzer ajan tabanlı model Chiarella vd.,(2009) tarafından geliştirilmiştir. Ancak, Kaizoji vd., (2015) tarafından geliştirilen model, irrasyonel yatırımcıların tanımında farklılık göstermektedir.

1.2. Finansal Piyasaların Dinamik Yapısı

20. yy.'ın ortalarına kadar ekonomistler, ekonomiyi yalnızca dış etkiler altında denge noktasının değişebildiği bir denge sistemi olarak değerlendirmişlerdir. Buna karşın, modern ekonomi teorisi, ekonominin zamanla bir denge noktasından diğerine geçen, teknoloji, politika, tüketici zevklerindeki değişiklikler ve diğer dış faktörlerden kaynaklanan şoklarla hareket eden dinamik ve karmaşık bir sistem olduğunu öne sürmektedir. Diğer bir deyişle, ekonomi karmaşık sistemlerin iyi bir örneğidir (Kirman, 2011).

Herhangi bir ekonomide önemli bir rol oynayan finansal piyasa karmaşık bir sistemdir. Aslında, finansal piyasa, tahviller, hisse senetleri, türev ürünler, para birimleri, bankalar, emtialar gibi birçok bileşenden oluşur; bu bileşenler birbiriyle etkileşim içindedir ve deneyimlerinden öğrenme ve davranışlarını değiştirme yeteneğine sahiptir. Örneğin, menkul fiyatlarındaki değişiklikler birbirini etkileyebilir ve tasarruf ve kredi kurumları hakkındaki olumsuz bilgilerden etkilenebilir. Ayrıca, piyasanın toplu davranışları bileşenlerinin etkileşimlerinin yanı sıra çevreye ve dış etkilere verdiği tepkinin sonucu olsa da, bileşenlerinin karakteristiklerinin büyüklük sırası ve karmaşıklık derecesi açısından çok farklıdır. Örneğin, konutla ilgili varlıklardaki düşüş, Amerika

Birleşik Devletleri'nin en büyük finansal kurumlarının birçoğunun çöküşüne katkıda bulunmuş ve 2008'de tarihin en büyük krizlerinden birine yol açmıştır (Williams, 2010). Bir finansal sistemin aşırı davranışları, onun doğrusal olmayan yapısını ve karakteristiklerinin tahmin edilmesinin ne kadar zor olduğunu göstermektedir. Ancak, diğer karmaşık sistemler gibi, teorik olarak öngörülen tahminlerden ziyade gerçekleşeceği beklenen olgulara sahip olmaları beklenir (Lewin,1994). Bu nedenle, finansal piyasaları karmaşık sistemler olarak değerlendirmek, ekonomik fenomenlerin mekanizmasını ve etkilerini anlamak ya da açıklamak için yeni bir teori ve teknik seti sunmaktadır. Bunlar arasında faz geçişleri, fiyat getiri dağılımı, volatilité kümelenmesi fenomenleri, bilgisel başarısızlıklar, finansal krizler, dengeden ziyade dinamizm gibi konulardır. Özellikle 2008–2009 küresel finansal krizi sonrasında, finansal piyasaların nadir fakat aşırı volatil durumları daha fazla dikkat çekmiştir. Bu özel durumları daha iyi anlamak, piyasaların istikrarını artırabilir, en kötü senaryoları tahmin edebilir veya potansiyel politikalar değerlendirebilir.

Finansal piyasalar, literatürde yoğun bir şekilde ele alınan karmaşık yapılar olarak bilinmektedir. Geleneksel anlayış, piyasaların arbitraj yoluyla kazanç fırsatlarını yok eden rasyonel yatırımcılarla dolu olduğunu ve bunun sonucunda da sadece riskten kaynaklanan sıfır getiri beklentisinin kaldığını öne sürmektedir. Fakat, psikolojik faktörlerin 1929 Büyük Buhranı, 1987'deki Kara Pazartesi veya 2001'deki dot.com balonu gibi finansal çöküşlerdeki kesin etkisi göz ardı edilmemelidir. Piyasa balonları ve çöküşleri, fiyatların piyasa etkinliği teorisine göre hareket etmesi gerektiği gibi tüm bilgileri yansıtmadığı durumlarda meydana gelmektedir. Etkin piyasa hipotezi ile açıklanamayan ampirik bulgular ve spekülâtif hareketlerin sonuçları olarak görülebilecek özellikler üzerine kurulu geniş bir literatür, fiyatların heterojen piyasa katılımcılarının eylemleriyle şekillendiğini öneren modeller geliştirmiştir. İncelenen temalar, piyasa oyuncularının eylemlerinden türetilen düzensiz döngüler, yani boğa ve ayı piyasalarının değişimlerini kapsamaktadır. Bu alandaki ilk davranışsal modeller, doğrusal ticaret kuralı önerilerinden başlayarak, ardından doğrusal olmayan versiyonlara genişletilmiştir. Ayrıca, yatırım tarzları arasındaki geçiş ve taklitçi davranışlar, geçici modalar, sürü davranışı ve finansal balonların oluşumunu açıklamada önemli bulgular sunmuştur. Bu konu, finansal verilerde rastgele yerine kaotik düzen arayan ampirik çalışmalarla da kesişmektedir (Chalkis, vd.,2021).

İlgili literatürde, yatırım yaklaşımları olarak genellikle iki standart yöntem öne çıkar: temel analiz ve teknik analiz. Temel analiz, bir varlığın gerçek ekonomik temellerini ve gelecek kazanç beklentilerini detaylı bir şekilde inceleyerek alım satım kararlarını desteklemektedir. Bu yöntemde, analizin bir sonucu olarak elde edilen temel değer, yatırımcının işlem kararlarını yönlendirmesidir. Teknik analiz ise grafikler, endeksler, getiri eğilimleri ve piyasa algısı gibi unsurlara dayanarak piyasanın gelecekteki yönünü tahmin etmeye yönelik hızlı ve öz araçlar sunmaktadır. Profesyonel yatırımcılar, piyasaya ne zaman ve nasıl gireceklerini belirlemek için genellikle hem temel hem de teknik analizin bir kombinasyonuna başvururlar (Konak ve Şakrak,2023). Bu bağlamda, temel göstergeler ile teknik endekslerin bir araya gelerek fiyat hareketlerine katkı sağladığı, talebin karmaşık bir şekilde yönlendirildiği bir piyasa yapısından söz etmek mümkündür. Ayrıca, piyasa yapıcılarının rolüne dair bir üçüncü tipoloji de tartışma konusudur: piyasa yapıcılar, fazla talebi absorbe ederek piyasa dengesini sağlayan özel girişimcilerdir. Piyasada, temel ve teknik talep unsurlarının parçalı doğrusal bir şekilde işlediği varsayılır; yatırımcıların sürekli piyasa katılımı yerine, fiyatların adil olmadığını veya bir trendin değiştiğini işaret eden durumlarda piyasaya girip çıktıkları gözlemlenir. Bu, yatırımcıların potansiyel kazanç fırsatlarını algıladıklarında harekete geçtikleri anlamına gelmektedir (Özcan,2021).

Teknik analize dayalı talep sistemin kaotik yapısını ve fiyat dalgalanmalarını artırıcı bir etkiye sahip olabilir; buna karşılık, piyasa yapıcılarının piyasayı dengelemek gibi bir işlevi vardır. Temel değerleri göz ardı ederek spekülasyon yapan yatırımcıların varlığı, piyasa hareketlerini güçlendirerek fiyatları temel değerden saptıran bir dinamik yaratmaktadır. Bu durum, fiyatların yükselmesiyle daha fazla alım yapılmasını teşvik eden ve fiyatı temelden daha da uzaklaştıran finansal balonları örneklendirmektedir. Fiyatlar belirli bir seviyeye ulaştığında, bir istikrarsızlık dönemi başlar ve bu fiyatların düşüşe geçmesine ya da temel değere yakın bir düzeye yumuşak bir şekilde gerilemesine yol açmaktadır. Piyasada, her bir talep bileşeni belirli bir ağırlıkla dengelenir ve bu ağırlıkların oranı, yatırım stilleri arasındaki göreceli etkinin dengesini belirler. Bu nedenle finansal piyasalarda beklendiği üzere ve literatürle uyumlu olarak, temel talebin tek başına periyodik fiyat hareketlerine yol açtığı, teknik talebin ise fiyatları temel değere yaklaştırdığı görülmektedir. Temel talep, fiyatların periyodik bir şekilde dalgalanmasına sebep olurken, teknik talep tersi bir etki yaparak fiyatların temel değere yaklaşmasını sağlamaktadır. Piyasadaki çeşitli yatırım stillerinin etkileşimi, bu katkılar dengeli

olmadığında fiyat dengesizliklerine yol açarken, aksi halde piyasa, etkin piyasa hipotezine uygun bir şekilde, büyük dalgalanmalar olmaksızın kaotik bir biçimde hareket etmektedir. Yani gözlemlenen dengesizlikler, yalnızca belirli bir yatırım stilinin varlığından değil, talebin oluşturulmasındaki katkıların dengesiz dağılımından kaynaklanmaktadır (Evlimoğlu ve Güder,2021).

1.3. Finansal Piyasalarda Ajan Tabanlı Modellerin Rolü ve Kapsamı

Finansal piyasalar üzerine yapılan birçok araştırma, tamamen rasyonel ajanların bilgiyi işleyerek bir varlığın 'temel' değerini doğru bir şekilde çıkarmaları düşüncesi üzerine odaklanmıştır. Ajan tabanlı modellerde grafiksel ajanlar veya sürü davranışı için bir alan yoktur. Temel argüman, fiyatların öngörülebilirliğinin, daha az rasyonel yatırımcıları piyasadan uzaklaştırıp daha yüksek karlar elde etmesi gereken rasyonel yatırımcılar tarafından sifıra indirilmesi gerektiğidir. Yine de ajan tabanlı modeller, piyasanın genellikle rasyonel, temel stratejiyi seçmediğini ve basit teknik ticaret stratejilerinin hayatta kalabileceğini göstermektedir (Kazil, vd.,2020).

Piyasa verimliliği fikri hem güçlü teorik hem de empirik literatürlerle finansal araştırmaların çoğunun merkezinde yer almaktadır. Ampirik açıdan, rastgele yürüyüş modelleri gibi modeller, belirgin şekilde öngörülemez finansal piyasalar için oldukça iyi yaklaşımlar olarak kabul edilmektedir. Grossman ve Stiglitz (1980) tarafından açıklanan bir teorik model, piyasa verimliliği üzerine düşünmek için bir çerçeve sunmaktadır. Modelde, ajanlar bir varlık hakkında sinyal satın alabilirler. Bu bilgi verimliliğinin paradoksal karakteri, bu tür kavramların çokça eleştirilmesinin bir temasıdır.

Piyasa verimliliğini empirik(deneysel) çalışmalarla ilişkilendirmek tartışmalı olsa da geleneksel modellerle açıklanması zor olan pek çok empirik(deneysel) finansal fenomenin var olduğu genel olarak kabul edilmektedir. Bazı araştırmacılara göre, pek çok piyasa endeksi ve para birimi getirilerinin empirik dağılımları, farklı ancak nispeten kısa zaman aralıklarında, asimptotik bir güç yasası azalması göstermektedir (Mandelbrot,1963; Guillaume vd.,1997).

Hisse senedi piyasası getirileri, tek bir günden daha büyük gecikmelerde bağlantısız olurken, volatilitenin korelasyon fonksiyonu pozitif ve yavaş azalan bir yapı gösterir ve bu da uzun hafıza etkilerini işaret etmektedir. Bu durum literatürde volatilitenin kümelenmesi olarak bilinmektedir. Empirik kanıtlar ayrıca, işlem hacmindeki süreklilik ve hacim ile volatilitenin arasındaki pozitif çapraz korelasyonu da göstermektedir. Ayrıca,

getirilerin dağılımının anlık olması ve volatilité otokorelasyonlarının çok yönlü davranış sergilediğine dair kanıtlar da bulunmaktadır (Mandelbrot,1963; Guillaume vd.,1997).

Piyasa mekanizmasının karmaşık bir yapıya sahip olduğu göz önünde bulundurularak ajan tabanlı modelleme yaklaşımlarını benimsemek ve modelleri interaktif kurmak önemlidir. Bu tür modelleri oluştururken iki ana alan önemlidir: piyasanın yapısını anlama ve davranış modellemesi. Piyasa yapısı sorunlarına odaklanmak için, davranış çok basit yollarla modellenebilir; bu, tamamen dışarıda bırakılmaktan (örneğin, piyasa emirlerinin rastgele yerleştirilmesi) sıfır zeka ticaretine (bireylerin olduğu ancak esasen rastgele ticaret yaptığı, genellikle bir bütçe gibi bazı kısıtlamalara tabi tutulduğu) kadar değişiklik göstermekte ve sınırlı rasyonellik, oyun teorisi prensipleri veya davranışsal bilimlerden yaklaşımlar gibi fikirleri içeren daha sofistike modellere kadar uzanmaktadır. Bir diğer önemli unsur, heterojenliğin modelde nasıl ele alındığıdır. Daha basit modellerde heterojenlik genellikle rastgele davranıştan (istatistiksel olarak) aynı bireylerin arasından doğal olarak ortaya çıkmaktadır. Ancak daha karmaşık modellerde heterojenlik genellikle daha merkezi bir rol oynamaktadır. Aşağıda, yelpazenin her birinden yaklaşımlar incelenmiştir (Pagan,1996).

Doğrudan etkileşimler veya sosyal etkileşimler, bir ajanın seçiminin diğerlerinin seçimleri tarafından nasıl etkilendiğini yakalamayı amaçlamaktadır. Sosyal fayda kapsamında çeşitli alternatifler göz önünde bulundurulduğunda global etkileşim, bireylerin genel nüfusun ortalama davranışına uyma eğiliminde olduğu ve yerel etkileşimler, bireylerin belirli bir alt grupta uyum sağlama veya bu gruptan bilgi alma teşvikine sahip olduğu durumların ortaya çıktığı görülmektedir. Etkileşimler heterojen (çiftler arası farklı güçler ve işaretler) ve asimetrik olabilir ancak literatürde çoğunlukla çiftler arası simetrik dışsallıklara vurgu yapılmıştır. Bu durumda bir seçimin getirisi diğerlerinin benzer şekilde davranmasıyla artmaktadır. Pozitif sosyal etkileşim modelleri, ajanların özellikleri arasında bir korelasyon olmaksızın kutuplaşmış grup davranışları üretmektedir. Modeller, komşuluk kompozisyonunun zamanla, muhtemelen kendiliğinden organize bir şekilde evrimleşebileceğini öngörmektedir. Tipik olarak, ajanlar belirli bir uygunluk maksimizasyon şemasına göre yeni ittifaklar oluşturabilirler (Mayer,1990).

Ajan tabanlı modeller, ajanların ekonomi hakkında mükemmel bilgiye ve rasyonel beklentiler oluşturmak için sonsuz hesaplama kapasitelerine sahip oldukları neoklasik ekonomi modelini sorgulamaktadır. Bunun yerine, beklenti oluşturma sürecinin adaptif

öğrenme veya genetik algoritmalar aracılığıyla evrimsel seçimle yönlendirildiği sınırlı rasyonellik paradigmasını benimsemektedirler (Chen vd., 2008). Ajanlar, piyasa fiyatlarını tahmin etmek için teknik ticaret kuralları veya Yapay Sinir Ağları (ANN) kullanabilmektedirler. Ajanlar genellikle ayırık seçimlerle karşı karşıyadır (alış veya satış emirleri verme, farklı stratejiler arasında geçiş yapma, mevcut bağlantıları kesme veya yeni bağlantılar oluşturma vb.). Bu bağlamda sınırlı rasyonellik kullanımının deterministik olduğu ancak ajanların seçim sürecinin stokastik olduğu varsayımı ortaya çıkmaktadır. Bu formülasyon, ajanların çeşitli alternatiflerin farklı özelliklerini değerlendirme konusunda karşılaştıkları zorluğu yakalamakta ve mutlaka onlar için en iyisini seçemediklerini göstermektedir (Terna,2002).

Sıfır zekâ ajanları; sıfır zekâ kavramının anlamı açısından oldukça çeşitlilik göstermektedirler ve tamamen rastgele davranışlardan, belli bir bütçeyle kısıtlanmış olarak, bazı stratejilerin tanımlandığı durumlara kadar uzanmaktadırlar. Ancak, sıfır zekâ ajanların çoğunda iki temel özellik öne çıkmaktadır: (açık) öğrenme eksikliği ve ajan davranışına yönelik minimalist bir yaklaşım. Finansal piyasalarda sıfır zekâ ticareti üzerine yapılan araştırmalar, Gode ve Sunder (1993) tarafından başlatılmış olup, Becker (1962) tarafından yapılan rastgele ajanlar ve toplu sonuçlar üzerine önceki çalışmalar da bulunmaktadır. Gode ve Sunder (1993) tarafında yapılan çalışmada, sıfır zekâ ajanları, yatırımcılarla kıyaslanmış ve toplu sonuçlar incelenmiştir. Yapılan bu çalışmanın modeli sıfır zekâ ajanlar bireysel davranışların betimleyici modelleri olarak değil, daha ziyade yapıdan kaynaklanan verimliliği düşünmek amacıyla tasarlanmıştır. Çalışmada alıcıların ve satıcıların limit emir teklifleri veya teklifleri sunup bunları kabul edebildikleri çift taraflı bir açık artırma simüle edilmiştir. Ana bulgu olarak toplam mülkiyet verimliliği açısından, sıfır zekâ ajanların yatırımcılar kadar iyi performans gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır.

Gode ve Sunder (1997), tarafından yapılan çalışmada piyasaların tahsis verimliliği araştırılmıştır. Yine, sıfır zekâ ajanlar zarar etmekten kaçınmakla sınırlı olduğu ancak aksi takdirde rastgele teklif verdikleri varsayımı kurulmuştur. İncelenen piyasalarda, tekliflerin sınırlı toplanması, sadece tek bir tur ticarete izin verilmesi, mevcut alış ve satış fiyatlarının kamuoyuna açıklanmaması gibi modifikasyonlar dahil edilmiştir ve sonuçlar, birçok piyasa yapısında, karmaşık davranışlardan ziyade basit kuralların piyasa verimliliğinin çoğunu sağlayabileceğini göstermektedir.

Duffy ve Ünver (2006), basit bir ajan tabanlı modelin, deneysel ortamlarda gözlemlenen balonlar ve çökmeler gibi olayları üretebileceğini araştırmışlardır. Araştırmanın amacı verimlilik değil, gözlemlenen davranışların replikasyonu ve anlaşılmasıdır. Deneysel kurulum, nakit ve tek bir varlık içeren, her turda en fazla bir birim satın alınabilecek veya satılabilecek bir emir defteri aracılığıyla yapılan tur bazlı bir ticaret piyasası etrafında dönmektedir. Gode ve Sunder (1993)' tarafından kurulan modele göre biraz daha karmaşık olan ajan tabanlı model, "neredeysse sıfır zeka" olarak adlandırılmıştır; ana fark, tamamen rastgele fiyatlar yerine (kârlı fiyatlarla sınırlı olsa bile) önceki turun ortalama işlem fiyatının bilinmesidir. Çalışmada sofistike stratejileri olan birçok modelden bağımsız olarak fiyat balonlarının oluşum mekanizmasının olduğu görülmüştür. Yukarıda verilen açıklamalar ve literatür bulguları doğrultusunda sıfır zeka ajanın matematiksel gösterimi şu şekildedir:

Varlık piyasalarını inceleyen literatürde, iki tür yatırımcı göz önünde bulundurulur: temel analist yatırımcı ve teknik analist yatırımcı. Temelciler, bir varlığın temel değerinin tahminlerine dayanarak ticaret kararları alan ajanlardır. Temelcilerin aksine, grafikçiler kararlarını geçmiş fiyat eğilimlerini temel alarak kullanırlar. Şimdi, bir ajan hem varlığın temel değeri hem de fiyat değişim oranının geçmişi gibi her iki tür bilgiyi de biliyorsa, gelecekteki varlık fiyatını öngörmek için her iki bilgiyi de kullanacağını varsaymak makuldür. Varlık piyasasında temelcilerle ilgili birçok önceki çalışmada, temel değerler sabit (Chiarella ve Iori,2002) veya rastgele yürüyüş süreci (Chiarella vd.,2009) olarak varsayılmıştır.

Heterojen ajanlar; finansal piyasalarda heterojen ajanların davranışını modellemek için, ajanların hem temel değer bilgisine hem de fiyat değişim geçmişine dayanarak gelecekteki varlık fiyatını nasıl tahmin ettiklerini modellemek mümkündür. Varsayımsal olarak kurulan aşağıdaki modelde tüm ajanların varlık fiyatının temel değeri ve fiyat değişim oranının geçmişine erişimi olduğunu ve bu bilgileri kullanarak gelecekteki fiyatı tahmin ettiklerini düşünülmektedir. Ajanların her bir bilgi türüne verdikleri ağırlık, inançlarına göre değişiklik göstermektedir.

Model Tanımı

1. Temel Değerin Tanımı

Varlığın temel değeri F_t , zaman t 'de rastgele yürüyüş süreciyle modellenir: $F_t = F_{t-1} + \epsilon_t$, burada $\epsilon_t \sim N(0, \sigma^2)$ ve F_{t-1} zaman $t-1$ 'deki temel değeri ifade eder.

2. Fiyat Değişim Oranının Geçmişi

Fiyat değişim oranı, geçmiş fiyatlar P_{t-1}, P_{t-2} , kullanılarak belirlenir ve bu geçmiş, ajanların tahminlerini yaparken kullandıkları bir diğer faktördür.

3. Ajanların Tahmin Fonksiyonu

Her ajanın tahmin fonksiyonu, temel değer ve fiyat değişim oranı bilgilerinin bir kombinasyonudur: $\hat{P}_t = \alpha F_t + (1 - \alpha)\Delta P_{t-1} + \eta_t$, burada \hat{P}_t zaman t 'deki tahmin edilen fiyatı, α temel değere verilen ağırlığı, $(1 - \alpha)$ fiyat değişim oranına verilen ağırlığı ve ΔP_{t-1} zaman $t-1$ 'deki fiyat değişim oranını ifade eder. η_t tahmin hatasıdır ve genellikle $\eta_t \sim N(0, \delta^2)$ olarak modellenir.

4. Heterojenlik

Ajanlar arasındaki heterojenlik, temel değer ve fiyat değişim oranına verdikleri ağırlıkların (α) farklı olmasıyla modellenir. Her ajan, kendi inançlarına ve geçmiş tecrübelerine göre bu ağırlıkları belirlemektedir.

Doğrudan etkileşimli heterojen ajanlar; bu modeller, sofistike öğrenme davranışlarını ve ajanların doğrudan etkileşimlerinin açık modellemesini içermektedir. Geleneksel yaklaşımlar, piyasa temellerinden irrasyonel bir sapmanın sürdürülebilir olmaması gerektiğini öne sürmektedirler. Ancak, finansal piyasa balonlarının (ve sonraki çöküşlerin) tekrarlanan empirik kanıtları, böyle bir davranışı dışarıda bırakmanın, modellerden finansal piyasaların önemli bir özelliğini çıkarmak anlamına geldiğinin önemini vurgulamaktadır. Sürü davranışı fikrini içeren daha geleneksel bazı çalışmalar bulunmaktadır. Ancak ajanların sırayla seçim yapmaları ve seçimlerini diğerlerinin zaten yaptığı seçimlere dayandırmaları durumunda, ajanların kendi (daha iyi) bilgilerini geçersiz kılma olasılığı gibi durumlar ajan tabanlı modellerin kullanımlarının uygun olduğunu göstermektedir (Grazzini, vd.,2017).

Doğrudan etkileşimli heterojen ajanlar modellenmesinde üç aşama belirlenmektedir. İlk aşama, global etkileşimlerdir, burada bir ajan rastgele bir diğer ajanla etkileşime girmektedirler. İkinci aşama, lokal etkileşimlerdir ve burada etkileşimler düzenli bir şekilde bir komşuluk setiyle sınırlıdır. Son aşama ise, bir ağ üzerindeki lokal etkileşimlerdir. Matematiksel gösterim aşağıda sunulmuştur:

- Her ajan i , bir karar verme sürecine sahiptir ve bu süreç, hem kendi bilgilerine (I_i) hem de diğer ajanların kararlarına (D_{-i}) bağlıdır.

- Ajanlar arası etkileşimler, bir ağ yapısı (G) içinde modellenir. Bu ağ, ajanların birbirleriyle olan bağlantılarını gösterir.
- Her ajan i , komşularıyla (N_i) doğrudan etkileşime girer.
- Ajan i 'nin kararı (D_i), kendi bilgisi (I_i) ve komşularının kararlarının bir fonksiyonudur: $D_i = f(I_i, \{D_j \mid j \in N_i\})$, burada f karar fonksiyonudur ve N_i , i 'nin komşularının kümesidir.
- Her ajanın kendi bilgisi (I_i) ve belirli bir inanç yapısı (B_i) vardır.
- İnançlar, ajanların kendi bilgileri ile diğer ajanların kararlarını nasıl değerlendirdiğini etkiler.
- Ajanlar arasındaki heterojenlik, karar fonksiyonları (f), bilgi yapıları (I) ve inanç sistemlerinde (B) farklılıklarla modellenir.

1.4. Finansal Piyasalarda Sürü Davranışları

Bireylerin, büyük sosyal değişimlerden etkilenmeleri durumu ekonomi, siyasi ortam ve finansal piyasaları da aynı şekilde etkilemektedir. Bu durum insanlar içinde yaygındır ve genellikle küçük bir sosyal teşvikle başlamaktadır. Örneğin, davranışların izlenmesi sonucunda bu davranışlar bireyin de benzer davranışlar sergileme olasılığını artırmaktadır. Tarihsel sürece bakıldığında sürü davranışı, evrim sürecinde bizi ileriye taşıyan en önemli fenomen olmuştur; ancak aynı zamanda ele alınması gereken yanlış anlamaları da beraberinde getirmektedir (Prechter,2001). Sürü davranışı, bireyin bilgi eksikliği nedeniyle doğru eylem yönünü belirlemede güçlük çektiği veya başkalarının daha iyi bildiğine dair inançtan kaynaklanan bir mantıktan doğmaktadır. Bu özellik, hayatta kalma olasılığını arttıran bir özellik olarak görülen ve evrim sürecinde devam eden bir insan özelliğidir. Sosyal yaşamda sürü davranışı bireylere bazı durumlarda yardımcı olabilirken, finansal piyasaların her zaman için uygun bir alan olmadığı bilinmelidir (Prechter,2001).

Sürü davranışı, bireylerin düşünce ve eylemlerini grup içindeki hakim eğilimlerle uyumlu hale getirmesi olarak tanımlanmaktadır. Yatırım kararları bağlamında ise, sürü davranışı bireylerin kendi bağımsız finansal analizleri veya kişisel değerlendirmeleri yerine, diğer insanların kararlarına ve hareketlerine dayanarak alınan, genellikle optimal olmayan alım-satım stratejilerine işaret eder (Liang,2011).

Sürü davranışlarını tetikleyen en önemli faktörlerin başında bilgi akışı gelmektedir. Bilgi akışları, bireylerin kendi kararlarını destekleyecek yeterli bilgi olmadan acele karar alma eğiliminde olmaları nedeniyle sürü davranışlarının ana nedenlerinden biri olarak tartışılan bir fenomendir. Bikhchandani, vd.,(1992) tarafından önerilen bilgi akışı modeli, piyasada meydana gelebilecek kısa vadeli dalgalanmaları ve uyumları açıklamayı amaçlamaktadır. Modele göre piyasada kısa vadeli dalgalanmalar ve eğilimler, patlamalar ve çöküşler olarak tanımlanırken, uyumlar başkalarının tutumlarını, inançlarını ve davranışlarını taklit etmeyi ifade etmektedir. Genel olarak model, bireylerin kendi bilgilerini göz ardı ederek, önceki kişilerin eylemlerine dayanarak kararlarını şekillendirdiği durumları yansıtmaktadır. Bu durumlarda birey, sadece gözlemlenen önceki kararlar tarafından verilen bilgileri dikkate almaktadır. Bilgi akışları, bireylerin önerilen bilgiyi benimsemelerine veya reddetmelerine neden olarak olumlu veya olumsuz sonuçlar doğurabilmektedir (Bikhchandani, vd.,1992).

Finans piyasalarında sürü davranışı, yatırımcıların bir güvenlikle ilgili kendi özel bilgilerini veya inançlarını tamamen veya kısmen göz ardı ederek diğer piyasa katılımcılarını takip etmeleri durumunda meydana gelmektedir. Galariotis, vd.,(2014) yapılan çalışmada, İngiltere ve Amerikan piyasalarında normal piyasa koşulları altında sürü davranışına rastlanmamıştır; ancak Dot-com ve küresel finansal kriz sırasında sürü davranışı gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, Litimi'nin 2017'de Fransız borsası ve farklı endüstri sektörleri üzerine yaptığı daha çalışmada, kriz dönemlerinde tüm piyasada sürü davranışına dair önemli kanıtlar elde edilmiştir. Ayrıca çalışmada telekomünikasyon, petrol ve finansal güvenlikler gibi piyasa koşullarından bağımsız olarak sürü davranışının meydana geldiği beş endüstri sektörünü belirlemiştir. Sürü davranışı, piyasa katılımcılarının taklit eyleminin temelsiz şekilde fiyatları yükselten bir pozitif geri bildirim etkisi yarattığı için fiyat balonlarının nedenlerinden biri olarak tanımlanmıştır. Hott (2009)'a göre yatırımcılar piyasanın yanlış veya hatalı bilgilere dayandığını fark ettiğinde piyasa balonu patlamaktadır. Öte yandan Chiang ve Zheng (2010), bilgi asimetrisinin gelişmekte olan piyasalarda sürü davranışını tetikleyen önemli bir fenomen olduğunu belirtmektedirler.

Yatırımcılar, karar verirken her zaman objektif finansal analiz ve bireysel değerlendirmeyi göz önünde bulundurmamaktadırlar. Bu durum, sürü davranışı olarak adlandırılan bir olguyu ortaya çıkarmaktadır. Liang (2011)'e göre, sürü davranışı yatırımcıların irrasyonel alım satım kararları almasına yol açmaktadır. Bu kararlar, bilgiye

aşırı veya yetersiz tepki verme, kayıptan ve riskten kaçınma, diğer yatırımcılar arasındaki yanlış değerlendirmeler gibi bilişsel önyargılar tarafından tetiklenmektedir (Kahneman ve Tversky,1979).

Finansal piyasalarda gözlemlenen sürü davranışı, geleneksel finans teorileri ile tam olarak açıklanamayan karmaşık bir olgudur. Bu teoriler, yatırımcıları rasyonel varlıklar (homo economicus) olarak kabul eder ve kararlarını her zaman maksimizasyon ilkesine göre verdiklerini varsaymaktadır. Ancak, Bikhchandani ve Sharma (2000)'nın da belirttiği gibi, rasyonel bir insanın kararları bile piyasada değişebilmektedir. Bir yatırımcı, diğer yatırımcıların kararlarını öğrendiğinde ve bu kararların farklı bilgilerden kaynaklandığına inanırsa, kendi rasyonel kararından vazgeçerek taklide yönelmektedir. Bu durumun temelinde yatan sebepler karmaşıktır ve sınırlı rasyonellik, bilgi asimetrisi ve sosyal etkileşim gibi faktörleri kapsar.

Geleneksel finans teorilerine göre, hisse senetlerinin fiyatları, bu senetlerin temel değerlerini ve beklenen gelecek nakit akışlarını yansıtmaktadır. Etkin piyasa hipotezine göre ise, piyasadaki tüm bilgiler hisse fiyatlarına hızlıca entegre edilmektedir. Etkin piyasa hipotezi, yatırımcıların rasyonel davrandığını ve beklenen getirilerini maksimize etmeye çalıştıklarını önermektedir. Buna göre, hisse senedi fiyatlarındaki değişiklikler, şirketin ana değerlerindeki değişikliklerle ilişkilendirilmektedir. Ancak, mevcut araştırmalar yatırımcıların duygusal ve bilişsel eğilimleri ile hisse senedi getirileri arasında pozitif bir korelasyon olduğunu göstermektedir. Bu bağlamda, sermaye piyasası katılımcılarının duygusal ve çevresel faktörlerle birlikte değerlendirilmesi gerektiği yapılan çalışmalarla açıklanmaktadır. Bu nedenle, şirketlerin temel göstergelerinin yanı sıra yatırımcıların davranışsal ve duygusal faktörlerinin de hisse fiyatları üzerindeki etkileri dikkate alınmalıdır (Müldür,2019). Buradan da anlaşılacağı üzere finansal piyasa da herhangi bir varlığın fiyatı üzerinde yatırımcı davranışlarının etkili olduğu görülmektedir.

Yukarıda belirtildiği üzere sürü davranışının tetiklenmesinde bilgi akışları etkilidir. Bilgi akışları aynı zamanda beklentiyi ortaya çıkarmaktadır. Bir finansal varlığın gelecekteki durumuna yönelik simetrik ve asimetrik bilgi akışları, ilgili varlığın fiyatının yönünün belirlenmesinde etkili olmakta ve piyasa yapısını etkilemektedir. Piyasalarda “bir varlığın fiyatını beklentiler oluşturur” anlayışı hakimdir. Bu açıdan bakıldığında beklentiler bazı kararların alınmasında etkili olmaktadır. Alınan kararların türlerine baktığımızda sadece piyasa riski temelli kararlar olmadığı görülmektedir.

1.4.1. Sürü Davranışlarının Psikolojik Temelleri

Finansal piyasalarda sürü davranışlarını araştıran birçok bilimsel çalışma mevcuttur. Bu çalışmalardan elde edilen bulgular zamana ve toplumlara göre sürü davranışı varlığını kesin olarak ortaya koymaktadır. En önemli bulgu ise bir yatırımcı diğer yatırımcının kararını öğrendikten sonra kişisel kararını değiştirme eğilimindedir ve bu fon yöneticilerinin takibinde de geçerlidir. Genellikle fon yöneticilerinin ücret durumuna göre takip edilmesi, piyasa hakkında geniş bilgiye sahip olduğu düşüncesini uyandırır (Bikhchandi ve Sharma,2001). Burada bilimsel olarak açıklanan rasyonel ve irrasyonel sürü davranışlarına kısaca giriş yaptık. Şimdi detaylı olarak inceleyelim.

Rasyonel sürü davranışı dışsallıkların etkisiyle oluşurken, irrasyonel sürü davranışları bireyin içsel davranışlarıyla ortaya çıkmaktadır. Rasyonel sürü davranışı daha çok bilgiye, saygınlığa ve ücrete dayalı olmak üzere üç başlık altında incelenmektedir. Buna karşılık irrasyonel sürü davranışı yalnızca yatırımcı psikolojisinden kaynaklı oluşmaktadır (Döm,2003).

Psikolojik faktörlere bağlı olarak ortaya çıkan sürü davranışları irrasyonel sürü davranışları olarak adlandırılmaktadır (Barak, 2006). Yatırımcının irrasyonel sürü davranışı sergilemesinin üç temel nedeni vardır. Bunlardan ilki ve en önemlisi sezgisel birleştirmedir. Gruba katılmadan önceki ve gruptayken izlenen davranışların beyin süzgecinden geçirildiği süreçtir. Bir diğer irrasyonel sürü davranışı nedeni ise kendini kandırmadır. Sezgisel birleştirmenin bir ürünü olarak ortaya çıkar. Yatırımcı doğru davranışlar sergilediğini düşünür, davranışların sonucunda elde edilen olumsuzluklar genellikle bir başka faktöre bağlanır. Bu da yatırımcının sosyal etkileşimlerini şekillendirir. Gruptan dışlanma ve grup içinde aktiflik hedefi sosyal etkileşimlerinin bütünüdür. Bu faktörde irrasyonel sürü davranışına neden olan bir başka faktördür.

BÖLÜM II

ARAŞTIRMA MODELİ TASARIMI

2.1. Araştırma Tasarımı

2.1.1. Araştırma Yaklaşımı ve Yöntemleri

Bu çalışmada, tek varlıklı piyasalardaki sürü davranışlarını incelemek amacıyla ajan tabanlı modelleme yaklaşımını benimsenmiştir. Çalışma, mikro düzeydeki bireysel ajan kararlarının piyasa dinamikleri üzerindeki etkilerini anlamayı hedeflemektedir. Bu yaklaşım, karmaşık sistemlerin ve etkileşimli ajanların davranışlarının analiz edilmesinde kullanılan bir simülasyon tekniğidir. (Harras ve Sornette,2011). Araştırma yöntemi olarak deneysel simülasyonlar ve teorik analizler bir arada kullanılarak, modelin çeşitli senaryolar altında nasıl davrandığı incelenmiştir.

2.1.2. Modelin Temel Parametreleri

Model, etkileşimlerini kapsayacak şekilde tasarlanmıştır. Öne çıkan temel parametreler şunlardır:

- *Ajan Beklentileri*

Ekonomik aktörler olarak tanımlanan bireyler ve kurumlar, varlıklar, yatırımlar, arz ve talep gibi çeşitli ekonomik değişkenlerle etkileşim içinde bulunmaktadır. Bu değişkenler, bazen doğrudan bir araya getirilebilmekte, bazen de birleştirilemeyen özellikler taşımaktadır. Örneğin, bir grup ekonomik aktör tarafından yapılan yatırımların toplamı veya bu aktörlerin sağladığı finansman miktarı, grup genelindeki toplam yatırım ve finansman hacmini temsil etmektedir. Bu, doğrudan bir araya getirilebilir değişkenlerin ekonomik analizlerdeki önemini vurgulamaktadır. Bir araya getirilebilir değişkenlerin oranları, fiyatlar veya finansal oranlar gibi bir araya getirilemeyen özellikleri tanımlamakta kullanılmaktadır. Zaman içindeki fiyat değişimlerinin oranı olarak tanımlanan enflasyon ve endeksler, bir araya getirilemeyen değişkenler kategorisine girmekte ve ekonomik analizlerde kritik bir öneme sahip olmaktadır (Prabhakaran ve Karthika,2011).

Ekonomik aktörlerin bir araya getirilebilir değişkenleri, genel ekonomik ve finansal yapıyı tanımlama yetisine sahiptir. Bu aktörlerin elinde bulunan finansal

kaynakların ve yatırımların toplamı, makroekonomik düzeydeki finansal yapıyı ve ekonomik büyüklükleri belirlemektedir. Bu bağlamda, ekonomik aktörlerin yatırımları ve sağladıkları finansman, makroekonomik finansal yapıyı ve bu yapının zaman içindeki evrimini anlamada temel belirleyiciler olarak ön plana çıkmaktadır. Piyasa işlemleri sırasında, ekonomik aktörler arasındaki alışverişler mal, hizmet, varlık ve finansman transferlerini içermektedir. Bu işlemler, ekonomik değişkenlerdeki değişimleri tetikleyen temel faktörler olarak kabul edilmektedir. Piyasa düzenlemeleri, politik değişimler, teknolojik yenilikler veya çevresel faktörlerin ekonomik piyasalar üzerindeki etkileri, somut işlemler gerçekleştirildikten sonra gözlemlenebilmektedir. İşlem hacmi, değeri ve fiyatları hakkındaki bilgiler, tüm ekonomik aktörler için değişkenlerdeki değişimleri etkileyebilmekte, bu nedenle piyasa işlemlerinin detaylı incelenmesi, ekonomik ve finansal analizlerde merkezi bir yer tutmaktadır (McGuckian,2013).

Ekonomik aktörler, çeşitli beklentiler altında işlem yapmaktadırlar ve bu beklentiler, işlemlerin hacmi, değeri, tercih edilen mal ve hizmetler, sağlanan finansman ve yönlendirilen yatırımlar üzerinde belirleyici bir rol oynamaktadır. Beklentiler, ekonomik işlemleri yönlendiren bir güç olarak, finansal aktivitenin ve makroekonomik büyüklüklerin evrimini şekillendirmektedir. Ekonomik aktörler, beklentilerini piyasa trendleri, ekonomik tahminler, diğer aktörlerin eğilimleri ve dışsal faktörler ışığında oluşturmaktadırlar. Bu bağlamda, beklentilerin analizi, ekonomik ve finansal değişkenlerin zaman içindeki dinamiklerini anlamada kritik bir öneme sahiptir.

- ***Risk Algısı***

Risk bireysel yatırımcıların finansal kararlarını şekillendiren bir faktördür. Finansal risk toleransı, bireylerin maksimum belirsizlik durumunda finansal karar almayı kabul etme durumudur. Başka bir deyişle, risk toleransı, bireyin risk karşısındaki tutumunu yansıtan karmaşık bir psikolojik gerçektir. Roszkowski ve Davey (2010)'e göre, risk toleransı hem sabit hem de değişken bir özelliğe sahiptir. Bir kişinin kan grubu gibi aynı kalabilir veya bir kişinin ruh hali gibi değişebilir. Bu nedenle, bu özelliğe göre bir yatırım planı yapmak yerinde bir karar olmayacaktır. Yüksek risk toleransına sahip olanlar değişken, süresiz olayları kabul ederken, düşük risk toleransına sahip olanlar kesinliği tercih etmektedirler. Bir bireyin sadece risk toleransını bilmek yeterli değildir; bireyin riski taşıma eğilimi gibi diğer ölçüm yönleri de vardır. Finansal karar alma sürecinde risk toleransı kadar etkili olan başka bir faktör de yatırımcının sahip olduğu kişilik özelliğidir. Kişilik, bir bireyi diğer insanlardan ayıran ve bireyin doğası gereği

sahip olduğu ve daha sonra hayatında kazandığı özelliklerin bütünüdür. İnsanların duyguları, yetenekleri, motivasyonları, doğası, sosyal, fiziksel-psikomotor ve bilişsel özellikleri, kişilik ve değerleri, inançları, tutumları, görüşleri gibi tüm özellikler, insan davranışlarının tüm yönlerini içeren ve kişiliği oluşturan bir kavramdır. Bireysel ve kişisel davranışsal yanlılıklara karşı kırılabilirlik, risk tutumu ve zaman tercihi, yatırım stratejilerinin geliştirilmesi için önemli bir rol oynamaktadır. Lin, (2011), tarafından yapılan araştırmada, kişilik ile finansal karar alma sürecindeki yanlılıklar arasında güçlü bir ilişki olduğu görülmektedir.

Yatırımcıların riskten kaçınma derecesi, altta yatan tercihleri yansıttığından, zaman içinde nadiren değişmesi beklenir. Buna karşın, risk iştahı, makroekonomik ortamdaki belirsizlik seviyelerindeki değişikliklere yatırımcıların tepki göstermesiyle daha sık değişiklik gösterebilmektedir. Dolayısıyla, risk iştahı, yatırımcıların belirsizliği taşıma konusundaki subjektif derecesine ve varlık fiyatlarını yönlendiren temel faktörler hakkındaki genel belirsizlik seviyesine bağlıdır.

2.2. Veri Toplama Yöntemleri

Modelin kalibrasyonu ve geçerliliği için gerekli olan veriler hem gerçek piyasa verilerinden hem de literatürdeki benzer çalışmalardan toplanmaktadır. Gerçek piyasa verileri, modelin gerçekçiliğini ve uygulanabilirliğini artırmak amacıyla kullanılmaktadır. Literatür taraması, model parametrelerinin ayarlanması ve modelin önceki çalışmalarla karşılaştırılması için önemlidir. Elde edilen bu veriler, ajanların davranış modellerini ve piyasa dinamiklerini daha iyi anlamak için kritik öneme sahiptir.

2.3. Modelleme Yaklaşımları

2.3.1. Modelleme Algoritmaları ve Teknikleri

Model, ajanların karar alma süreçlerini ve etkileşimlerini simüle etmek için çeşitli algoritmalar ve teknikler kullanmaktadır. Bu teknikler, ajanların beklentilerini, risk algılarını ve piyasa fiyatlarına tepkilerini modellemektedir. Simülasyonlar, Python gibi programlama dillerindeki ajan tabanlı modelleme kütüphaneleri kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Modelin dinamikleri, Monte Carlo simülasyonları ve ajan tabanlı stokastik modeller aracılığıyla incelenmektedir.

2.3.2. Modelin Geçerliliği ve Güvenilirliği

Modelin geçerliliği, simülasyon sonuçlarının gerçek piyasa verileriyle ve literatürdeki benzer çalışmalarla karşılaştırılması yoluyla belirlenmektedir. Güvenilirlik analizi, modelin çeşitli başlangıç koşulları ve parametreler altında tutarlı sonuçlar üretme kapasitesini değerlendirmektedir. Sensitivite analizi, modelin kritik parametrelerdeki değişikliklere tepkisini test etmektedir. Bu süreçler, modelin gerçek dünya piyasalarını yansıtma yeteneğini ve teorik varsayımların sağlamlığını doğrulamaktadır.



BÖLÜM III

MODEL GELİŞTİRME VE ANALİZ

3.1. Ajan Tabanlı Modelin Kurulumu

3.1.1. Modelin Tasarımı ve Yapılandırılması

Ajan tabanlı modelin kurulumu, piyasa dinamiklerini ve ajanların etkileşimlerini simüle edecek şekilde yapılandırılmış bir çerçeve gerektirir. Modelin tasarımı, ajanların karar alma mekanizmalarını, etkileşimlerini ve piyasa mekanizmasını içerecek şekilde detaylandırılmıştır. Modelin ana bileşenleri şunlardır:

- **Ajanlar:** Modeldeki temel aktörler, yatırımcıları temsil etmektedir.
- **Piyasa Mekanizması:** Arz ve talebin etkileşimi sonucu varlık fiyatlarının belirlendiği mekanizmadır.
- **Etkileşim Ağı:** Ajanların birbirleriyle bilgi ve strateji paylaşımında buldukları yapıdır.

Ajan Karar Fonksiyonu $D_i(t)$;

Her ajanın kararı, önceki kararlarına ve diğer ajanların kararlarına bağlı bir fonksiyonla belirlenmektedir.

$$D_i(t) = f \left(\sum_{j=1, j \neq i}^N A_{ij} D_j(t-1), X_i \right)$$

Burada $D_i(t) = H_i(t)$ ajan i 'nin zamanda t alacağı kararı ifade eder, A_{ij} ajanlar arası etkileşim katsayısıdır, X_i ajan i 'nin özel parametrelerini (risk algısı, bakiye, vb.) temsil etmektedir.

Piyasa Fiyatı $S(t)$:

- Piyasa fiyatı, ajanların kararlarına bağlı olarak zamana göre değişmektedir.

$$\frac{dS(t)}{dt} = \theta \left(S(t), \sum_{i=1}^N D_i(t) \right)$$

Burada θ fiyatın zamanla değişimini belirleyen fonksiyondur, $D_i(t)$ ajan i 'nin kararıdır ve N toplam ajan sayısını ifade etmektedir. Buradan hareketle ajan i 'nin karar fonksiyonu $D_i(t)$, şu özellikleri içermektedir:

$$H_i(t) = f(B, R_i, I_i, E_i, D_i, C_i, M_i, P_i, O_i, G_i, A_i)$$

- B temel sürü davranışını temsil eden sabit bir etki,
- R_i ajanın risk algısını,
- I_i ajanın gelir seviyesini,
- E_i ajanın eğitim düzeyini,
- D_i ajanın karar alma stratejisini,
- C_i ajanın bilgi işleme kapasitesini,
- M_i ve P_i medeni durumu,
- O_i diğer faktörleri,
- G_i cinsiyeti,
- A_i yaşını temsil eder.

Sistem Dinamikleri:

- Sistem, ajan kararları ve piyasa fiyatı arasındaki etkileşimleri belirleyen diferansiyel denklemlerle modellenmektedir.
- Ajan kararları ve piyasa fiyatının zaman içindeki değişimini izleyen bir simülasyonla dinamikleri incelemek mümkündür.

Simülasyon Senaryosu:

- **Başlangıç Koşulları:** Her ajan için bireysel başlangıç parametreleri belirlenmektedir.
- **Dinamikler:** Zamanın her adımında, ajanlar kararlarını günceller ve bu kararlar piyasa fiyatının değişimini etkilemektedir.

- **Analiz:** Piyasa fiyatının ve ajanların bakiyelerinin zaman içindeki değişimleri analiz edilmektedir.

3.2. Tek Varlıklı Piyasalarda Sürü Davranışının Modellemesi

Tek varlıklı piyasalarda sürü davranışının modellemesi, ajanların kararlarının ve etkileşimlerinin kolektif sonuçlarını incelemeyi amaçlamaktadır. Bu bölümde, ajanların nasıl sürü davranışı sergilediği ve bu davranışların piyasa fiyatları üzerindeki etkileri ele alınmaktadır:

- **Sürü Davranışının Tetiklenmesi:** Piyasa belirsizliği veya önemli haberlerin yayılması gibi durumlar, ajanların davranışlarını birbirine yakınlıştırabilir. Bu, sürü davranışına yol açmaktadır.
- **Piyasa Etkileri:** Sürü davranışı, volatilité artışı, fiyat balonları veya çöküşler gibi piyasa dinamiklerinde önemli değişikliklere neden olmaktadır.
- **Dinamik Analiz:** Model, sürü davranışının piyasa üzerindeki etkilerini zaman içinde analiz etmek için kullanılmaktadır. Simülasyonlar, sürü davranışının tetiklenme koşullarını, süresini ve piyasa üzerindeki etkilerini ortaya koymaktadır.

Bu modelleme yaklaşımı, tek varlıklı piyasalardaki sürü davranışlarının daha derinlemesine anlaşılmasına olanak tanıyarak ve piyasa dinamiklerinin karmaşıklığını ve ajanların etkileşimlerinin önemini vurgulamaktadır. Bu doğrultuda araştırma problemleri:

1. Finansal piyasalardaki dalgalanmaları daha iyi anlamak için ajan tabanlı modeller etkin midir?
2. Ajan tabanlı modellerin finansal piyasaların karmaşıklığını ve heterojenliğini modellemekteki etkinliği nedir?
3. Farklı ajan davranış kalıpları, beklentileri ve stratejileri, finansal piyasalardaki fiyat dalgalanmaları üzerinde nasıl bir etkiye sahiptir?
4. Finansal piyasaların dinamik yapısını anlamada ajan tabanlı modellerin katkısı nedir?

3.2.1. Model Çerçevesi

Araştırma modeli simülasyon oluşturması açısından Python yazılım programında interaktif bir şekilde kurulmuştur. Model açıklaması aşağıda yer almaktadır:

- Tek varlıklı piyasada finansal simülasyon modeli oluşturmak için **FinancialAgent** adında bir sınıf tanımlanmıştır. Bu sınıf, finansal piyasalarda etkileşimde bulunan ajanların davranışlarını modellemek için kullanılmaktadır. Ajanlar, bireylerin sosyo-demografik özellikleri, psikolojik faktörleri ve finansal davranışları gibi çeşitli özelliklere sahiptir.
- Bu sınıf, **Agent** sınıfından türetilmiştir ve Mesa kütüphanesi ile bütünleşmiş şekilde çalışmaktadır. Mesa, ajan tabanlı modelleme için bir Python kütüphanesidir ve karmaşık ajan tabanlı modellerin oluşturulmasını kolaylaştırmaktadır.
- Bu bölümde ajanın başlangıç bakiyesi, cinsiyeti, yaşı, eğitim seviyesi, gelir düzeyi gibi özellikler rastgele veya belirtilen parametrelere göre atanmıştır. Ayrıca, ajanın yatırım süresi, risk algısı, mesleği, medeni durumu, karar verme stratejisi, bilgi işleme kapasitesi, sürü davranışı eğilimi, varlık tercihi, işlem sıklığı, beklentiler, zaman ufku, sermaye büyüklüğü ve kaldıraç kullanımı gibi finansal ve psikolojik faktörler de tanımlanmıştır.
- Bu sınıf, finansal piyasaların nasıl işlediğini ve bireysel ajanların kararlarının piyasa dinamikleri üzerinde nasıl etkili olabileceğini anlamak için bir araç olarak kullanılabilir. Ajan tabanlı modeller, bireylerin karşılıklı etkileşimlerini ve bu etkileşimlerin makroekonomik sonuçlarını incelemek için güçlü bir yöntemdir.
- Sonraki bölümde, **FinancialAgent** sınıfının daha önce tanımlanmış yapısını genişletilmiştir. Özellikle, ajanların finansal durumlarını ve davranışlarını zaman içinde takip etmek için veri toplama işlevselliği eklenmiş ve sürü davranışını hesaplama metodolojisi tanımlanmıştır.
- Ajanların **data** adlı bir sözlük içinde çeşitli özelliklerini ve finansal işlemlerini zaman içinde izlemeleri sağlanmıştır. Bu, ajanların yaş, gelir düzeyi, cinsiyet, risk algısı, sürü davranışı eğilimi, varlık tercihi, işlem sıklığı, sermaye büyüklüğü, kaldıraç kullanımı, varlık fiyatı, satın alma miktarı, eğitim düzeyi, yatırım süresi, meslek, medeni durum, karar alma stratejisi, bilgi işleme kapasitesi, beklenti ve zaman ufku gibi özelliklerini içermektedir. Bu yapının amacı, simülasyon sırasında ajanların davranışlarının ve finansal durumlarının nasıl değiştiğini detaylı bir şekilde analiz etmeyi sağlamaktır.

Sürü Davranışı Hesaplama

- **calculate_herding_behaviour** metodunda, ajanın sürü davranışı eğilimini belirleyen çeşitli faktörlerin etkileri hesaplanmıştır. Bu metot, ajanın risk algısı, gelir seviyesi, eğitim düzeyi, karar alma stratejisi, bilgi işleme kapasitesi, medeni durumu ve profesyonu gibi faktörlerin etkilerini değerlendirmektedir. Her bir faktör için ayrı puanlar belirlenmiş ve bu puanlar ajanın sürü davranışı eğilimini yansıtacak şekilde toplanarak bir toplam puan hesaplanır. Bu toplam puan, ajanın sürü davranışı eğiliminin bir göstergesi olarak kullanılmaktadır.
- Bir sonraki bölümde, **FinancialAgent** sınıfına ait işlevselliği daha da genişletilmiş ve ajanların finansal kararlarını alma ve bu kararların sonuçlarını kaydetme süreçlerini detaylandırılmıştır.
- **step** fonksiyonu, her simülasyon adımında ajanın ne yapacağını tanımlamaktadır. Bu fonksiyon, ajanın bir karar verme sürecini (**make_decision**) ve bu kararın sonuçlarını kaydetme işlemini (**record_data**) tetiklemektedir. Bu, Mesa simülasyon çerçevesinde her ajanın her turda nasıl hareket edeceğini belirleyen standart bir yaklaşımdır.
- **record_data** fonksiyonu, her simülasyon adımında ajanın mevcut durumunu ve aldığı kararları kaydeder. Bu, ajanın bakiyesi, varlık fiyatı, alım veya satım miktarı gibi finansal özellikleri içerir. Ayrıca, ajanın sosyo-demografik özellikleri ve psikolojik faktörlerinin yanı sıra her adımda hesaplanan sürü davranışı eğilimi gibi özellikleri de kaydedilir. Bu süreç, ajanın davranışının ve finansal durumunun zaman içinde nasıl değiştiğini anlamak için değerli veriler sağlamaktadır.
- **make_decision** fonksiyonu, ajanın mevcut durumuna ve piyasa koşullarına göre 'al', 'sat' veya 'tut' kararı verir. Bu karar, ajanın sürü davranışı skoru ve piyasa trendine dayalı olarak yapılır. Ajan, piyasa yükseliş trendindeyken ve sürü davranışı skoru yüksekken alım yapma, düşüş trendindeyken ve skor yüksekken satım yapma eğilimindedir. Belirli bir sürü davranışı skoru aralığının dışında, ajan kendi bakiyesine ve sermaye büyüklüğüne göre karar verir.
- **buy** ve **sell** fonksiyonları, ajanın alım veya satım kararı aldığı anda bu işlemleri nasıl gerçekleştireceğini tanımlar. Alım işlemi, ajanın bakiyesinden alım miktarı ve varlık fiyatı çarpımı kadar düşerken, satım işlemi bakiyeyi artırır. Alım veya satım miktarı, ajanın gelir düzeyi veya mevcut bakiyesine bağlı olarak hesaplanır.

- Bir sonraki bölümde, **FinancialMarket** adında bir sınıf tanımlanmıştır, bu da finansal piyasayı ve bu piyasada etkileşimde bulunan ajanların davranışlarını simüle eden bir model oluşturur. **FinancialMarket** sınıfı, **Model** sınıfından türetilir ve Mesa kütüphanesinin bir parçasıdır, bu da ajan tabanlı modellerin oluşturulması ve simülasyonunun yapılması için bir çerçeve sağlar.

Piyasa Modelinin Başlatılması

- **__init__** metodunda, piyasa modeli başlatılır. Bu metod, piyasada etkileşime girecek ajan sayısını (**N**) alır, her ajanı başlatır ve onları bir zaman çizelgesine (schedule) ekler. Ayrıca, piyasanın başlangıç fiyatını ve önceki fiyatını tanımlar. Tüm ajanlar başlatıldıktan sonra, her biri **FinancialAgent** sınıfının bir örneği olarak piyasaya eklenir.

Adım Fonksiyonu

- **step** metodu, piyasanın her simülasyon adımında yapılacak işlemleri tanımlar: zaman çizelgesindeki tüm ajanların adımlarını çalıştırır (**self.schedule.step()**), piyasa fiyatını günceller (**self.update_price()**) ve her ajanın bakiyesini kaydeder (**self.record_balances()**).

Fiyat Güncelleme

- **update_price** metodu, piyasa fiyatını güncellemek için kullanılır. Bu metod, ajanların alım ve satım kararlarına dayalı olarak piyasa fiyatını ayarlar. Alım baskısı (**buy_pressure**) ve satım baskısı (**sell_pressure**) toplanır ve net baskıya göre fiyat güncellenir. Bu basit mekanizma, piyasa dinamiklerinin temel bir modellenmesini sağlar.

Fiyat Değişikliğinin Etkisi

- **calculate_price_change_effect** metodu, piyasa fiyatındaki değişimin yüzdesel etkisini hesaplar. Bu, piyasa fiyatındaki değişikliklerin ajanlar üzerindeki potansiyel etkisini değerlendirmek için kullanılabilir.

Bakiyelerin Kaydedilmesi

- **record_balances** metodu, simülasyonun her adımında tüm ajanların bakiyelerini kaydeder. Bu, piyasanın zaman içindeki finansal durumunun analizi için değerli veriler sağlar.

Bir sonraki bölüm, 1000 ajan içeren bir finansal piyasa modelini başlatma, bu modeli 1000 adım boyunca çalıştırma, ajanların bakiyelerindeki değişiklikleri görselleştirme, piyasa fiyatı için tanımlayıcı istatistikler hesaplama ve bu istatistikleri hem metin hem de tablo formatında gösterme işlemlerini içermektedir. Ana bileşenleri ve işleyişleri şu şekildedir:

Modelin Başlatılması ve Çalıştırılması

- **FinancialMarket** modeli 1000 ajan (**N=1000**) ile başlatılır ve 1000 adım boyunca çalıştırılır. Bu işlem, modelin dinamiklerini ve zaman içindeki değişimlerini incelemek için yapılır.

Görselleştirme

- **plt.figure** fonksiyonu ile belirlenen boyutlarda (20x12 inç) bir çizim alanı oluşturulur. **plt.subplots_adjust** fonksiyonu ile grafiğin kenar boşlukları ayarlanır.
- Döngü içerisinde, her bir ajanın bakiye değişiklikleri, zamanla (adımlar boyunca) çizgi grafiği olarak çizilir. Bu, ajanların finansal durumlarının modelin çalışması süresince nasıl değiştiğini gösterir.
- Ajanların her biri için etiketler, 30'arlı gruplar halinde leyende (açıklama kutusunda) gösterilir. Bu, grafiğin okunabilirliğini artırır.

Tanımlayıcı İstatistiklerin Hesaplanması ve Gösterilmesi

- **pd.Series** ile piyasa fiyatının sabit bir değer serisi oluşturulur ve **describe** fonksiyonu ile bu serinin tanımlayıcı istatistikleri hesaplanır. Bu istatistikler, piyasa fiyatının genel özelliklerini (ortalama, standart sapma, min/max değerler vb.) özetler.

- **PrettyTable** kullanılarak istatistikler bir tablo formatında daha okunaklı bir şekilde gösterilir. Her istatistik için bir satır oluşturulur ve bu satırlar tabloya eklenir.

Yukarıda açıklaması verilen simülasyon oluşturmak amacıyla kurulan modelde, sürü davranışı puanı (H) farklı faktörlerin ağırlıklı ortalaması olarak hesaplanmaktadır. Her bir faktör için hesaplanan değerler ve bu değerler toplanıp faktör sayısına bölünerek sürü davranışı puanı elde edilmiştir.

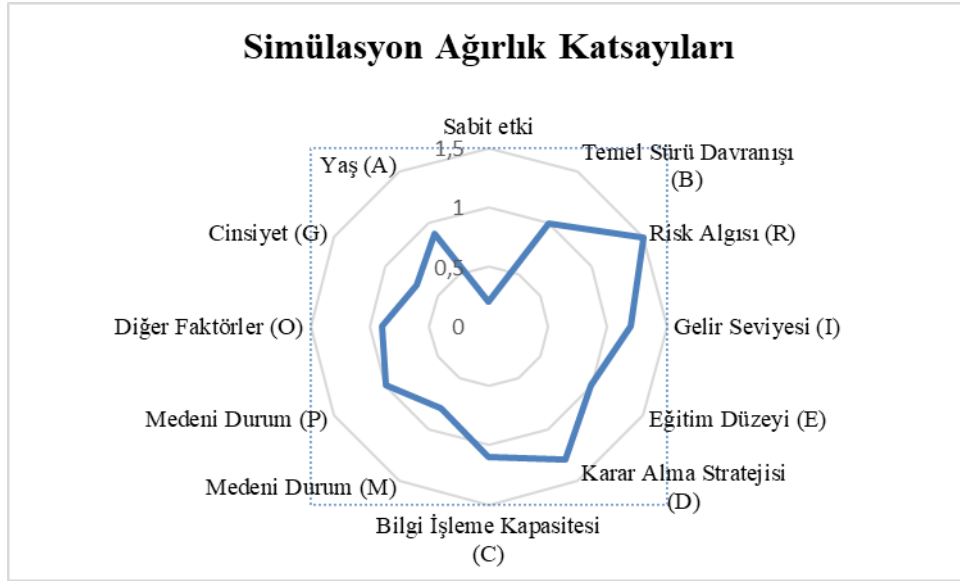
$$H_i = B + w_1B + w_2R + w_3I + w_4E + w_5D + w_6C + w_7M + w_8P + w_9O + w_{10}G + w_{11}A$$

Model değişkenleri:

- B temel sürü davranışını temsil eden sabit bir etki,
- R_i ajanın risk algısını,
- I_i ajanın gelir seviyesini,
- E_i ajanın eğitim düzeyini,
- D_i ajanın karar alma stratejisini,
- C_i ajanın bilgi işleme kapasitesini,
- M_i ve P_i medeni durumu,
- O_i diğer faktörleri,
- G_i cinsiyeti,
- A_i yaşını temsil eder.

Bu model, her bir faktör için hesaplanan ağırlık katsayıları, bu faktörlerin ajanın sürü davranışı üzerindeki göreceli önemini ve etkisini yansıtmaktadır. Modelde dikkate alınan faktörler arasında temel sürü davranışı eğilimi, risk algısı, gelir seviyesi, eğitim düzeyi, karar alma stratejisi, bilgi işleme kapasitesi, medeni durum, meslek ve diğer faktörler bulunmaktadır. Ayrıca, modele cinsiyet ve yaş faktörlerini de ekleyerek, bu demografik özelliklerin finansal davranışlar üzerindeki etkisini daha da detaylandırılmıştır

Grafik 3.1. Simülasyon Ağırlık Katsayıları



Her bir faktör için hesaplanan ağırlık katsayıları, literatür incelemesi sonucu yapılan meta analiz sonucunda modele dahil edilmiştir (Grafik 3.1). Bu ağırlıklar, her faktörün sürü davranışı üzerindeki etkisinin büyüklüğünü ve yönünü yansıtmaktadır. Örneğin, risk algısına yüksek bir ağırlık atanması, finansal kararlar üzerinde risk algısının önemli bir etkiye sahip olduğunu gösterir. Benzer şekilde, eğitim düzeyi ve gelir seviyesi gibi faktörler de ajanların finansal kararlarını nasıl şekillendirdiğine dair önemli ipuçları sağlamaktadır.

Ağırlık katsayılarıyla simüle edilen sürü davranışı puanı H yaklaşık olarak 6.01 olarak bulunmuştur. Bu, ajanların sürü davranışına olan eğiliminin, faktörlerin farklı önem derecelerine göre daha ayrıntılı bir şekilde değerlendirilmesi sonucunda elde edilen değeri yansıtmaktadır. Bu hesaplama, her bir faktörün ajanın davranışları üzerindeki etkisinin daha dikkatli bir şekilde dikkate alınmasını sağlamaktadır.

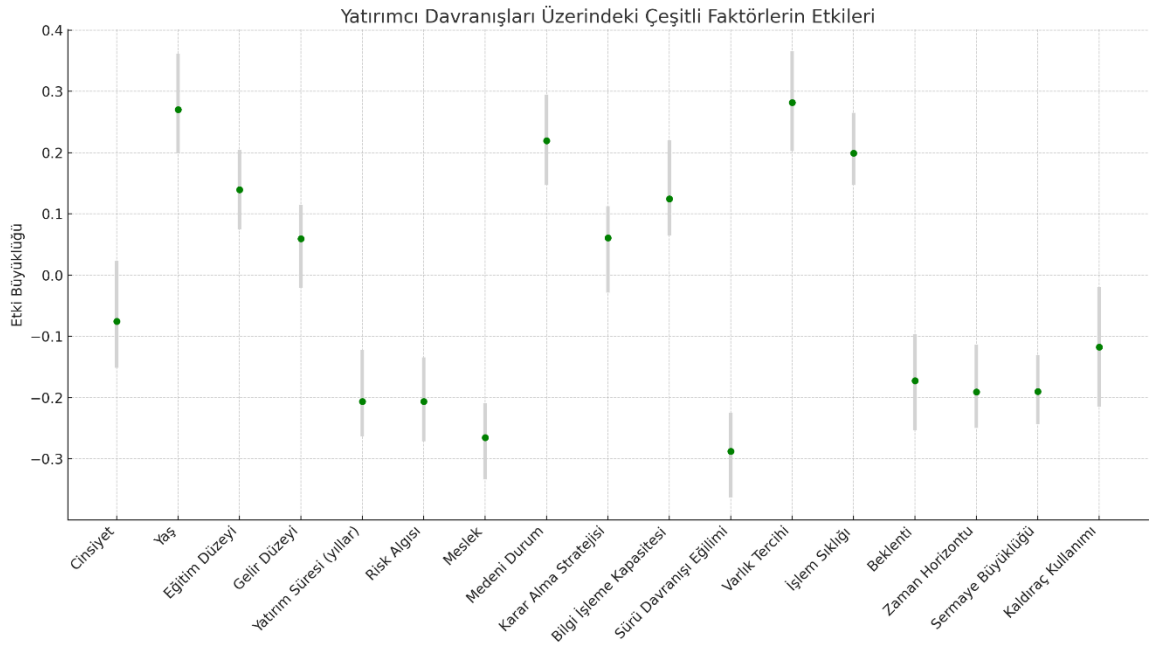
BÖLÜM IV

BULGULAR

4.1. Bulgular

Önceki bölümde verilen model çerçevesinde analizler gerçekleştirilmiş ve bulgular elde edilmiştir. Ancak ajanların özelliklerinin rastgele atanması yerine gerçek verilere uygun olması açısından meta analiz yöntemine başvurulmuştur. Literatürde birincil veriler kullanılarak sürü davranışlarını inceleyen 85¹ çalışma taranmış ve elde edilen bilgiler doğrultusunda önce meta analiz yapılmış ve ajan kimlikleri belirlenmiştir. Elde edilen meta analiz sonucu aşağıdaki grafikte verilmiştir.

Grafik 4.1. Meta analiz sonuçları



Grafik 4.1’de yatırımcı davranışlarını etkileyen çeşitli faktörlerin etkilerinin meta-analitik bir değerlendirmesi yer almaktadır. Her bir faktör, etki büyüklüğünün bir nokta tahmini ile ve etrafındaki güven aralığının (genellikle %95 güven aralığı) bir çubuk ile temsil edilmektedir. Etki büyüklüğü pozitif ise, bu faktörün yatırımcı davranışlarını arttırıcı bir etkiye sahip olduğunu; negatif ise azaltıcı bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir.

¹ İlgili çalışmalar ekler bölümünde yer almaktadır.

Meta-analiz sonuçları, yatırımcı davranışları üzerindeki etkilerin büyüklüğü ve istikrarı açısından farklılıklar göstermektedir. Örneğin, "Eğitim Düzeyi" ve "Gelir Düzeyi" gibi faktörlerin nispeten daha büyük ve pozitif etkilere sahip olduğu görülmektedir, bu da yüksek eğitim ve gelir düzeyine sahip bireylerin yatırım kararlarında daha aktif ve belki de daha riskli yatırımlara yönelebileceklerini düşündürmektedir. Diğer taraftan, cinsiyetin negatif bir etki büyüklüğüne sahip olması, kadın yatırımcıların erkeklere göre daha muhafazakâr yatırım tercihlerine sahip olabileceklerini ima etmektedir.

"Risk Algısı" faktörünün de önemli ve pozitif bir etkisi olduğu görülmektedir. Bu, bireylerin risk algılarının yüksek olması durumunda daha agresif yatırım stratejilerine yönelebileceklerinin göstergesidir. "Meslek" ve "Medeni Durum" gibi faktörlerin ise daha düşük etki büyüklükleri sergilediği, ancak yine de yatırımcı davranışları üzerinde dikkate değer bir etkiye sahip oldukları görülmektedir.

Faktörlerin etki büyüklüklerinin yanı sıra, güven aralıkları da dikkat çekicidir. Örneğin, "Zaman Horizontu" ve "Sermaye Büyüklüğü" gibi faktörlerin geniş güven aralıklarına sahip olduğu gözlemlenmektedir. Bu da farklı çalışmalar arasında bu etkilerin tutarlılığının daha az olabileceğine işaret etmektedir. Diğer taraftan, "Eğitim Düzeyi" ve "Gelir Düzeyi" gibi faktörlerin güven aralıkları daha dar olup, bu faktörlerin etkilerinin daha tutarlı olduğunu göstermektedir. Meta analizden elde edilen bulgular ışığında karakteristik özellikleri belirlenen ajanlara ait demografik özellikler listesi Tablo 4.1'de sunulmuştur.

Tablo 4.1. Ajanların demografik özellikleri

Değişken	Kategori	Sayı	Yüzde (%)
Cinsiyet	Kadın	434	43,4
	Erkek	566	56,6
Yaş	18-25	213	21,3
	26-35	224	22,4
	36-45	227	22,7
	46-55	216	21,6
	56-65	120	12
Eğitim durumu	Lisans	464	46,4
	Lise	142	14,2
	Yüksek lisans	283	28,3
	Doktora	111	11,1
Gelir düzeyi	Yüksek	186	18,6
	Düşük	264	26,4
	Orta	500	50
	Çok Yüksek	50	5

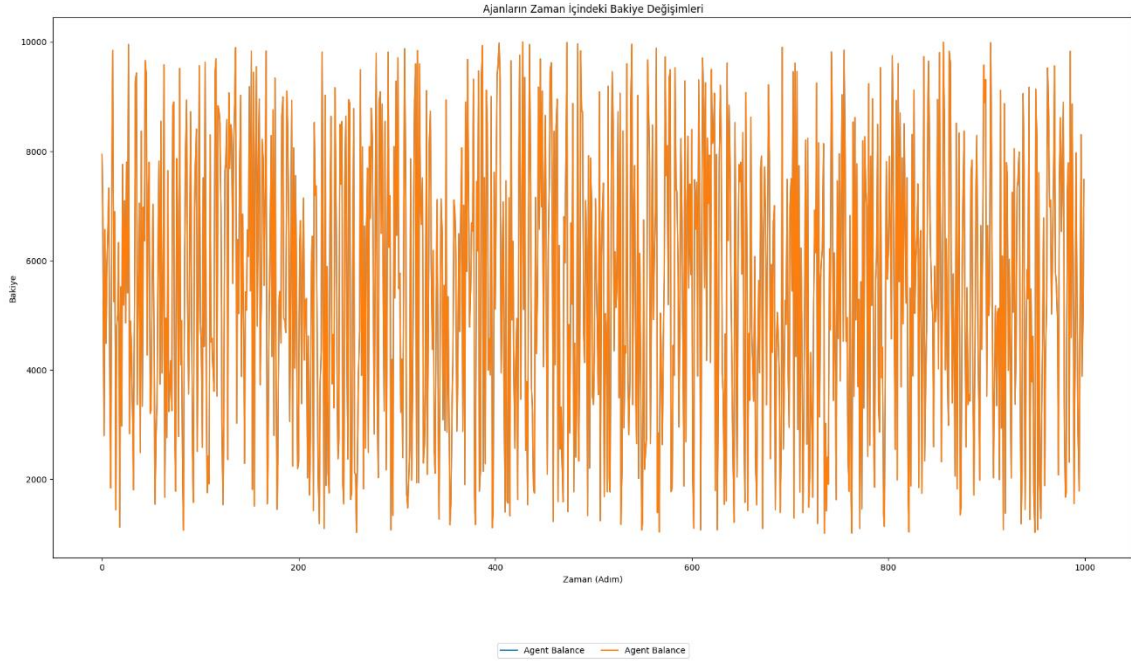
Yatırım süresi	1-3 yıl	409	40,9
	4-6 yıl	310	31
	<1 yıl	102	10,2
	>6 yıl	179	17,9
Risk algısı	Yüksek	190	19
	Düşük	322	32,2
	Orta	488	48,8
Meslek	Girişimci	156	15,6
	Diğer	178	17,8
	Özel sektör	412	41,2
	Kamu sektörü	197	19,7
	Emekli	57	5,7
Medeni durum	Boşanmış	60	6
	Evli	500	50
	Bekar	392	39,2
	Dul	48	4,8
Karar verme stratejisi	Analitik	244	24,4
	Heterostik	242	24,2
	Dürtüsel	242	24,2
	Sezgisel	272	27,2
Bilgi işleme kapasitesi	Yüksek	193	19,3
	Düşük	223	22,3
	Orta	584	58,4
Sürü davranışı eğilimi	Yüksek	309	30,9
	Düşük	301	30,1
	Orta	390	39
İşlem sıklığı	Yüksek	238	23,8
	Düşük	199	19,9
	Orta	368	36,8
	Çok Yüksek	103	10,3
	Çok Düşük	92	9,2
Beklenti	Büyüme	246	24,6
	Kâr	241	24,1
	Spekülasyon	261	26,1
	İstikrar	252	25,2
Zaman periyodu	Uzun vadeli	283	28,3
	Orta vadeli	417	41,7
	Kısa vadeli	300	30
Sermaye büyüklüğü	Büyük (>100 bin dolar)	84	8,4
	Orta (10 bin dolar - 100 bin dolar)	519	51,9
	Küçük (<10 bin dolar)	397	39,7
Kaldıraç kullanımı	Yüksek	102	10,2
	Düşük	187	18,7
	Orta	201	20,1
	Hiçbiri	510	51

Tablo 4.1’de, ajanların demografik ve finansal özelliklerin yer aldığı sonuçlar görülmektedir. Bu demografik değişkenler veriler, cinsiyet, yaş, eğitim durumu, gelir düzeyi, yatırım süresi, risk algısı, meslek, medeni durum, varlık tercihi, işlem sıklığı, beklenti, zaman periyodu, sermaye büyüklüğü ve kaldıraç kullanımı gibi çeşitli

değişkenleri kapsamaktadır. Bu değişkenlerin her biri için sayı ve yüzde dağılımları verilmiştir.

- **Cinsiyet:** Erkekler %56.6 ile kadınlara (%43.4) göre daha yüksek bir orana sahiptir.
- **Yaş:** Katılımcılar geniş bir yaş aralığına yayılmış, en yüksek oran %22.7 ile 36-45 yaş grubundadır.
- **Eğitim Durumu:** %46.4 ile lisans mezunları en büyük grubu oluşturur, doktora mezunları ise %11.1 ile en az sayıdadır.
- **Gelir Düzeyi:** Katılımcıların %50'si orta gelir seviyesine sahipken, çok yüksek gelir seviyesine sahip olanların oranı %5'tir.
- **Yatırım Süresi:** %40,9 ile 1-3 yıl arası yatırım yapanlar en büyük grubu temsil eder.
- **Risk Algısı:** Orta risk algısı %48,8 ile en yaygın görülen durumdur.
- **Meslek:** Özel sektör çalışanları %41,2 ile en büyük meslek grubunu oluşturur.
- **Medeni Durum:** Evli olanların oranı %58,4 ile bekârlardan daha yüksektir.
- **Varlık Tercihi:** Hisse senetleri %50 ile en popüler varlık sınıfıdır.
- **İşlem Sıklığı:** %39,2 ile ayda 1-5 işlem yapanlar en büyük grubu oluşturur.
- **Beklenti:** Katılımcıların beklentileri dengeli bir şekilde dağılmış, büyüme ve spekülasyon beklentileri sırasıyla %24,6 ve %26,1 oranlarında.
- **Zaman Periyodu:** Orta vadeli yatırımlar %41,7 ile en yaygın tercihtir.
- **Sermaye Büyüklüğü:** %51.9 ile orta büyüklükteki sermayeye (10 bin dolar- 100 bin dolar) sahip olanlar çoğunluktadır.
- **Kaldıraç Kullanımı:** %51 ile çoğu katılımcı kaldıraç kullanmamayı tercih etmektedir.

Grafik 4.2. Ajanların Zaman İçindeki Bakiye Değişimleri

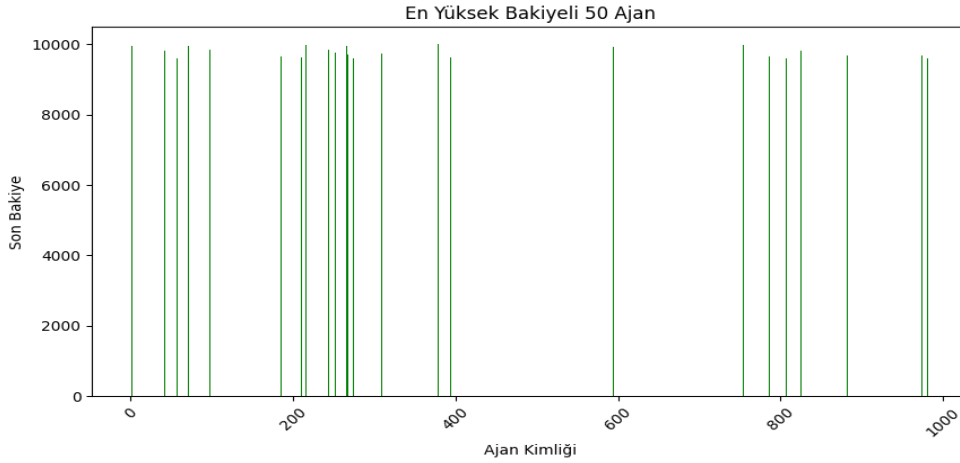


Grafik 4.2'deki dalgalanmalar, ajanların bakiyelerinin gün bazında nasıl değiştiğini ve bu değişimin büyüklüğünü göstermektedir. Yüksek dalgalanma, piyasa koşullarının volatilitelerini, ajanların alım satım stratejilerini ve ajanların karşı karşıya kaldığı rastgele şokları yansıtmaktadır. Grafikte, bazı noktalarda ajanların bakiyelerinde keskin artışlar ve düşüşler görülmektedir. Ajan bakiyelerinin geniş dağılımı, bireysel ajanların finansal kararlarının çeşitliliğini ve potansiyel olarak heterojen davranışları yansıtmaktadır. Grafikte gösterilen her bir pik ve çukur, örneğin piyasa haberleri, makroekonomik değişiklikler veya ajanların kendi iç stratejilerinin sonuçları gibi faktörleri belirtmektedir.

4.1.1. En Yüksek Bakiyeye Sahip İlk 50 Ajana Ait Simülasyon Sonuçları

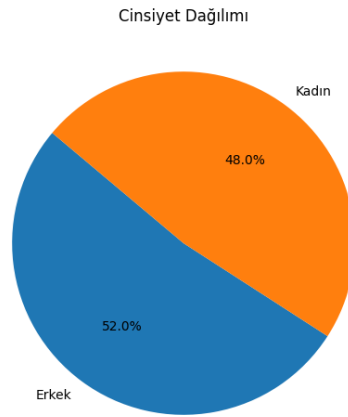
Simülasyon sonuçlarına göre tespit edilen sürü davranışlarını ajan grupları bazında değerlendirmek amacıyla en yüksek bakiyeye sahip 50 ajan ve en düşük bakiyeye sahip 50 ajanın bazı demografik özellikleri ve bakiye grafikleri aşağıda verilmiştir.

Grafik 4.3. En Yüksek Bakiyeli 50 Ajan



Grafik 4.3'te yer alan simülasyon sonuçlarına göre en yüksek bakiyeye sahip 50 ajan gösterilmektedir. Simülasyona toplamda 1000 ajan dahil edilmiştir. Ajan kimliği bize ajanların heterojen demografik özelliklere sahip oldukları bilgisini sunmaktadır. Yani 1'den 1000'e kadar numaralandırılan ajanların yaş, cinsiyet, gelir düzeyi, karar alma stratejisi, risk algısı ve diğer demografik değişkenlerin farklılığını göstermektedir. Elde edilen bulgu heterojen yapıya sahip ajanların sürüye eğilim gösterdiklerinin bir kanıtıdır.

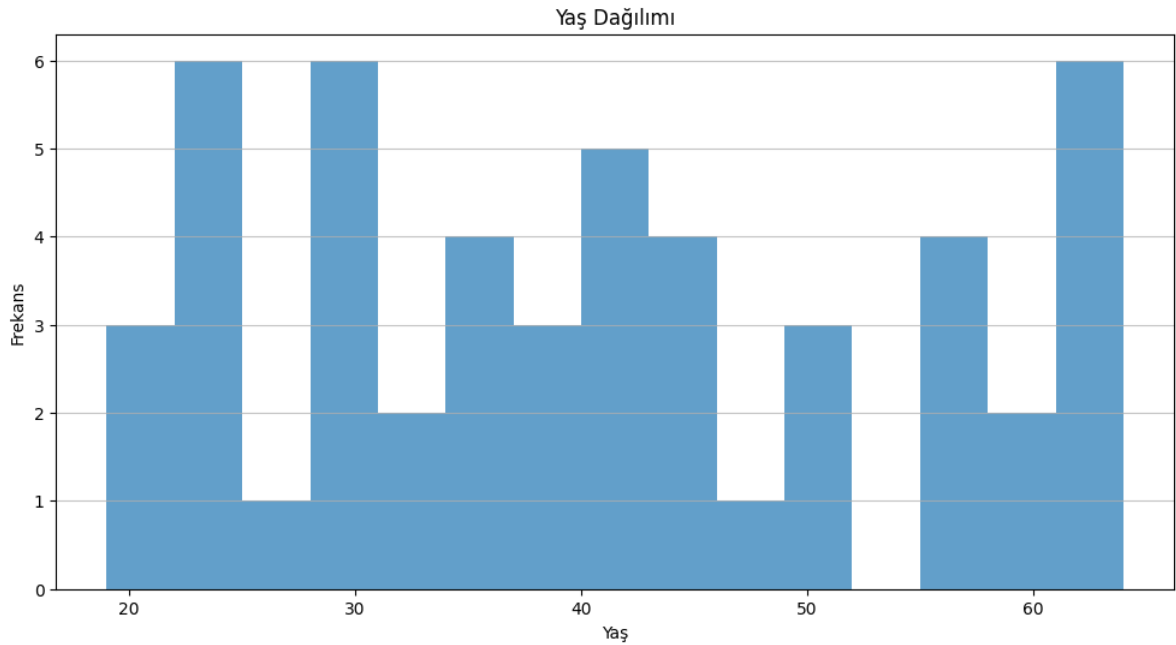
Grafik 4.4. En Yüksek Bakiyeli 50 Ajanın Cinsiyet Dağılımı



En yüksek bakiyeye sahip 50 ajanın cinsiyet dağılımı grafik 4.4'te yer almaktadır. Grafik dağılımı incelendiğinde erkek ve kadın ajanların dağılım oranlarının birbirine çok yakın olduğu görülmektedir. Yapılan çalışmalar kadınların erkeklere kıyasla daha uyumlu davrandıklarını ortaya koymaktadır. Bu durum, kadınların grup normlarına uyum sağlamak adına inanç ya da davranış değişikliğine daha açık olduklarını işaret etmektedir. Goodfellow ve arkadaşlarının (2009) çalışması, kendilerine aşırı güvenen yatırımcıların, diğerlerinin davranışlarını taklit etme ihtimalinin, kendi karar verme becerilerine olan

güvenleri nedeniyle daha az olduğunu ortaya koymaktadır. Mevcut bulgular, erkek yatırımcıların, kadın yatırımcılarla karşılaştırıldığında, aşırı güven eğiliminde daha yüksek olabileceklerini göstermektedir (Barber vd.,2009; Niederle ve Vesterlund,2007; Hsu ve Shiu,2010). Bu durum, erkek yatırımcıların piyasa davranışlarını takip etme ihtimalinin düşük olabileceğini düşündürmektedir. Aşırı güven konseptinin ötesinde, yatırımcılar ticaret yaparak öğrenebilir ve bu tecrübeler, karar verme süreçlerinde daha büyük bir özgüvenle sonuçlanmaktadır. Merli ve Roger (2013) ise, yatırımcıların ticari deneyim kazandıkça kendi bilgilerine daha fazla güvendiklerini ve sürü davranışı gösterme eğilimlerinin azaldığını bulmuşlardır.

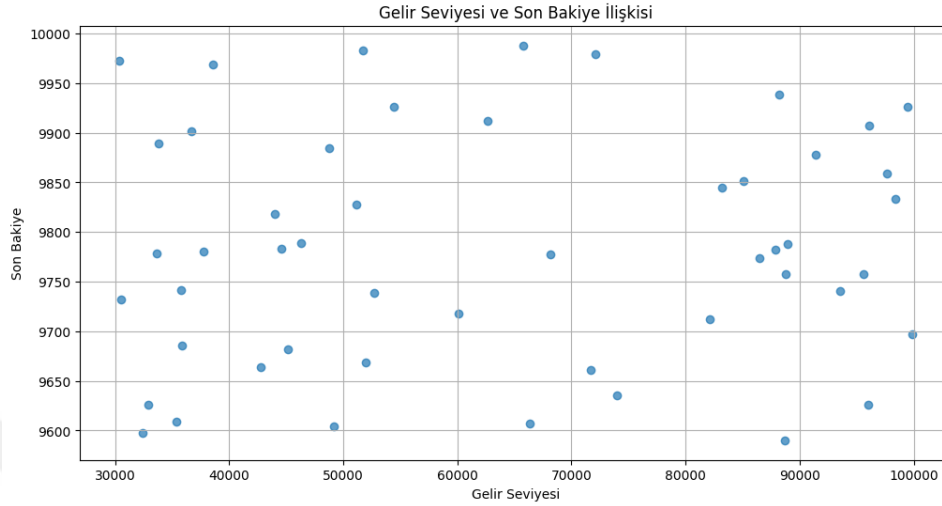
Grafik 4.5. En Yüksek Bakiyeli 50 Ajanın Yaş Dağılımı



Yukarıdaki grafik 4.5'te en yüksek bakiyeye sahip 50 ajanın yaş dağılımları yer almaktadır. Grafik incelendiğinde özellikle genç ajanların çoğunlukta olduğu öte yandan 60 yaş üstü ajanlarında yine yüksek değere sahip oldukları görülmektedir. Bu durum şu şekilde açıklanabilir: genç ajanların risk algısı, deneyim ve getiri beklentileri gibi faktörler sürüye eğilimlerinde etkilidir. 60 yaş üstü ajanların yüksek orana sahip olmasının nedeni ise dinamik piyasa koşullarını takip etmede yaşadıkları zorluktan kaynaklanmaktadır. Statman, Thorley ve Vorkink (2006) ise yatırımcıların yaşlarının yatırım portföyleri üzerindeki etkisini incelemiş ve genç yatırımcıların portföylerindeki risk düzeyinin daha yüksek olduğunu, yaşlı yatırımcıların ise daha düşük riskli yatırımları tercih ettiğini göstermiştir. Bu risk tercihleri, sürü davranışına katılımı da etkileyebilir;

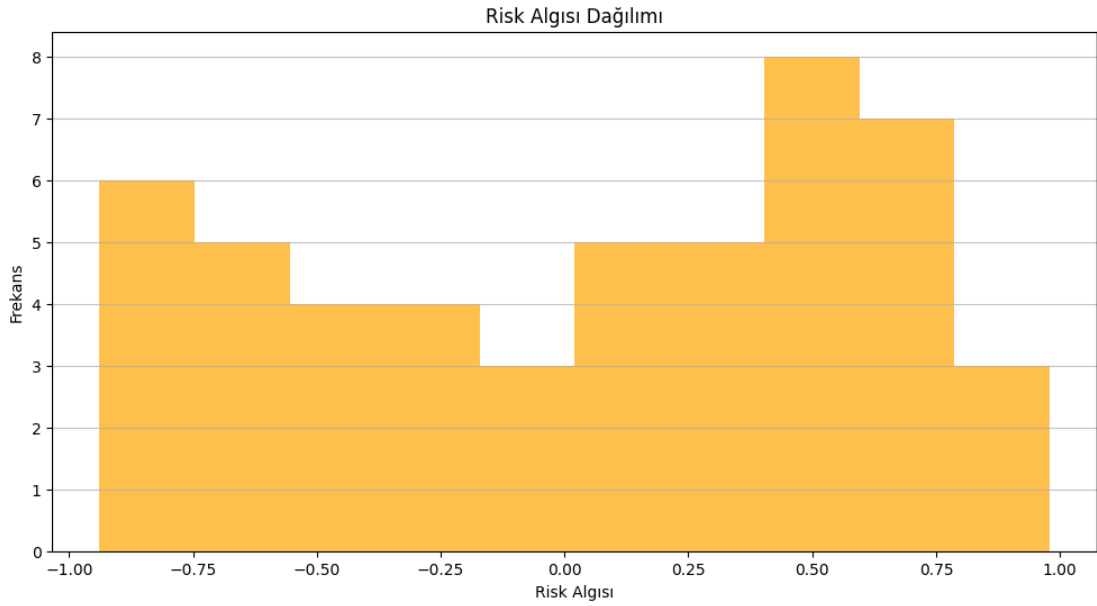
gençlerin sürüye katılımının daha muhtemel olduğu, yaşlıların ise bu tür davranışlardan kaçınma olasılığının daha yüksek olduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

Grafik 4.6. En Yüksek Bakiyeli 50 Ajanın Gelir ve Son Bakiye İlişkisi Dağılımı



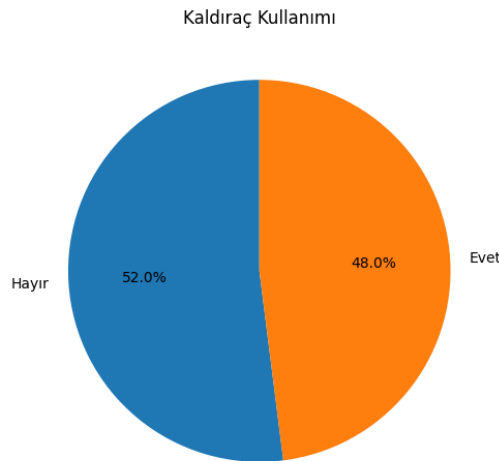
Grafik 4.6'da gelir seviyesi ve son bakiye ilişkisini gösteren dağılım yer almaktadır. Gelir seviyesi ve son bakiye arasında bir ilişkinin olmaması sürüye dahil olmada gelirin etkisinin olmadığını göstermektedir. Gerçek piyasa koşulları göz önünde bulundurulduğunda farklı gelir seviyesine sahip yatırımcılarında grup oluşturdukları bilinmektedir. Barber ve Odean (2000) tarafından yapılan bir araştırmada, bireylerin son bakiyelerinin sürü davranışını etkilediği tespit edilmiştir. Yatırımcılar, genellikle son bakiyelerine göre yatırım kararları alırken, bu da sürü davranışının ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Örneğin, bir yatırımcı son dönemde kar elde etmişse, diğer yatırımcılar da aynı varlıklara yatırım yapma eğiliminde olabilirler, bu da sürü etkisine katkıda bulunabilir.

Grafik 4.7. En Yüksek Bakiyeli 50 Ajanın Risk Algısı Dağılımı



Grafik 4.7’de ajanların risk algısı dağılımları yer almaktadır. Grafik incelendiğinde risk algısı yüksek ajanlara benzer şekilde risk algısı düşük ajanlarında sürüye olan eğilimleri takip ettikleri ajana olan güvenleri ile açıklanabilir. Güven faktörünün sürü davranışına olan etkisi, takip edilen ajanın statüsü, kazanç düzeyi, sahip olduğu bilgi düzeyi gibi değişkenlerden kaynaklanmaktadır. Bikhchandani ve Sharma (2001) tarafından yapılan çalışmada, yatırımcıların risk algılarının, piyasalardaki toplu hareketler üzerinde önemli bir etkisi olduğu belirtilmiştir. Araştırmacılar, düşük risk algısına sahip yatırımcıların, piyasa düşüşleri sırasında panik satışlara daha az katıldığını ve bu durumun piyasalarda istikrarı artırabileceğini öne sürmüşlerdir.

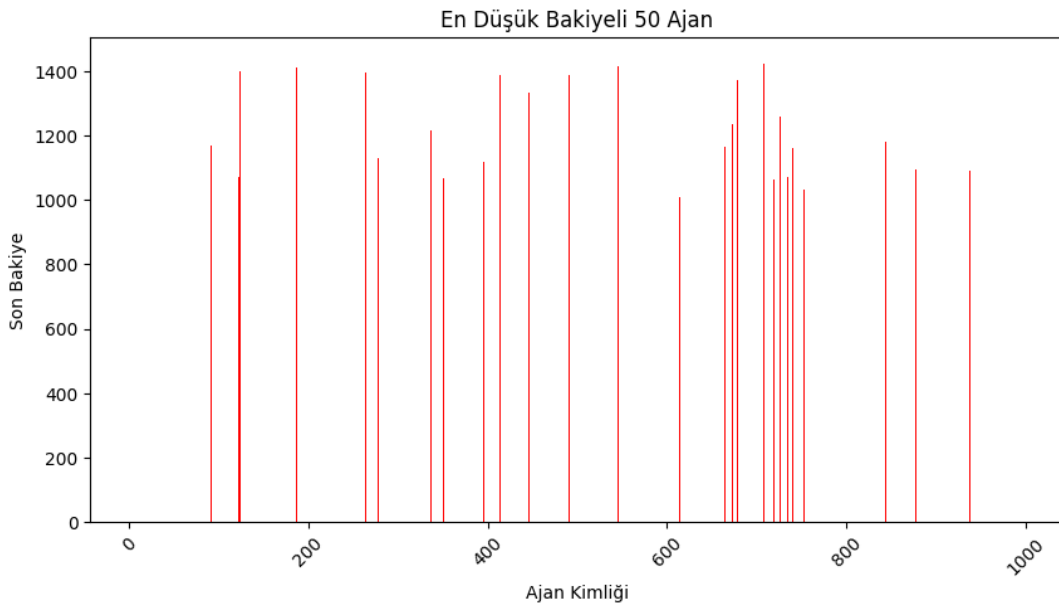
Grafik 4.8. En Yüksek Bakiyeli 50 Ajanın Kaldıraç Kullanımı



Finansal piyasalarda kaldıraçlı işlemler genellikle yüksek risk içermektedir. Kaldıraç, yatırımcıların veya ajanların, yatırılan sermayenin üzerinde bir değere sahip varlıklarda pozisyon açmalarını sağlayan bir finansal araçtır. Kaldıraç kullanımı yüksek getiri fırsatları sunarken, aynı zamanda riski de artırır çünkü potansiyel kayıplar da artmaktadır. Grafik 4.8’de ajanların kaldıraç kullanma oranları yer almaktadır. Görece kaldıraç kullanmayan ajanların oranı daha yüksektir. Bu durum aslında ajanların sürüye dahil olmakla birlikte yine de yatırımlarında riskli işlemlerden uzak durduklarını göstermektedir. Öte yandan kaldıraç kullanma oranının %48 gibi bir değerde olması sürüye dahil olmakla birlikte risk iştahının arttığının göstergesidir.

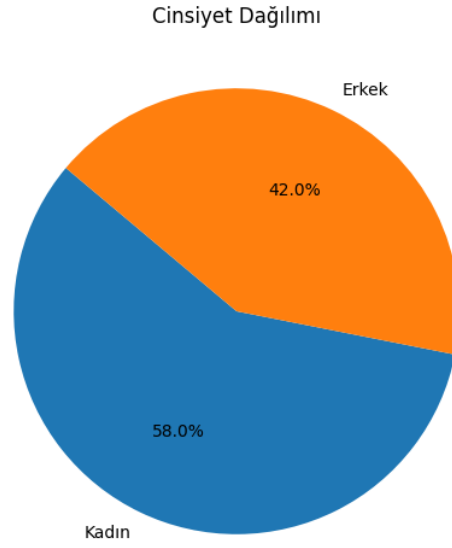
4.1.2. En Düşük Bakiyeye Sahip İlk 50 Ajana Ait Simülasyon Sonuçları

Grafik 4.9. En Düşük Bakiyeli 50 Ajan



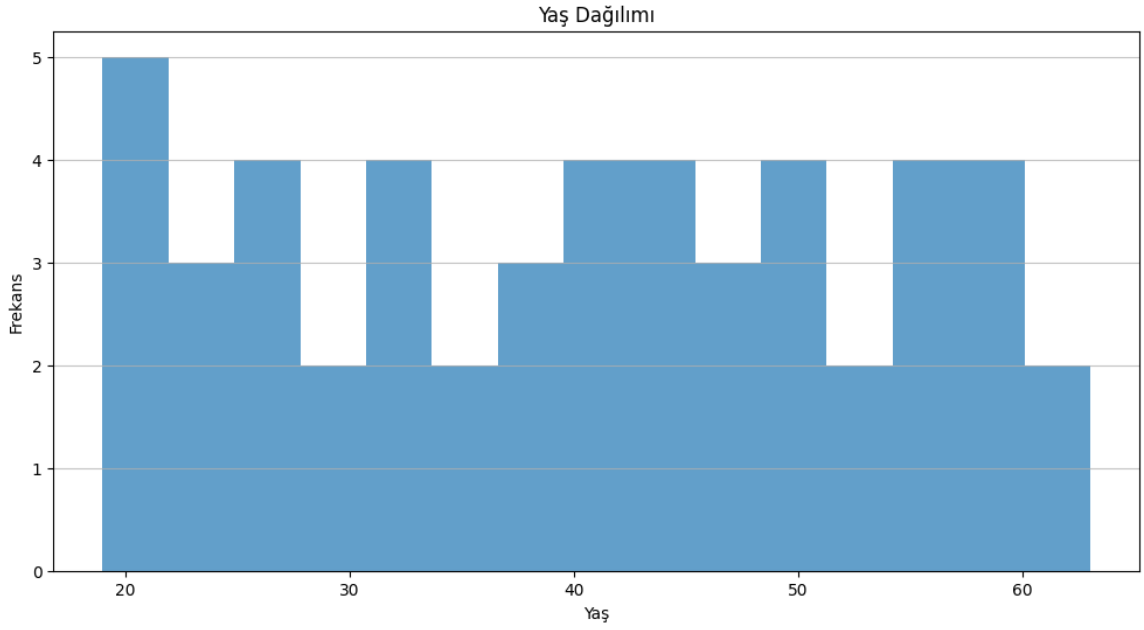
Grafik 4.9’da simülasyon sonuçlarına göre en düşük bakiyeye sahip 50 ajan gösterilmektedir. Simülasyona toplamda 1000 ajan dahil edilmiştir. Ajan kimlikleri bize ajanların heterojen demografik özelliklere sahip oldukları bilgisini sunmakla birlikte yüksek bakiyeye sahip ajanlara göre daha benzer demografik özelliklere sahip olduklarını göstermektedir. Aslında 1’den 1000’e kadar numaralandırılan ajanların yaş, cinsiyet, gelir düzeyi, karar alma stratejisi, risk algısı ve diğer demografik değişkenlerin, en yüksek bakiyeye sahip 50 ajana göre daha homojenel yapıda olduklarını göstermektedir. Elde edilen bulgu heterojen yapıya sahip ajanların sürüye eğilim gösterdiklerinin bir kanıtıdır.

Grafik 4.10. En Düşük Bakiyeli 50 Ajanın Cinsiyet Dağılımı



En düşük bakiyeye sahip 50 ajanın cinsiyet dağılımı aşağıdaki grafik 4.10'da yer almaktadır. Grafik dağılımı incelendiğinde erkek ajanların kadın ajanlara göre daha düşük oranda oldukları görülmektedir. Bu durum cinsiyete göre kadın ajanların düşük bakiyeye sahip olmaları durumunda sürüye eğilimlerinin arttığını göstermektedir. Yapılan çalışmalarda kadın yatırımcıların erkek yatırımcılara göre yatırım kararlarında ve davranışlarında daha muhafazakar yapıda oldukları tespit edilmiştir (Barber vd., 2009). Elde edilen bu bulgu düşük bakiyeye sahip olma durumunda sürüye eğilim açısından farklılık göstermektedir.

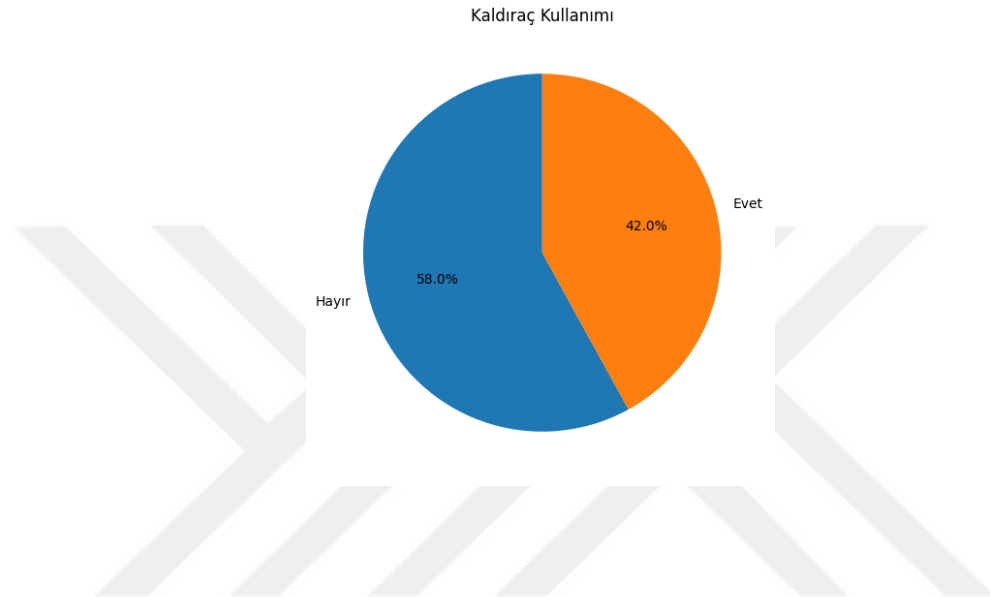
Grafik 4.11. En Düşük Bakiyeli 50 Ajanın Yaş Dağılımı



Yukarıdaki grafik 4.11’de en düşük bakiyeye sahip 50 ajanın yaş dağılımları yer almaktadır. Grafik incelendiğinde özellikle genç ajanların çoğunlukta olduğu görülmektedir. Bu durum şu şekilde açıklanabilir: genç ajanların risk algısı, deneyim ve getiri beklentileri gibi faktörler sürüye eğilimlerinde etkilidir. Başlangıç bakiyelerinde düşük olduğu göz önünde bulundurulduğunda genç ajanların daha düşük bakiyeye sürü güdüsü gösterdikleri söylenebilir. Menkhoff ve Schmidt (2005) tarafından yapılan bir çalışmada, genç yatırımcıların, yaşlı yatırımcılara göre piyasa trendlerini takip etme olasılığının daha yüksek olduğu bulunmuştur. Genç yatırımcılar daha riskli yatırımlara yönelme ve yenilikçi fırsatları deneme eğilimindedirler, bu da onları sürü davranışına daha açık hale getirebilir. Buna karşın, yaşlı yatırımcılar genellikle daha muhafazakar davranır ve deneyimlerinden dolayı piyasa hareketlerini bağımsız olarak değerlendirme eğilimindedirler.

Grafik 4.13'te ajanların risk algısı dağılımları yer almaktadır. Grafik incelendiğinde risk algısı yüksek ajanlara benzer şekilde risk algısı düşük ajanlarında sürüye olan eğilimleri takip ettikleri ajana olan güvenleri ile açıklanabilir. Diğer bir deyişle tüm risk algısı düzeylerinde ajanlar sürüye eğilim göstermektedirler.

Grafik 4.14. En Düşük Bakiyeli 50 Ajanın Kaldıraç Kullanımı



Grafik 4.14'e göre, ajanların %42'si kaldıraç kullanmayı tercih ederken, %58'i kaldıraç kullanmamayı tercih etmektedir. Grafiğin gösterdiği dağılım, ajanların genel olarak risk yönetimi konusunda temkinli olduklarını gösterirken kaldıraç kullanmayanların daha yüksek oranı, ajanların aşırı kayıplardan kaçınmayı ve daha muhafazakâr bir yaklaşımı tercih etmeyi seçtiklerini göstermektedir. Kaldıraç kullanan ajanların varlığı, bazı ajanların daha agresif yatırım stratejilerini benimsediğini ve yüksek getiri peşinde koşarken daha yüksek riskleri göze aldıklarını göstermektedir. Kaldıraç kullanımı, özellikle volatil piyasalarda, büyük fiyat hareketlerinden faydalanmak isteyen ajanlar için çekici olabilir. Bu durum, piyasa dinamiklerinin bu tür yatırım kararlarını etkileyebileceğini göstermektedir.

SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu araştırma, finansal piyasalarda ajan tabanlı modelleme kullanarak sürü güdüsünün simülasyonuna odaklanmıştır. Çalışmada, finansal piyasalardaki yatırımcı davranışlarını daha iyi anlamak ve bu davranışların piyasa dinamikleri üzerindeki etkilerini ortaya koymak için kapsamlı bir modelleme ve simülasyon yaklaşımı benimsenmiştir. Ajan tabanlı modelleme, yatırımcıların karar alma süreçlerini, risk algılarını ve piyasa koşullarına tepkilerini detaylı bir şekilde incelemeye olanak tanımaktadır.

Simülasyon modeline dahil edilen ajanların demografik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla meta analiz yapılmış ve elde edilen sonuçlar doğrultusunda ajanların yatırım kriterleri belirlenmiştir. Python yazılım dilinde simülasyon için gerekli piyasa yapısı oluşturulmuş ve analize geçilmiştir.

Araştırmanın bulguları, ajanların davranışlarının, bireysel özellikler (risk algısı, gelir düzeyi, eğitim durumu vb.) ve piyasa koşulları (fiyat dalgalanmaları, piyasa bilgisi vb.) tarafından önemli ölçüde etkilendiğini göstermektedir. Özellikle, risk algısının yüksek olduğu durumlarda, ajanların daha korumacı yatırım stratejileri benimseme eğiliminde olmalarına rağmen sürü davranışı sergiledikleri; gelir düzeyi ve eğitim durumunun ise yatırım kararlarında daha bilinçli ve çeşitlendirilmiş yaklaşımlar sergilenmesine yol açtığı belirlenmiştir. Rizek (2011), aşırı güven kavramını, bireylerin belirli olaylar dizisi için olasılıkları aşırı derecede yüksek tahmin etmeleri olarak tanımlamaktadır. Bu tanım, atanmış belirli bir olasılığın, bu olasılığa atfedilen tüm değerlendirmeler arasındaki doğru orandan daha yüksek olup olmadığının karşılaştırılmasıyla operasyonel bir boyut kazanmaktadır. Öte yandan, Agrawal (2012), aşırı güvenin, bireylerin kendi bilgilerini fazla tahmin etmelerine, riskleri yetersiz değerlendirmelerine ve olayları kontrol etme kabiliyetlerini aşırı derecede yüksek değerlendirmelerine yol açtığını belirtmektedir. Çalışmada aşırı güven kökeninin, insanların kanıtları önyargılı bir şekilde değerlendirmelerinden kaynaklandığını öne sürülmektedir. Finansal kararlar bağlamında aşırı güven yanılgısının varlığı sürü davranışını tetiklemektedir. Sürüye eğilimin oluşmasında aşırı güvenin, kişilerin ısrarcılığını, kararlılığını, zihinsel yeteneklerini ve risk toleransını artırdığı ve bu şekilde profesyonel performansın geliştirilmesine katkı sağladığı kabul edilmektedir. Ayrıca, aşırı güven, bireyin yeteneklerinin başkaları tarafından daha olumlu algılanmasını sağlayarak,

daha hızlı terfi edilmesi ve daha uzun yatırım sürelerinin elde edilmesine olanak tanımaktadır (Loung ve Ha,2011).

Risk algısının yatırım tercihlerine olan etkisine yönelik araştırmalar, bireylerin risk algılarının yatırım kararları üzerinde belirleyici bir rol oynadığını göstermektedir. Özellikle, yüksek risk algısına sahip bireylerin, riskli yatırım araçlarından kaçınarak daha güvenli varlıklara yönelme eğiliminde oldukları belirlenmiştir. Bu durum, risk algısı daha düşük olan yatırımcıların ise, nispeten daha az güvenli kabul edilen yüksek riskli hisse senetlerine yönelik bir tercih geliştirdiklerini ortaya koymaktadır. Bu bulgular, risk algısının, bireylerin yatırım portföylerini nasıl şekillendirdikleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu vurgulamaktadır (Antonides ve Van Der Sar,1990; Hoffmann, vd.,2015).

Simülasyon sonuçları, piyasa koşullarının volatilitesi ve ajanların karar alma süreçlerinin piyasa dinamikleri üzerinde belirgin bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Volatil piyasa koşullarında ajanların sürü davranışı eğilimlerinin arttığı, bu durumun da piyasa fiyatlarında aşırı dalgalanmalara yol açabileceği belirlenmiştir. Bu bulgular, finansal piyasaların anlaşılmasında ve regülasyon stratejilerinin geliştirilmesinde ajan tabanlı modellerin önemli bir araç olabileceğini vurgulamaktadır. Finansal piyasalardaki sürü davranışlarının etkisi üzerine yapılan çalışmalar, bu olgunun piyasalara olan etkilerini detaylı bir şekilde ele almaktadır. Yatırımcıların bireysel karar verme süreçlerinden ziyade, diğer yatırımcıların hareketlerini takip etme eğiliminde olmaları, piyasalarda önemli dalgalanmalara ve bazen de istenmeyen sonuçlara yol açabilmektedir. Bikhchandani, vd., (1992) tarafından yapılan çalışma, bireylerin bilgi eksikliği nedeniyle diğerlerinin davranışlarını taklit etme eğiliminde olduğunu ve bu durumun piyasalarda sürü davranışlarına yol açabileceğini ortaya koymaktadır. Bu tür davranışlar, özellikle bilgi akışının asimetrik olduğu durumlarda, piyasa fiyatlarının temel değerlerden sapmasına neden olmaktadır. Banerjee (1992) ise, yatırımcıların sürü davranışlarının, finansal piyasalarda aşırı alım veya satım baskıları oluşturarak volatilitiyi artırabileceğini savunmaktadır. Ayrıca çalışmada, sürü davranışlarının piyasa etkinliği üzerindeki olumsuz etkilerini ve potansiyel piyasa balonlarının oluşum riskini vurgulanmaktadır. Lux ve Marchesi (1999) tarafından yapılan bir diğer önemli çalışma, sürü davranışlarının piyasalardaki dalgalanmaları nasıl artırabileceğini ve fiyat istikrarsızlıklarına yol açabileceğini ele almaktadır. Bu çalışma, sürü davranışlarının,

özellikle finansal krizler sırasında, piyasalardaki istikrarsızlıkları daha da kötüleştirebileceğini ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak, bu çalışma finansal piyasalarda ajan tabanlı modellemenin, yatırımcı davranışlarının ve piyasa dinamiklerinin daha derinlemesine anlaşılması için güçlü bir metodoloji sunduğunu göstermiştir. Ajan tabanlı modeller, piyasaların daha sağlam ve etkili bir şekilde analiz edilmesine olanak tanıyarak, piyasa regülasyonu ve politika yapımında kritik kararlar alınmasına yardımcı olabilir. Bu çalışma, finansal piyasaların daha iyi anlaşılması ve yönetilmesi için gerekli araçları ve çerçeveleri sağlama konusunda önemli bir katkı sunmaktadır.



KAYNAKÇA

- Antonides, G., & Van Der Sar, N. L. (1990). Individual expectations, risk perception and preferences in relation to investment decision making. *Journal of Economic Psychology*, 11(2): 227-245.
- Arthur, W. B. (1994). Inductive reasoning and bounded rationality. *The American economic review*, 84(2): 406-411.
- Arthur, W. B., Holland, J. H., LeBaron, B., Palmer, R., & Taylor, P. (1996). *Asset pricing under endogenous expectation in an artificial stock market* (No. 96-12-093).
- Axelrod, R. (2006). Agent-based modeling as a bridge between disciplines. *Handbook of computational economics*, 2, 1565-1584.
- Banerjee, A. V. (1992). A simple model of herd behavior. *The quarterly journal of economics*, 107(3):797-817.
- Barber, B. M., & Odean, T. (2000). Trading is hazardous to your wealth: The common stock investment performance of individual investors. *The journal of Finance*, 55(2):773-806.
- Barber, B. M., Odean, T., & Zhu, N. (2009). Systematic noise. *Journal of Financial Markets*, 12(4):547-569.
- Beinhocker, E. D. (2006). The adaptable corporation. *McKinsey Quarterly*, 2, 76.
- Bikhchandani, S., & Sharma, S. (2000). Herd behavior in financial markets. *IMF Staff papers*, 47(3):279-310.
- Bikhchandani, S., & Sharma, S. (2001). Comportamiento gregario o de rebaño en los mercados financieros: una reseña. *Boletín*, 47(1):23-42.
- Bikhchandani, S., Hirshleifer, D., & Welch, I. (1992). A theory of fads, fashion, custom, and cultural change as informational cascades. *Journal of political Economy*, 100(5):992-1026.
- Bouchaud, J. P. (2008). Economics needs a scientific revolution. *Nature*, 455(7217):1181-1181.
- Brock, W. A., & Hommes, C. H. (1997). *Models of complexity in economics and finance* (No. 9706).
- Chakraborti, A., Toke, I. M., Patriarca, M., & Abergel, F. (2011). Econophysics review: II. Agent-based models. *Quantitative Finance*, 11(7):1013-1041.
- Chalkis, A., Christoforou, E., Dalamagas, T., & Emiris, I. Z. (2021). Modeling of crisis periods in stock markets. In *Learning and Intelligent Optimization: 15th International Conference, LION 15, Athens, Greece, June 20–25, 2021, Revised Selected Papers 15* (pp. 55-65). Springer International Publishing.
- Challet, D., & Zhang, Y. C. (1997). Emergence of cooperation and organization in an evolutionary game. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 246(3-4): 407-418.
- Chen, D. N., Jeng, B., Lee, W. P., & Chuang, C. H. (2008). An agent-based model for consumer-to-business electronic commerce. *Expert Systems with Applications*, 34(1): 469-481.

- Chiarella, C., & Iori, G. (2002). A simulation analysis of the microstructure of double auction markets. *Quantitative finance*, 2(5):346.
- Chiarella, C., Dieci, R., & He, X. Z. (2009). Heterogeneity, market mechanisms, and asset price dynamics. In *Handbook of financial markets: Dynamics and evolution* (pp. 277-344). North-Holland.
- Chiarella, C., Iori, G., & Perelló, J. (2009). The impact of heterogeneous trading rules on the limit order book and order flows. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 33(3): 525-537.
- Coolen, A. C. (2005). *The mathematical theory of minority games: statistical mechanics of interacting agents*. OUP Oxford.
- Devenow, A., & Welch, I. (1996). Rational herding in financial economics. *European economic review*, 40(3-5):603-615.
- Duffy, J., & Ünver, M. U. (2006). Asset price bubbles and crashes with near-zero-intelligence traders. *Economic theory*, 27:537-563.
- Evlimoğlu, U., and Güder, M. (2021). Tarihteki ekonomik balonlar ışığında kripto paralara genel bir bakış. *Abant Sosyal Bilimler Dergisi*, 21(3), 469-496.
- Farmer, J. D., & Foley, D. (2009). The economy needs agent-based modelling. *Nature*, 460(7256):685-686.
- Frankel, J., & Froot, K. (1986). Using Survey Data to Test Standard Propositions Regarding Exchange Rate Expectations.
- Galariotis, E. C., Holmes, P., Kallinterakis, V., & Ma, X. S. (2014). Market states, expectations, sentiment and momentum: How naive are investors?. *International Review of Financial Analysis*, 32, 1-12.
- Gode, D. K., & Sunder, S. (1993). Allocative efficiency of markets with zero-intelligence traders: Market as a partial substitute for individual rationality. *Journal of political economy*, 101(1):119-137.
- Gode, D. K., & Sunder, S. (1997). What makes markets allocationally efficient?. *The quarterly journal of economics*, 112(2):603-630.
- Goodfellow, C., Bohl, M. T., & Gebka, B. (2009). Together we invest? Individual and institutional investors' trading behaviour in Poland. *International Review of Financial Analysis*, 18(4):212-221.
- Grazzini, M., Ilnicka, A., Spira, M., & Wiesemann, M. (2017). Modeling BSM effects on the Higgs transverse-momentum spectrum in an EFT approach. *Journal of High Energy Physics*, 2017(3):1-25.
- Grossman, S. J., & Stiglitz, J. E. (1980). Stockholder unanimity in making production and financial decisions. *The Quarterly Journal of Economics*, 94(3):543-566.
- Guillaume, D. M., Dacorogna, M. M., Davé, R. R., Müller, U. A., Olsen, R. B., & Pictet, O. V. (1997). From the bird's eye to the microscope: A survey of new stylized facts of the intra-daily foreign exchange markets. *Finance and stochastics*, 1:95-129.
- Harras, G., & Sornette, D. (2011). How to grow a bubble: A model of myopic adapting agents. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 80(1):137-152.

- Hoffmann, A. O., Post, T., & Pennings, J. M. (2015). How investor perceptions drive actual trading and risk-taking behavior. *Journal of Behavioral Finance*, 16(1):94-103.
- Hott, C. (2009). Herding behavior in asset markets. *Journal of Financial Stability*, 5(1):35-56.
- Hsu, Y., & Shiu, C. Y. (2010). The overconfidence of investors in the primary market. *Pacific-Basin Finance Journal*, 18(2):217-239.
- Kaizoji, T., Leiss, M., Saichev, A., & Sornette, D. (2015). Super-exponential endogenous bubbles in an equilibrium model of fundamentalist and chartist traders. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 112, 289-310.
- Kazil, J., Masad, D., & Crooks, A. (2020). Utilizing python for agent-based modeling: The mesa framework. In *Social, Cultural, and Behavioral Modeling: 13th International Conference, SBP-BRiMS 2020, Washington, DC, USA, October 18–21, 2020, Proceedings 13* (pp. 308-317). Springer International Publishing.
- Kim, G. R., & Markowitz, H. M. (1989). Investment rules, margin, and market volatility. *Journal of portfolio management*, 16(1):45.
- Kirman, A. (2011). Learning in agent-based models. *Eastern Economic Journal*, 37, 20-27.
- Konak, F., & Şakrak, K. (2023). Hisse Senedi Gruplandırma Duyurularının Piyasa Fiyatına Etkisi: Borsa İstanbul Üzerine Bir Uygulama. *Hitit Ekonomi ve Politika Dergisi*, 3(1):1-19.
- Kyle, A. S. (1985). Continuous auctions and insider trading. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 1315-1335.
- Liang, H. (2011). A neural basis of herd behavior in stock market: an experimental design. Available at SSRN 1761903.
- Lin, H. W. (2011). Elucidating rational investment decisions and behavioral biases: Evidence from the Taiwanese stock market. *African Journal of Business Management*, 5(5), 1630.
- Lux, T., & Marchesi, M. (1999). Scaling and criticality in a stochastic multi-agent model of a financial market. *Nature*, 397(6719):498-500.
- Lux, T., & Marchesi, M. (2000). Volatility clustering in financial markets: a microsimulation of interacting agents. *International journal of theoretical and applied finance*, 3(04): 675-702.
- Lux, T., & Westerhoff, F. (2009). Economics crisis. *Nature Physics*, 5(1):2-3.
- Mandelbrot, B. (1963). New methods in statistical economics. *Journal of political economy*, 71(5):421-440.
- Mayer, C. (1990). Financial systems, corporate finance, and economic development. In *Asymmetric information, corporate finance, and investment* (pp. 307-332). University of Chicago Press.
- McGuckian, F. (2013). Behavioural finance and financial markets: micro, macro and corporate.

- Menkhoff*, L., & Schmidt, U. (2005). The use of trading strategies by fund managers: some first survey evidence. *Applied Economics*, 37(15):1719-1730.
- Merli, M., & Roger, T. (2013). What drives the herding behavior of individual investors?. *Finance*, 34(3):67-104.
- Müldür, G. T. (2019). Geleneksel ve davranışsal finans: tarihsel ve kavramsal çerçeve. *Artibilim Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 2(1):37-45.
- Niederle, M., & Vesterlund, L. (2007). Do women shy away from competition? Do men compete too much?. *The quarterly journal of economics*, 122(3):1067-1101.
- Özcan, M. (2021). Sosyal medya platformlarının hisse senedi piyasalarına etkisi: BIST30 örneği. *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 12(1):160-172.
- Pagan, A. (1996). The econometrics of financial markets. *Journal of empirical finance*, 3(1): 15-102.
- Prabhakaran, K., & Karthika, P. (2011). A study on risk perception and portfolio management of equity investors in Coimbatore city. *Journal of Management and Science*, 1(2):65-77.
- Prechter Jr, R. R. (2001). Unconscious herding behavior as the psychological basis of financial market trends and patterns. *The Journal of Psychology and Financial Markets*, 2(3):120-125.
- Roszkowski, M. J., & Davey, G. (2010). Risk perception and risk tolerance changes attributable to the 2008 economic crisis: A subtle but critical difference. *Journal of financial service professionals*, 64(4):42-53.
- Sakoda, J. M. (1949). *Minidoka: An analysis of changing patterns of social behavior* (Doctoral dissertation, PhD thesis, University of California).
- Satinover, J. B., & Sornette, D. (2007). " Illusion of control" in Time-Horizon Minority and Parrondo Games. *The European Physical Journal B*, 60, 369-384.
- Şendeniz-Yüncü, İ. (2020). Finansal sistemin yapısı ile reel ekonomi arasındaki dinamik etkileşim. *Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 38(4), 869-890.
- Statman, M., Thorley, S., & Vorkink, K. (2006). Investor overconfidence and trading volume. *The Review of Financial Studies*, 19(4):1531-1565.
- Stigler, G. J. (1964). A theory of oligopoly. *Journal of political Economy*, 72(1):44-61.
- Teply, P., & Klinger, T. (2019). Agent-based modeling of systemic risk in the European banking sector. *Journal of Economic Interaction and Coordination*, 14, 811-833.
- Terna, P. (2002). Cognitive agents behaving in a simple stock market structure. In *Agent-based methods in Economics and Finance: Simulations in Swarm* (pp. 187-227). Boston, MA: Springer US.
- Wyart, M., & Bouchaud, J. P. (2007). Self-referential behaviour, overreaction and conventions in financial markets. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 63(1):1-24.

EKLER

Meta Analizde Faydalanan Çalışmalar

- Abdeldayem, M. M., & Al Dulaimi, S. H. (2020). Investors' herd behavior related to the pandemic-risk reflected on the GCC stock markets. *Zbornik radova Ekonomskog fakulteta u Rijeci: časopis za ekonomsku teoriju i praksu*, 38(2), 563-584.
- Adielyani, D., & Mawardi, W. (2020). The influence of overconfidence, herding behavior, and risk tolerance on stock investment decisions: The empirical study of millennial investors in Semarang City. *Jurnal Maksipreneur: Manajemen, Koperasi, dan Entrepreneurship*, 10(1), 89-101.
- Albert, R. (2023). INVESTIGATING STUDENTS' BEHAVIORAL BIASES IN REGARD TO FINANCIAL DECISION-MAKING. *Studia Universitatis Babeş-Bolyai-Oeconomica*, 68(2), 34-54.
- Alizada, Z., & Clarin, O. (2018). The Impact of Loss Aversion Bias on Herding Behavior of Young Swedish Retail Investors: A Behavioral Perspective on Young Swedish Retail Investors' Decision Making in the Stock Market.
- Allam, S., Abdelrhim, M., & Mohamed, M. (2020). Determinants of herding behavior in the time of COVID-19: The case of Egyptian stock market sectors. Available at SSRN 3717995.
- Almansour, B. Y., Elkrgli, S., & Almansour, A. Y. (2023). Behavioral finance factors and investment decisions: A mediating role of risk perception. *Cogent Economics & Finance*, 11(2), 2239032.
- Arabadi, D. W. H., Al-Abdallah, S. Y., & Aljarayesh, N. I. A. (2018). Behavioral biases and investment performance: Does gender matter? Evidence from Amman Stock Exchange. *Jordan Journal of Economic Sciences*, 5(1), 77-92.
- Aruna Shantha, K. V. (2019). Individual Investors' Learning Behavior and its Impact on their Herd Bias: An Integrated Analysis in the Context of Stock Trading.
- Ateş, S., Coşkun, A., Şahin, M. A., & Demircan, M. L. (2016). Impact of financial literacy on the behavioral biases of individual stock investors: Evidence from Borsa Istanbul. *Business & Economics Research Journal*, 7(3).
- Baddeley, M., Burke, C., Schultz, W., & Tobler, P. (2012). Herding in financial behaviour: A behavioural and neuroeconomic analysis of individual differences.
- Baker, H. K., Kumar, S., Goyal, N., & Gaur, V. (2019). How financial literacy and demographic variables relate to behavioral biases. *Managerial Finance*, 45(1), 124-146.
- Bashir, T., Azam, N., Butt, A. A., Javed, A., & Tanvir, A. (2013). Are behavioral biases influenced by demographic characteristics & personality traits? Evidence from Pakistan. *European Scientific Journal*, 9(29).
- Chaffai, M., & Medhioub, I. (2014). Behavioral finance: An empirical study of the Tunisian stock market. *International Journal of Economics and Financial Issues*, 4(3), 527-538.
- Chen, D., Huang, C., Liu, D., & Lai, F. (2022). The role of expertise in herding behaviors: evidence from a crowdfunding market. *Electronic Commerce Research*, 1-49.
- Chen, X., Hong, F., & Zhao, X. (2020). Concentration and variability of forecasts in artificial investment games: an online experiment on WeChat. *Experimental Economics*, 23, 815-847.
- Chia, L. H., Chong, L. Y., Fu, Z. C., Khoo, J. S. L., & Soh, Z. H. (2018). *Herding behavior in stock market: a case in Malaysia* (Doctoral dissertation, UTAR).
- Christoffersen, J., & Stæhr, S. (2019). Individual risk tolerance and herding behaviors in financial forecasts. *European Financial Management*, 25(5), 1348-1377.
- Cipriani, M., & Guarino, A. (2008). Herd behavior and contagion in financial markets. *The BE Journal of Theoretical Economics*, 8(1), 0000102202193517041390.
- Dar, B. I., & Kumar, J. (2023). The Behavioural Pattern of Investment in the Financial Market: A Study of the Individual Investors. *Global Business Review*, 09721509231192229.
- Deshmukh, P. (2017). Herd investment behaviour among women employees of IT & ITES sector in Pune. *Journal of Commerce and Management Thought*, 8(2), 350-360.
- Dhir, G. S. (2017). *Influence of socioeconomic and demographic characteristics over herding in Estonian stock market* (Doctoral dissertation, Master's Thesis submitted School of Business and Governance Department of Economics and Finance, Tallinn University of Technology).
- Dhungana, B. R., Bhandari, S., Ojha, D., & Sharma, L. K. (2022). Effect of cognitive biases on investment decision making: A case of Pokhara valley, Nepal. *Quest Journal of Management and Social Sciences*, 4(1), 71-84.
- Dispa, A. (2020). *Behaviours in the Stock Market: An empirical study* (Doctoral dissertation, Dublin, National College of Ireland).

- Drehmann, M., Oechssler, J., & Roeder, A. (2005). Herding and contrarian behavior in financial markets: An internet experiment. *American Economic Review*, 95(5), 1403-1426.
- F. Luchtenberg, K., & Joseph Seiler, M. (2013). The effect of exogenous information signal strength on herding. *Review of Behavioral Finance*, 5(2), 153-174.
- Gama Silva, P. V. J., Klotzle, M. C., Pinto, A. C. F., & Gomes, L. L. (2019). Herding behavior and contagion in the cryptocurrency market. *Journal of Behavioral and Experimental Finance*, 22, 41-50.
- Gonzalez, L. (2020). Blockchain, herding and trust in peer-to-peer lending. *Managerial Finance*, 46(6), 815-831.
- Gonzalez-Igual, M., Santamaria, T. C., & Vieites, A. R. (2021). Impact of education, age and gender on investor's sentiment: A survey of practitioners. *Heliyon*, 7(3).
- Gupta, P., & Goyal, P. (2022). Herding the influencers for investment decisions: millennials bust the gender stereotype. *Journal of Financial Services Marketing*, 1-13.
- Hirdinis, M. (2021). Does Herding behaviour and overconfidence drive the investor's decision making during the Covid-19 pandemic. *Cognizance Journal of Multidisciplinary Studies*, 1(8), 1-16.
- Hu, C., & Chen, H. (2023). A kinetic description of the impact of agent competence and psychological factors on investment decision-making. *Chinese Physics B*, 32(6), 088901.
- Hussain, M., Sadiq, S., Rasheed, M. H., & Amin, K. (2022). Exploring the dynamics of investors' decision making in Pakistan stock market: a study of herding behavior. *Journal of Economic Impact*, 4(1), 165-173.
- Ibrahim, T. T. (2017). *The Effect of Investor Herding Behavior on Securities Returns at the Nairobi Securities Exchange* (Doctoral dissertation, University of Nairobi).
- Ismiyanti, F., Mahadwartha, P. A., & Zunairoh, S. N. (2021). Does Herd Behavior Make the Market More Efficient?. *Journal of Hunan University Natural Sciences*, 48(9).
- Jain, R. (2012). Investor's attitude towards secondary market equity investments and influence of behavioral finance. *International Journal of Emerging Technologies*, 3(2), 67-79.
- Kalyan, A. P., & Gupta, B. (2021). Does level of education/experience affects investors decision making. *Phronimos*, 1(1), 19-35.
- Komalasari, P. T., & Asri, M. (2019, October). An individual herding behavior model: The role of personality, gender and information asymmetry. In *2019 International Conference on Organizational Innovation (ICOI 2019)* (pp. 624-629). Atlantis Press.
- Kumar, N., Raut, N. K., & Srinivasan, S. (2022). *Herd behavior in the choice of motorcycles: Evidence from Nepal* (No. 22/366). Economics Working Paper Series.
- Lebdaoui, H., Chetioui, Y., & Guechi, E. (2021). The impact of behavioral biases on investment performance: Does financial literacy matter. *International Journal of Economics and Financial Issues*, 11(3), 13-21.
- Lee, Y. C., Wu, W. L., & Lee, C. K. (2021). How COVID-19 triggers our herding behavior? Risk perception, state anxiety, and trust. *Frontiers in Public Health*, 9, 587439.
- Li, C., Zhang, Y., Hou, G., & Ma, M. (2023). Analysis of Driving Factors and Action Path of Green Investment Behavior of Individual Investors. *Highlights in Business, Economics and Management*, 9, 33-43.
- Lin, H. W. (2011). Elucidating rational investment decisions and behavioral biases: Evidence from the Taiwanese stock market. *African Journal of Business Management*, 5(5), 1630.
- Loang, O. K., & Ahmad, Z. (2020). Social Factors and Herd Behaviour in Developed Markets, Advanced Emerging Markets and Secondary Emerging Markets. *Journal of Contemporary Eastern Asia*, 19(1).
- Loang, O. K., & Ahmad, Z. (2020). Social Factors and Herd Behaviour in Developed Markets, Advanced Emerging Markets and Secondary Emerging Markets. *Journal of Contemporary Eastern Asia*, 19(1).
- Lobão, J., & Maio, J. (2021). HERDING AROUND THE WORLD: DO CULTURAL DIFFERENCES INFLUENCE INVESTORS' BEHAVIOR?. In *New Advances in Behavioural Finance* (Vol. 45). UK: Cambridge Scholars Publishing.
- LUDENYO, J. I. (2021). *Effect of cognitive biases on individual investment decision in stock market among teachers in Vihiga sub county, Kenya* (Doctoral dissertation, Maseno university).
- Mahalakshmi, T. N., & Anuradha, N. (2018). Gender based study on the Implications of Behavioral Biases in Investment Decision making. *International Journal on Global Business Management & Research*, 7(1), 35-43.

- Mak, M. K., & Ip, W. H. (2017). An exploratory study of investment behaviour of investors. *International Journal of Engineering Business Management*, 9, 1847979017711520.
- Merli, M., & Roger, T. (2013). What drives the herding behavior of individual investors?. *Finance*, 34(3), 67-104.
- Metawa, N., Hassan, M. K., Metawa, S., & Safa, M. F. (2019). Impact of behavioral factors on investors' financial decisions: case of the Egyptian stock market. *International Journal of Islamic and Middle Eastern Finance and Management*, 12(1), 30-55.
- Mohammadi, A., & Shafi, K. (2018). Gender differences in the contribution patterns of equity-crowdfunding investors. *Small Business Economics*, 50, 275-287.
- Mumtaz, F., & Ahmad, N. (2020). The influence of behavioral finance on the decision of investors: Empirical investigation from Pakistan stock exchange. *Вестник КазНУ. Серия Экономическая*, 132(2), 80-96.
- Mwaka, S. W. (2013). *The effect of demographic characteristics on investor behaviour at the Nairobi securities exchange* (Doctoral dissertation, University of Nairobi).
- Nair, MA ve Yermal, L. (2017, Şubat). Hintli hisse senedi yatırımcıları arasında sürü davranışını etkileyen faktörler. 2017 *Uluslararası Veri Yönetimi, Analitik ve İnovasyon Konferansı (ICDMA)* (s. 326-329). IEEE.
- Purwianti, W., & Tubastuvi, N. (2019). The effect of financial literacy and financial experience on SME financial behavior in Indonesia. *JDM (Jurnal Dinamika Manajemen)*, 10(1), 40-45.
- Qasim, M., Hussain, R., Mehboob, I., & Arshad, M. (2019). Impact of herding behavior and overconfidence bias on investors' decision-making in Pakistan. *Accounting*, 5(2), 81-90.
- Quang, L. T., Linh, N. D., Van Nguyen, D., & Khoa, D. D. (2023). Behavioral factors influencing individual investors' decision making in Vietnam market. *Journal of Eastern European and Central Asian Research (JEECAR)*, 10(2), 264-280.
- Raddatz, C., & Schmukler, S. L. (2013). Deconstructing herding: Evidence from pension fund investment behavior. *Journal of Financial Services Research*, 43, 99-126.
- Rahman, M., & Gan, S. S. (2020). Generation Y investment decision: an analysis using behavioural factors. *Managerial Finance*, 46(8), 1023-1041.
- Ranaweera, S. S., & Kawshala, B. A. H. (2022). Influence of behavioral biases on investment decision making with moderating role of financial literacy and risk attitude: A study based on colombo stock exchange. *Journal Homepage: <https://Saif.Sijol.Info>*, 2(1), 56-67.
- Raut, R. K., & Kumar, M. (2019). The mechanism and influence of herding effect in investment decision making: case of enculturated actors. *International Journal of Indian Culture and Business Management*, 19(4), 418-433.
- Rawat, B. (2023). Effect of Behavioral Biases on Investment Decision Making in Nepalese Stock Market with the Mediating Role of Investors' Sentiment. *Journal of Bhuanishankar*, 2(1), 40-61.
- RC, G. (2021, November). Effect of Socio-demographic Factors (Age, Occupation and Education) on Behavioral Biases of Individual Investors' Decision-making-Evidence from The Colombo Stock Exchange. In *Proceedings of the 12th International Conference on Business & Information (ICBI 2021)*.
- Rejikumar, G., Asokan-Ajitha, A., Dinesh, S., & Jose, A. (2022). The role of cognitive complexity and risk aversion in online herd behavior. *Electronic Commerce Research*, 22(2), 585-621.
- Risal, N., & Khatiwada, N. (2019). Herding behavior in Nepali stock market: Empirical evidences based on investors from NEPSE. *NCC Journal*, 4(1), 131-140.
- Roider, A., & Voskort, A. (2016). Reputational herding in financial markets: A laboratory experiment. *Journal of Behavioral Finance*, 17(3), 244-266.
- Sabir, S. A., Javed, T., Hameed, W. U., & Yousaf, H. Q. (2020). Demographic factors and herding behaviour of investors: Moderating role of Islamic religiosity. *Review of Applied Management and Social Sciences*, 3(2), 193-203.
- Sajid, M., & Bhardwaj, R. (2021). Relationship between demographic variables, behavioral biases, and risk-tolerance of individual investors: A literature review. *Elementary Educ. Online*, 20, 3037-3037.
- Sari, M. (2023). Current Challenges in Millennial Investment: An Analysis of Herding Bias through Gender and Technology. *Migration Letters*, 20(9), 72-92.
- Shantha, K. V. A. (2019). Individual investors' learning behavior and its impact on their herd bias: an integrated analysis in the context of stock trading. *Sustainability*, 11(5), 1448.

- Shusha, A. A., & Touny, M. A. (2016). The attitudinal determinants of adopting the herd behavior: an applied study on the Egyptian exchange. *Journal of Finance and Investment Analysis*, 5(1), 55-69.
- SS, R., & Kaushala, H. (2021, November). Influence of Behavioral Biases on Investment Decision Making with Moderating Role of Financial Literacy and Risk Attitude: A Study Based on Colombo Stock Exchange. In *Proceedings of the 12th International Conference on Business & Information (ICBI 2021)*.
- Suleyman, I. C., & Kahyaoglu, B. (2013). Herd Behavior in BIST: An Application on Individual Stock Investors. *Journal of Business Economics and Finance*, 2(2), 28-42.
- Talpsepp, T., & Tänav, A. L. (2021). Do gender, age and education affect herding in the real estate market?. *Journal of Behavioral and Experimental Finance*, 32, 100571.
- Trehan, B., & Sinha, A. (2019). Investigating Investors' Herd Behavior. *Amity Business Journal*, 8(1), 31-36.
- Wang, J., Xue, Y., & Liu, T. (2023). Consumer motivation for organic food consumption: Health consciousness or herd mentality. *Frontiers in Public Health*, 10, 1042535.
- Wang, P., & Nuangjamnong, C. (2022). Determinant Factors of Overconfidence, Herding Behavior, and Investor Elements on Investment Decision Making in China. *Universal Journal of Financial Economics*, 23-42.
- WAWROSZ, P., & SCHULZ, B. (2023). OVERCONFIDENCE, REPRESENTATIVENESS AND HERDING BIAS AMONG GERMAN INVESTORS: HOW DEMOGRAPHIC AND OTHER VARIABLES INFLUENCE THEIR DECISION. *Ad Alta: Journal of Interdisciplinary Research*, 13(2).
- Yang, X., Gao, M., Wu, Y., & Jin, X. (2018). Performance evaluation and herd behavior in a laboratory financial market. *Journal of Behavioral and Experimental Economics*, 75, 45-54.
- Yii, K. J., Soh, Z. H., Chia, L. H., Shiang-Lin Jaslyn, K., Chong, L. Y., & Fu, Z. C. (2024). Does National Culture Matter for Herding Behavior Among Stock Market Investors?. In *Advances in Pacific Basin Business, Economics and Finance* (pp. 313-336). Emerald Publishing Limited.
- Yuliawati, T., Sari, M., & Siska, Y. N. (2021, September). Gender Differences in Investment Biases. In *5th Global Conference on Business, Management and Entrepreneurship (GCBME 2020)* (pp. 62-65). Atlantis Press.
- Zainul, Z. R., & Suryani, I. (2021, November). Identification of Herding Behavior, Overconfidence and Risk Tolerance Based on Gender Perspective on Stock Investors in Aceh. In *6th International Conference on Tourism, Economics, Accounting, Management, and Social Science (TEAMS 2021)* (pp. 157-164). Atlantis Press.
- Zainul, Z. R., & Suryani, I. (2021, November). Identification of Herding Behavior, Overconfidence and Risk Tolerance Based on Gender Perspective on Stock Investors in Aceh. In *6th International Conference on Tourism, Economics, Accounting, Management, and Social Science (TEAMS 2021)* (pp. 157-164). Atlantis Press.
- Zhang, N. (2017). *Financial behavior of individual investors in Chinese stock markets* (Master's thesis, N. Zhang).
- Zhang, R. (2018). Decision-making Neuroscience-based Research on Stock Herd and Anti-herd Behavior. *NeuroQuantology*, 16(6).