

BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
MÜHENDİSLİK VE TEKNOLOJİ YÖNETİMİ TEZLİ YÜKSEK LİSANS
PROGRAMI

KRİPTO VARLIKLAR İÇİN BİR PORTFÖY OPTİMİZASYON
MODELİ ÖNERİSİ

HAZIRLAYAN

AHMET BATUHAN ÇİMENOVA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ANKARA- 2024

**BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
MÜHENDİSLİK VE TEKNOLOJİ YÖNETİMİ TEZLİ YÜKSEK LİSANS
PROGRAMI**

**KRİPTO VARLIKLAR İÇİN BİR PORTFÖY OPTİMİZASYON
MODELİ ÖNERİSİ**

HAZIRLAYAN

AHMET BATUHAN ÇİMENOVA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TEZ DANIŞMANI

PROF. DR. YUSUF TANSEL İÇ

ANKARA – 2024

BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Mühendislik ve Teknoloji Yönetimi Tezli Yüksek Lisans Programı çerçevesinde Ahmet Batuhan Çimenova tarafından hazırlanan bu çalışma, aşağıdaki jüri tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 03/01/2025

Tez Adı: Kripto Varlıklar İçin Bir Portföy Optimizasyon Modeli Önerisi

Tez Jüri Üyeleri (Unvanı, Adı - Soyadı, Kurumu)

İmza

Prof. Dr. Mehmet KABAK, Gazi Üniversitesi

.....

Prof. Dr. Kumru Didem ATALAY, Başkent Üniversitesi

.....

Prof. Dr. Yusuf Tansel İÇ, Başkent Üniversitesi (Danışman)

.....

ONAY

Prof. Dr. Dilek ÇÖKELİLER SERDAROĞLU

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Tarih: ... / ... /

BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

Tarih: .././20..

Öğrencinin Adı, Soyadı: Ahmet Batuhan Çimenova

Öğrencinin Numarası : 22220008

Anabilim Dalı : Endüstri Mühendisliği

Programı : Mühendislik ve Teknoloji Yönetimi Tezli Yüksek Lisans

Danışmanın Unvanı/Adı, Soyadı : Prof. Dr. Yusuf Tansel İç

Tez Başlığı : Kripto Varlıklar İçin Bir Portföy Optimizasyon Modeli Önerisi

Yukarıda başlığı belirtilen Yüksek Lisans tez çalışmamın; Giriş, Ana Bölümler ve Sonuç Bölümünden oluşan, toplam 55 sayfalık kısmına ilişkin, 17/ 01/ 2025 tarihinde tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı %6'dır. Uygulanan filtrelemeler:

1. Kaynakça hariç
2. Alıntılar hariç
3. Beş (5) kelimeden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

“Başkent Üniversitesi Enstitüleri Tez Çalışması Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Usul ve Esaslarını” inceledim ve bu uygulama esaslarında belirtilen azami benzerlik oranlarına tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Öğrenci İmzası:.....

ONAY

Tarih: .././20..

Öğrenci Danışmanı

Prof. Dr. Yusuf Tansel İç

.....

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamda danışmanlığımı üstlenen ve tez yazım sürecinde bilgi, birikim ve deneyimleri ile araştırmalarımındaki desteğini esirgemeyen saygıdeğer hocam Prof. Dr. Yusuf Tansel İç'e emeklerinden dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca yazım sürecinde destekleri ve emekleri için annem Semra Çimenova ve babam Nadir Çimenova ile tezimi geliştirmemde kendisinin de görüşlerinden yararlanmamı sağlayan kardeşim Egemen Çimenova'ya teşekkür ederim.



ÖZET

Ahmet Batuhan Çimenova

KRİPTO VARLIKLAR İÇİN BİR PORTFÖY OPTİMİZASYON MODELİ ÖNERİSİ

Başkent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

**Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Mühendislik ve Teknoloji Yönetimi Programı
2024**

Bu çalışmada, Bitcoin'e özgü kripto varlıklar için deneysel tasarım modeli kullanılarak bir piyasa değerlendirme çalışması gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, Bitcoin piyasasında sosyo-ekonomik faktörlerin fiyat ve hacim üzerindeki etkilerini içeren karşılaştırmalı bir deneysel tasarım modeli ortaya konulmuş ve elde edilen sonuçların uygunluğu test edilmiştir. Çalışmada, fiyat, hacim ve davranışsal faktörler olarak tanımlanan unsurlardaki olumlu veya olumsuz değişimlerin Bitcoin piyasasındaki fiyatların ve hacimlerin artış ya da azalış üzerindeki etkilerini ortaya koyan bir model geliştirilmiştir. Bu model aynı zamanda, farklı beklentilere özgü ekonomik genişleme veya daralma koşulları dikkate alınarak, piyasa fiyatlarının değişimi ve hacim artış veya azalış tepkileri için hangi faktör koşullarının gerçekleşebileceğini kullanıcılara sunabilmektedir.

ANAHTAR KELİMELER: Bitcoin, Faktöriyel Tasarım, Deney Tasarımı, Finansal Modelleme

ABSTRACT

Ahmet Batuhan ÇİMENOVA

A PORTFOLIO OPTIMIZATION MODEL PROPOSAL FOR CRYPTO ASSETS

Başkent University Institute of Science and Technology

**Department of Industrial Engineering, Engineering and Technology Management
Program**

2024

In this study, a market assessment study was conducted using the experimental design model for crypto assets specific to Bitcoin. Here, a comparative experimental design model was put forward with the effects of socio-economic factors on price and volume in the Bitcoin market, and the appropriateness of the results obtained was also tested. A model was developed that reveals what kind of effects positive or negative changes in the factors defined as price, volume, and behavioral factors can have on increasing or decreasing the market prices and volumes in the Bitcoin market. The model can also present to the user which factor conditions can be realized by considering the economic expansion or contraction conditions of different expectations specific to changing the market prices and volume increase or decrease responses.

KEYWORDS: Bitcoin, Factorial Design, Experimental Design, Financial Modeling.

ÖNSÖZ

Bu tez çalışması, dijitalleşmenin finansal sistemler üzerindeki etkilerini anlamaya yönelik bir girişim olarak, özellikle Bitcoin gibi kripto varlıkların piyasa dinamiklerindeki rolünü analiz etmeyi hedeflemiştir. Dijital ve merkeziyetsiz yapılarıyla kripto paralar, geleneksel finansal araçlara alternatif oluşturarak yatırımcılar, işletmeler ve ekonomiler için yeni fırsatlar sunmaktadır. Bununla birlikte, bu yenilikçi finansal araçların yüksek volatilité ve belirsizlik içeren yapısı, piyasa davranışlarını anlama ve öngörme süreçlerinde yeni yaklaşımları gerekli kılmıştır. Bu tez, Bitcoin'in fiyat ve işlem hacmi üzerindeki etkileri ele alarak, finansal karar süreçlerine rehberlik edebilecek bir çerçeve sunmayı amaçlamaktadır.

Çalışma boyunca hem teorik bilgi birikimi hem de deneysel analiz yöntemleri bir araya getirilmiş, böylece elde edilen bulguların hem akademik literatüre hem de pratik uygulamalara katkı sağlaması hedeflenmiştir. Çeşitli küresel olayların Bitcoin üzerindeki etkilerinin deneysel tasarımıyla incelenmesi, kripto para piyasalarının karmaşık yapısına ışık tutarak, yatırımcıların ve karar alıcıların bu piyasayı daha iyi anlamalarına olanak tanımaktadır.

Bu bağlamda, tez çalışması, dijital varlıkların gelecekte finansal ekosistemde oynayabileceği rolü ve bu varlıkların yatırım yönetimi süreçlerindeki etkilerini tartışarak, yeni finansal paradigmaların gelişimine yönelik önemli bir adım niteliği taşımaktadır. Bu çalışmanın sonuçlarının, uygulayıcılar nezdinde değerli bir kaynak olacağına inanıyorum.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
ÖZET	ii
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ.....	iv
İÇİNDEKİLER	v
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	viii
TABLolar LİSTESİ.....	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	x
1. GİRİŞ.....	1
2. DİJİTAL PARA VE KRİPTO YATIRIMLAR.....	3
2.1. Dijital ve Kripto Varlık Kavramı.....	3
2.2. BTC ve Temel Kripto Varlıklar	4
2.2.1. Bitcoin (BTC)	6
2.3. Portföy ve Portföy Yönetimi Kavramı	8
2.3.1. Portföy Kavramı.....	8
2.3.2. Portföy Yönetimi Kavramı	8
2.4. Finansal Teknolojilerde Ar-Ge ve İnovasyon	9
2.5. Blok Zinciri ve Kripto Para Teknolojisi	11
2.5.1. Blok Zinciri Teknolojisinin Sağladığı Avantajlar ve Kullanım Alanları.....	12
3. FİNANSAL RİSK KAVRAMI ve YÖNETİMİ.....	14
3.1. Finansal Risk Kavramı	14
3.2. Finansal Risk Yönetimi.....	14
3.3. Riske Maruz Değer (VaR).....	16

3.4. Klasik Portföy Optimizasyon Modeli	16
3.4.1. Portföy Getirisi:	17
3.4.2. Portföyün Beklenen Getirisi	18
3.4.3. Portföy Riski:	18
3.4.4. Markowitz Modelinin Kısıtları ve Eleştirileri:	20
3.4.5. Markowitz Portföy Teorisinde Optimizasyon Süreci	21
4. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	24
4.1. Kripto Varlıklarda Portföy Optimizasyonu Literatür Araştırması	24
4.2. Finansal Teknolojiler Literatür Araştırması	25
4.3. Faktöriyel Deney Tasarımı Literatür Araştırması	26
5. İSTATİKSEL DENEY TASARIMI	28
5.1. Deney Tasarımı Kavramı ve Kullanım Amacı	28
5.2. Deney Tasarımının Uygulama Alanları	28
5.3. Deney Tasarımı Çeşitleri	29
5.4. Faktöriyel Deney Tasarımı	30
5.5. Faktöriyel Deney Tasarımı Çeşitleri	31
5.6. $2k$ Faktöriyel Deney Tasarımı ve Uygulama Süreci	32
6. UYGULAMA VE SONUÇLAR	34
6.1. Deney Tasarımı Kurgusu	34
6.2. Fiyat Değişimi (y_1) Çıktısı İçin Faktöriyel Deney Tasarımı Çıktıları	37
6.3. Hacim Değişimi (y_2) Çıktısı İçin Faktöriyel Deney Tasarımı Çıktıları ..	43
6.4. Her İki Çıktının Minimum Olması Hedefiyle Optimum Sonuç	48
6.5. y_1 Minimum ve y_2 Maksimum Optimizasyonu	51
7. SONUÇ VE ÖNERİLER	53
7.1. Örnek Optimizasyon Sonuçları ve Gerçek Hayattan Örnekler	54
7.1.1. (0,-1,0) Durumu	54
7.1.2. (-1,0,1) Durumu	54

KAYNAKLAR	56
------------------------	-----------



ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2. 1 Fintek Ekosisteminin Yapısı.....	10
Şekil 2. 2 Blokzincir Yapısı	11
Şekil 3. 1 Çeşitlendirme ile Riskin Azaltılması	15
Şekil 3. 2 Optimal Portföyün Seçimi	22
Şekil 6. 1 y1 Çıktısı için A ve B Faktörlerinin Etkileşimi	40
Şekil 6. 2 y1 Çıktısı için A ve C Faktörlerinin Etkileşimi.....	41
Şekil 6. 3 y1 Çıktısı için B ve C Faktörlerinin Etkileşimi.....	42
Şekil 6. 4 y2 Çıktısı için B ve C Faktörlerinin Etkileşimi.....	45
Şekil 6. 5 y2 Çıktısı için A ve B Faktörlerinin Etkileşimi.....	46
Şekil 6. 6 y2 Çıktısı için A ve C Faktörlerinin Etkileşimi.....	47
Şekil 6. 7 Her İki Çıktının Minimum Olduğu Senaryo.....	49
Şekil 6. 8 y1'in Minimum y2'nin Maksimum Olduğu Senaryo.....	51

TABLÖLAR LİSTESİ

Sayfa

Tablo 5.1 Örnek Deney Tasarımı	33
Tablo 6. 1 Deney Tasarımında Ele Alınan Olaylar ve Gerçekleşme Tarihleri	35
Tablo 6. 2 Deney Tasarımı İlk 8 Olay	36
Tablo 6. 3 Deney Tasarımı İkinci 8 Olay	37
Tablo 6. 4 Fiyat Değişimi (y1) Çıktısı İçin Faktörlerin Birbirleri ile Etkileşimi	38
Tablo 6. 5 y1 çıktısı için ANOVA Tablosu.....	39
Tablo 6. 6 Hacim Değişimi (y_2) Çıktısı İçin Faktörlerin Birbirleri ile Etkileşimi.....	43
Tablo 6. 7 y2Çıktısı için ANOVA Tablosu	44
Tablo 7. 1 Sonuçların Karşılaştırması	53

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

ANOVA	Analysis of Variance
BLCA	Bitcoin Like Crpyto Assets
BTC	Bitcoin
DLT	Dağıtık Defter Teknolojisi
ECB	European Central Bank
ETH	Ethereum
IMF	International Monetary Fund
PoW	Proof of Work
P2P	Peer to Peer
XRP	Ripple
R	Getiri oranı
X_0	Yatırımın İlk Değeri
X_1	Yatırımın Son Değeri
m	Portföydeki Mevcut Varlık Sayısı
R_i	Portföydeki i . Varlığın Gerçekleşen Getiri Oranı
w_i	Portföydeki i . Varlığın Ağırlığı
$E(R)$	Portföy Getirisinin Beklenen Değeri
$E(R_i)$	Portföydeki i . Varlığın Beklenen Getirisi
$Var(R)$	Portföy Getirisinin Varyansı
$Cov(R_i, R_j)$	i Ve j Varlıkları Arasındaki Kovaryans
μ_i	Portföydeki i . Varlığın Beklenen Getirisi
σ_{ij}	i Ve j Varlıkları Arasındaki Kovaryans
R^*	İstenen Beklenen Getiri

1. GİRİŞ

Teknolojinin tarihsel gelişimi, insan ihtiyaç ve beklentilerinde önemli değişimlere yol açmış, toplumun farklı alanlarda yeniden şekillenmesine öncülük etmiştir. Birbirleriyle etkileşim içinde bulunan teknolojik yenilikler, yeni alanlardaki gereksinimlere yönelik farkındalığı artırmış ve topluma alternatif çözümler sunmuştur.

Finans sektörü, özellikle büyük ekonomik krizler, öngörülemeyen olaylar ve değişen ihtiyaçlar doğrultusunda kendini yenileyerek gelişmiş; bu süreçte finansal araçlarda önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. Modern finansal araçlar, yatırımcılara riskten korunma, yatırımlarını çeşitlendirme, belirsizliklerle başa çıkma ve sürdürülebilir bir birikimi gelecek nesillere aktarma gibi olanaklar sunmaktadır.

Sınırlı kaynakların varlığı, fiziksel paranın taşınabilirlik ve işlevsellik sınırlamaları, enflasyon karşısındaki zayıflıkları ve yatırımcıların sermayelerinden kazanç elde etme beklentileri, geleneksel yatırım araçlarına olan ilgiyi azaltmıştır. Bunun sonucunda, dijital paralar ve kripto varlıklar, son 15 yılda birçok geleneksel yatırım enstrümanına kıyasla daha yüksek getiriler sağlayarak yeni bir yatırım paradigması oluşturmuştur.

Ancak, uluslararası platformlarda güvenilir işlem yapabilme imkânı ve yüksek getiri potansiyeline rağmen, dijital para ve kripto varlıklar yatırımcılar için ciddi riskler barındırmaktadır. Bu riskler genellikle öngörülemez piyasa hareketlerinden kaynaklanmakla birlikte, spekülatif manipülasyonlar nedeniyle de büyük kayıplar yaşanabilmektedir.

Bu çalışmada, işlem hacmi, kazanç potansiyeli ve bilinirlik açısından en yaygın kullanılan kripto varlık olan Bitcoin (BTC) incelenmiştir. BTC'nin bazı ülkelerde resmi para birimi olarak kabul edilmesi, uluslararası şirketler tarafından risk yönetimi aracı olarak benimsenmesi ve bireysel yatırımcılar için yeni bir yatırım fırsatı sunması, bu çalışmanın temel konusunu oluşturmasına sebep olmuştur.

2008 yılında Satoshi Nakamoto takma adıyla tanınan bir kişi ya da grup tarafından geliştirilen Bitcoin, 2009 yılında açık kaynak kodlu bir sistem olarak kullanıma sunulmuştur. 2008'den bu yana işlem hacmi ve kazanç getirisi açısından önemli artışlar sergileyen

Bitcoin, küresel olaylar, krizler ve ekonomik dalgalanmalardan hem olumlu hem de olumsuz etkilenmiştir. Özellikle COVID-19 pandemisi gibi küresel olaylar, Bitcoin fiyatlarında ve işlem hacimlerinde önemli dalgalanmalara neden olmuştur.

Bu çalışma, COVID-19 pandemisi ile 2024 yılı son çeyreğine kadar yaşanan küresel olayların Bitcoin fiyatları ve işlem hacimleri üzerindeki etkilerini incelemeyi hedeflemektedir. Ayrıca, bu olayların yatırımcı algıları üzerindeki etkilerini değerlendirerek, doğru yatırım kararlarının alınması için bir çözüm önerisi sunmayı amaçlamaktadır.

Çalışma, dört ana bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde, dijital para ve kripto varlıkların tanımları, temel özellikleri ve Bitcoin hakkında genel bilgiler sunulmaktadır. Aynı zamanda portföy yönetimi kavramı ele alınarak, finansal teknolojilerdeki Ar-Ge ve inovasyon çalışmaları ile yeni yatırım araçlarının portföylerdeki yeri değerlendirilmiştir. İkinci bölümde, yatırım yönetiminde risk kavramı açıklanmış, geleneksel ve modern portföy yönetimi teorileri çerçevesinde finansal risk yönetimine dair yaklaşımlar ele alınmıştır. Markowitz'in modern portföy teorisinin matematiksel modeli, kısıtları ve portföy optimizasyonu da bu bölümde detaylı bir şekilde incelenmiştir. Üçüncü bölüm, kripto varlıklarla ilgili literatürde yer alan portföy optimizasyonları ve risk yönetimi çalışmalarını ele almaktadır. Literatür çalışmasında ayrıca finansal teknolojiler ve deney tasarımı yöntemlerinin hangi alanlarda çalışıldığı da incelenmiştir. Dördüncü bölümde ise Bitcoin'in volatil piyasa davranışlarını anlamak için seçilen 16 küresel olay iki tekrar olacak şekilde 8 olaya bölünerek deney tasarımıyla analiz edilmiş, bu olayların BTC fiyatları, işlem hacimleri ve yatırımcı davranışları üzerindeki etkileri matematiksel modellemelerle yorumlanmıştır. Beşinci ve son bölümde ise uygulamanın sonuçları veri setinden faydalanılarak incelenmiş merkeziyetsiz kripto varlıklarda riskten korunmak adına yatırımcılara bir model sunulmuştur.

2. DİJİTAL PARA VE KRİPTO YATIRIMLAR

2.1. Dijital ve Kripto Varlık Kavramı

Kâğıdın icadıyla birlikte, insanlar ticaretlerinde yüksek meblağları temsil eden, üzerinde yazılı bir değere sahip olan senet benzeri kâğıtları kullanmaya başlamıştır. Kâğıt paranın ilk örneği sayılabilecek bu senetlerin yaygın kullanımı, ilk olarak Çin’de görülmüştür.

Ticaretin ve ekonomik faaliyetlerin gelişmesiyle birlikte, metal paraların taşınması, korunması ve güvenliği konusundaki zorluklar artmıştır. Bu durum, yeni bir para sistemine geçişi hızlandırmıştır. Özellikle doğal madenlerden üretilen sikkelerin hem hacim olarak fazla yer kaplaması hem de ağırlık açısından taşınmasının zor olması, kâğıt para (diğer adıyla banknot) kullanımını yaygınlaştırmıştır [1].

Para biriminin evrimi, toplumların ekonomik ihtiyaçlarına ve ticari faaliyetlerine uygun olarak sürekli değişim göstermiştir. Kâğıt paranın ilk kez kullanılmaya başlanması, özellikle ticaretin gelişmesi ve metal paraların taşınabilirlik ile güvenlik sorunları yaratması nedeniyle ortaya çıkmıştır. Geleneksel para birimleri, ekonomik sistemlerin temel taşlarından biri olmasına rağmen, bilgi ve iletişim teknolojilerindeki ilerlemeler dijital ve kripto para birimleri gibi yeni tür para birimlerinin ortaya çıkmasına yol açmıştır [2].

Dijital paralar, elektronik olarak saklanabilen ve transfer edilebilen para birimleridir. Geleneksel banka hesaplarındaki dijital para, fiziksel paranın bir temsilcisi olarak görülmektedir. Avrupa Bankacılık Otoritesi’nin 2014 yılında yaptığı tanıma göre sanal paralar, herhangi bir merkez bankası ya da kamu otoritesi tarafından ihraç edilmeyen; ödeme, transfer veya saklama aracı olarak kabul edilen dijital varlıklardır. Dijital paraların bir alt türü olan kripto paralar, özellikle son yıllarda yatırımcılar arasında önemli bir ilgi odağı haline gelmiştir. Kripto paralar, bir otorite ya da devlet güvencesine ihtiyaç duymadan, sanal bir ortamda güvenli ve şifrelenmiş işlemler gerçekleştirilmesine olanak tanır [3].

Elektronik para ve kripto para terimleri genellikle birbirine karıştırılmaktadır. Elektronik para, geleneksel para birimlerinin (örneğin Euro, Dolar, Türk Lirası) dijital biçimidir ve banka hesaplarında saklanır. Buna karşın, kripto paralar fiziki bir varlık barındırmayan, dijital ve merkeziyetsiz bir yapıya sahiptir. Bitcoin ve diğer altcoinler, kripto para kavramının somut örnekleridir. Ayrıca, kripto para birimleri genellikle blok zinciri teknolojisi ile desteklenmekte olup, geleneksel mülkiyet ve güvenlik yöntemlerini kökten değiştiren bir paradigma sunmaktadır [4].

Blokszincir ağı ve beraberindeki yenilikçi teknolojiler, sermaye piyasalarının geleceğini şekillendirerek yeni finansal enstrümanların ortaya çıkmasını sağlayacak bir sistem sunmaktadır. Geleneksel olarak piyasalarda hâkim olan beş varlık sınıfı – nakit, hisse senetleri, sabit getirili tahviller, emlak ve emtia – dışında yeni bir varlık sınıfı olarak kripto varlıklar, bu anlamda büyük bir öneme sahiptir.

Bugün sermaye piyasalarında işlem yapabilmek için hangi aktörlerin hangi rolleri üstlendiğini anlamak ve takip etmek gereklidir. Örneğin, işlemler brokerlar, aracı kurumlar, takas odaları, borsalar ve merkezi güvenlik depoları gibi çeşitli aktörler üzerinden, karmaşık mevzuat ve yoğun bir kural setiyle gerçekleştirilir. Ancak, bu geleneksel sistem, mülkiyet yönetimine bağlı çalıştığından dolayı zaman zaman verimsizliklere, hatalı mutabakatlara veya güvenlik risklerine yol açabilmektedir. Hatta bu mutabakat süreçlerinin tamamlanması, üç günü bulabilmektedir.

Blokszincir teknolojisi ve kripto varlık enstrümanları, merkezi olmayan bir yapıya sahip dağıtık kayıt defterleri aracılığıyla sermaye piyasalarının dönüşümünü başlatmıştır. Blokszincir altyapısı, açık ya da kapalı modellerle uygulanarak güvenli, değiştirilemeyen ve inkâr edilemeyen kayıtların oluşturulmasını sağlar. Bu teknoloji, aracıları ortadan kaldırarak ticaretin tüm ekosistem paydaşlarına eşit şekilde dağıtılmasını mümkün kılar ve finansal işlemleri daha verimli, güvenilir ve şeffaf hale getirir [5].

2.2. BTC ve Temel Kripto Varlıklar

Bitcoin ve benzeri kripto paralar, Bitcoin-Like Crypto Assets (BLCA) olarak adlandırılır ve kripto varlıkların bir alt türünü oluşturur. Bu varlıklar, Dağıtık Defter Teknolojisi (DLT) temelinde tasarlanmış ve genellikle bir değişim aracı olarak kullanılmak

üzere geliştirilmiştir. BLCA'lara örnek olarak Bitcoin, Ethereum (ETH), Ripple (XRP), Bitcoin Cash, EOS, Stellar ve Litecoin gösterilebilir. Çoğunlukla tüm kripto varlıkları ifade etmek için genel bir referans olarak kullanılır.

BLCA'lar, bir ihraççı veya karşı taraf yükümlülüğü olmaksızın, eşler arası (P2P) ödemeler için tasarlanmış genel amaçlı kripto varlıklardır. Bu sistemde, merkezi bir otorite yerine, ağın işleyişini düzenleyen ve işlemleri doğrulayan protokoller yer alır. BLCA'lar, iki farklı yöntemle piyasaya sürülür:

1. Madencilik (Mining): Bitcoin, Bitcoin Cash ve Ether gibi bazı BLCA'lar, "iş kanıtı" (Proof of Work - PoW) konsensüs mekanizmasıyla madencilik yoluyla üretilir.
2. İlk Üretim: Bazı BLCA'lar ise bir projenin başlangıcında oluşturulup dağıtılır.

BLCA'lar, DLT tabanlı merkezi olmayan ağ yapısını kullanır. Örneğin:

- Bitcoin ağı: Yaklaşık 12,000 düğüm/katılımcı tarafından çalıştırılır.
- Ethereum ağı: 26,000'den fazla düğüm doğrulama işlemlerine katılır.

Bu ağlarda kimsenin merkezi bir kontrolü bulunmaz. Ancak Ripple'ın XRP'si gibi bazı BLCA'lar, merkezi bir doğrulama ağı tarafından kontrol edilir.

Madencilik, işlemlerin bir blok zincirine eklenmesiyle BLCA'ların doğrulanmasını sağlar. Bu süreçte madenciler, işlem ücretleri veya yeni çıkarılan kripto varlıklar ile ödüllendirilir. Madencilik bireysel olarak yapılabileceği gibi bir havuzun parçası olarak da gerçekleştirilebilir.

BLCA'lar, merkez bankaları tarafından ihraç edilen para birimlerinden farklı olarak, finansal varlık olarak değerlendirilmez çünkü karşı taraf yükümlülüğü bulunmaz. Ayrıca, bir merkez bankası ya da hükümet tarafından düzenlenmediği veya onaylanmadığı için elektronik para kategorisine de girmez. Bunun yerine, finansal olmayan varlıklar olarak sınıflandırılırlar ve genellikle değer saklama amacıyla kullanılırlar.

IMF Dijital Ekonomi Raporu, BLCA'ların mevcut parasal sistemde para olarak nitelendirilemeyeceğini belirtmiş, ancak bir değişim aracı olarak kullanıldıklarında likidite ölçümlerine dahil edilmeleri gerektiğini ifade etmiştir.

BLCA'lar, belirli bir kurumsal yapının kontrolü altında gerçekleştirilen üretim süreçlerinden doğar ve şu şekilde sınıflandırılır:

- Değerli Mallar: BLCA'lar, altın gibi bir değer deposu olarak saklanır. Bu nedenle, sabit kıymetler veya stoklar kategorisinde yer almaz.

- Üretilen Finansal Olmayan Varlıklar: BLCA'lar, madencilik veya proje geliştirme yoluyla üretilir ve piyasalarda işlem görebilir.

Ayrıca BLCA'lar, Fikri Mülkiyet Ürünleri (IPP) olarak sınıflandırılmaz. IPP'ler genellikle üretim sürecinde uzun süre kullanılan sabit kıymetlerdir (örneğin, yazılım, araştırma-geliştirme). Buna karşın, BLCA'lar yalnızca bir değer deposu veya ödeme aracı olarak işlev görür.

Günümüzde BLCA'lar, genellikle bir değer saklama aracı olarak kullanılmakta ve dijital değerli mallar kategorisinde değerlendirilmektedir. Hizmetlerin satın alınması veya takas işlemleri için kullanılabilen BLCA'lar, değerli malların dijital bir alt kategorisi olarak öne çıkmaktadır.

Sonuç olarak BLCA'lar, merkezi olmayan yapıları ve yeni finansal özellikleri ile geleneksel varlık türlerinden ayrılmaktadır. Ancak, finansal sistemdeki mevcut düzenlemelere tam olarak uyum sağlamamaları nedeniyle, ekonomik ve yasal tanımları konusunda tartışmalar devam etmektedir. Bu varlıklar, gelecekte daha geniş bir likidite çerçevesinde değerlendirilmeleriyle finans dünyasında önemli bir yer edinebilir [6].

2.2.1. Bitcoin (BTC)

Bitcoin (BTC), 2008 yılında Satoshi Nakamoto takma adını kullanan bir kişi ya da grup tarafından geliştirilen ve 2009 yılında kullanıma sunulan ilk merkeziyetsiz dijital para birimidir. Bitcoin, blockchain teknolojisini temel alarak, işlemleri güvenli ve şeffaf bir şekilde kaydeden bir sistem sunmaktadır. Bu özellik, Bitcoin'i diğer geleneksel para birimlerinden ayırarak dijital finans alanında çığır açan bir yenilik haline getirmiştir.

Genesis Bloğu, Bitcoin ağında oluşturulan ilk blok olarak, sistemin temel taşı olarak oluşturulmuştur. Bitcoin ağı üzerinden yapılan tüm işlemler, değiştirilemez bir şekilde blok zinciri adı verilen dağıtık bir defterde kaydedilmektedir. Blok zinciri teknolojisi sayesinde işlemler, aracı bir kurumun onayına ihtiyaç duyulmaksızın, eşler arası (peer-to-peer) bir sistemde gerçekleştirilir. Bu özellik, kullanıcılar arasında tam bir gizlilik sağlarken, işlemlerin güvenliğini artırmaktadır [7].

Bitcoin, işlemler sırasında BTC veya XBT olarak ifade edilen sembollerle temsil edilmektedir. Her işlem, blok zinciri üzerinde şeffaf bir şekilde kayıt altına alınırken, işlem yapan tarafların kimlikleri anonim kalmaktadır. Bitcoin'in en küçük birimi Satoshi olarak adlandırılmış olup, 100 milyon Satoshi 1 BTC'ye eşittir ($1 \text{ Satoshi} = 0,00000001 \text{ BTC}$) [8].

Bitcoin'in arzı 21 milyon ile sınırlandırılmış olup, bu sınırlama, arz-talep dengesi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Bu sınırlı arz, Bitcoin'in değerini korumasına yardımcı olan temel unsurlardan biridir. Örneğin, Bitcoin 2021 yılında, Tesla CEO'su Elon Musk'ın 1,5 milyar dolar değerinde Bitcoin satın aldığını açıklamasıyla tarihi bir yükseliş yaşamış, ancak Çin'in kripto para madenciliği ve finansal kurumlara yönelik yasaklar getirmesiyle birlikte ciddi değer kayıpları yaşamıştır. Bu dalgalanmalar, Bitcoin'in yüksek volatilitisini ve piyasa risklerini açıkça ortaya koymaktadır [9].

Bitcoin'in merkeziyetsiz yapısı, kullanıcılarına önemli avantajlar sunmakla birlikte, güvenlik açıklarını da beraberinde getirmiştir. Örneğin, platformlara yönelik siber saldırılar sonucunda büyük miktarlarda Bitcoin çalınmıştır. Mt. Gox platformunda 473 milyon dolar, Coincheck platformunda 533 milyon dolar değerinde Bitcoin'in çalınması, bu konuda en dikkat çekici örnekler arasında yer almaktadır. Bu tür olaylar, kullanıcıların güvenlik önlemlerini artırma gerekliliğini bir kez daha gözler önüne sermektedir [10].

Sonuç olarak, Bitcoin, dijital finans dünyasında bir devrim yaratmış, ancak beraberinde önemli riskleri de getirmiştir. Yüksek getirisi ve yenilikçi yapısı nedeniyle yatırımcılar için cazip bir alternatif haline gelmiş olsa da volatilitesi ve düzenleyici belirsizlikler nedeniyle dikkatli bir şekilde ele alınması gerekmektedir.

2.3. Portföy ve Portföy Yönetimi Kavramı

2.3.1. Portföy Kavramı

Portföy, farklı finansal varlıkların bir araya getirilmesiyle oluşan bir yatırım bütünüdür. Bu varlıklar arasında hisse senetleri, tahviller, emtialar, dövizler ve türev ürünler (örneğin vadeli işlem sözleşmeleri, opsiyonlar ve swaplar) yer alabilir [11]. Portföy, bireysel veya kurumsal yatırımcılar tarafından belirli bir amaca hizmet etmek üzere tasarlanır ve yönetilir. Temel amacı, yatırımcının risk-getiri beklentilerini optimize etmek ve yatırım hedeflerine ulaşmasını sağlamaktır [12].

Portföy oluşturma altında yatan temel mantık, yatırımları çeşitlendirerek riskleri minimize etmektir. Farklı varlık sınıfları arasındaki ilişkiler (örneğin pozitif veya negatif korelasyon), portföyün risk seviyesini ve getirilerini doğrudan etkiler. Markowitz'in modern portföy teorisi, portföyün yalnızca bireysel varlıkların toplamından daha fazlası olduğunu ve varlıkların bir araya getirilme şeklinin portföyün özelliklerini belirlediğini ortaya koymuştur [13].

2.3.2. Portföy Yönetimi Kavramı

Portföy yönetimi, bir portföyün kompozisyonunun oluşturulması, düzenlenmesi ve optimize edilmesi sürecidir. Bu süreç, yatırım araçlarının seçimi, yatırım miktarlarının belirlenmesi ve zaman içinde portföyün performansının izlenerek güncellenmesi aşamalarını içerir [14]. Portföy yönetimi, yatırımcıların risk toleransı, getiriyi maksimize etme hedefi ve piyasa koşullarındaki değişimlere uyum sağlama gereklilikleri dikkate alınarak gerçekleştirilir [15].

Portföy yönetimi süreci aşağıdaki aşamalardan oluşur:

1. Hedeflerin Belirlenmesi: Yatırımcının finansal hedefleri, risk toleransı ve zaman ufku belirlenir.

2. Varlık Dağılımının Belirlenmesi: Farklı varlık sınıflarına ne kadar yatırım yapılacağı planlanır. Örneğin, hisse senetlerine ağırlık veren bir portföy, yüksek risk toleransı olan yatırımcılara hitap ederken, tahvil ağırlıklı bir portföy daha düşük risk toleransını yansıtır.

3. Varlık Seçimi: Belirli hisse senetleri, tahviller veya diğer finansal araçlar seçilerek portföy oluşturulur.

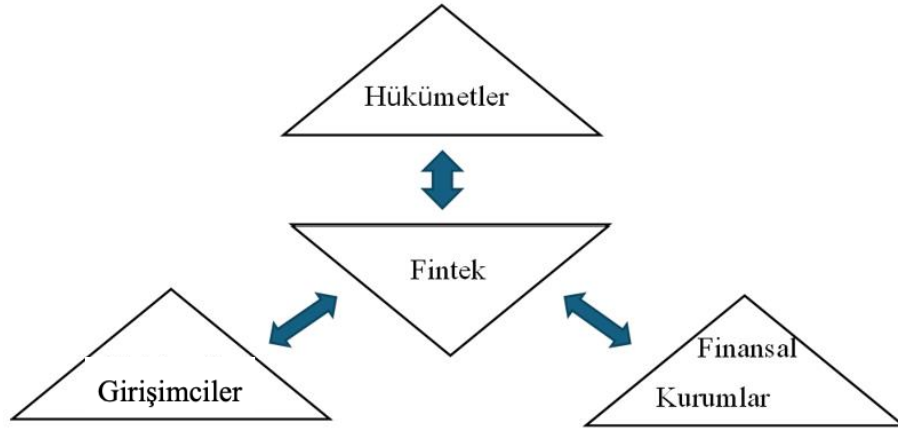
4. Performans İzleme ve Değerlendirme: Portföyün getirisi ve risk seviyesi düzenli olarak analiz edilir ve hedeflere uygunluğu değerlendirilir [16].

Modern portföy yönetiminde, riskin yönetimi büyük önem taşır. Portföy riskini etkileyen faktörler arasında piyasa dalgalanmaları, faiz oranlarındaki değişimler ve beklenmeyen ekonomik olaylar yer alır. Bu nedenle, portföy yöneticileri, risk-getiri dengesini optimize etmek için portföylerini sürekli olarak yeniden değerlendirir ve gerektiğinde düzenlemeler yapar [17].

2.4. Finansal Teknolojilerde Ar-Ge ve İnovasyon

Finansal teknoloji, genellikle “fintek” olarak adlandırılan ve finansal hizmetlerin teknoloji ile dönüştürülmesini ifade eden bir kavramdır. Fintek, özellikle son yıllarda dijitalleşmenin hızlanmasıyla finans sektöründe önemli yeniliklere yol açmıştır. Bu kavram, geleneksel finansal hizmetlere alternatif olarak geliştirilen dijital çözümleri, yenilikçi ürün ve hizmetleri kapsar.

Fintek, sadece mevcut sistemleri iyileştirmekle kalmaz, aynı zamanda köklü bir değişim yaratır. Geleneksel bankacılık sisteminde işlem süreçlerinin uzunluğu, yüksek maliyetler ve aracı kurumların varlığı gibi sorunlar, fintek çözümleriyle aşılabilir hale gelmiştir. Özellikle dijital ödeme yöntemleri, dijital paralar ve dijital cüzdanlar, bu yenilikçi çözümlere örnek olarak gösterilebilir [18]. Fintek ekosistemini gösteren şekil 2.1 aşağıdadır.



Şekil 2. 1 Fintek Ekosisteminin Yapısı

Ar-Ge ve inovasyon, finansal teknolojilerin gelişiminde kritik bir role sahiptir. Bu süreçler, müşteri ihtiyaçlarına uygun yeni ürün ve hizmetlerin tasarlanmasını sağlar. Örneğin, mobil bankacılık uygulamaları, kullanıcıların finansal işlemlerini daha hızlı ve kolay bir şekilde gerçekleştirmelerine olanak tanımıştır. Bunun ötesinde, blok zinciri teknolojisi, finansal işlemlerin daha güvenli ve şeffaf bir şekilde yürütülmesini sağlayarak finansal sistemde devrim yaratmıştır.

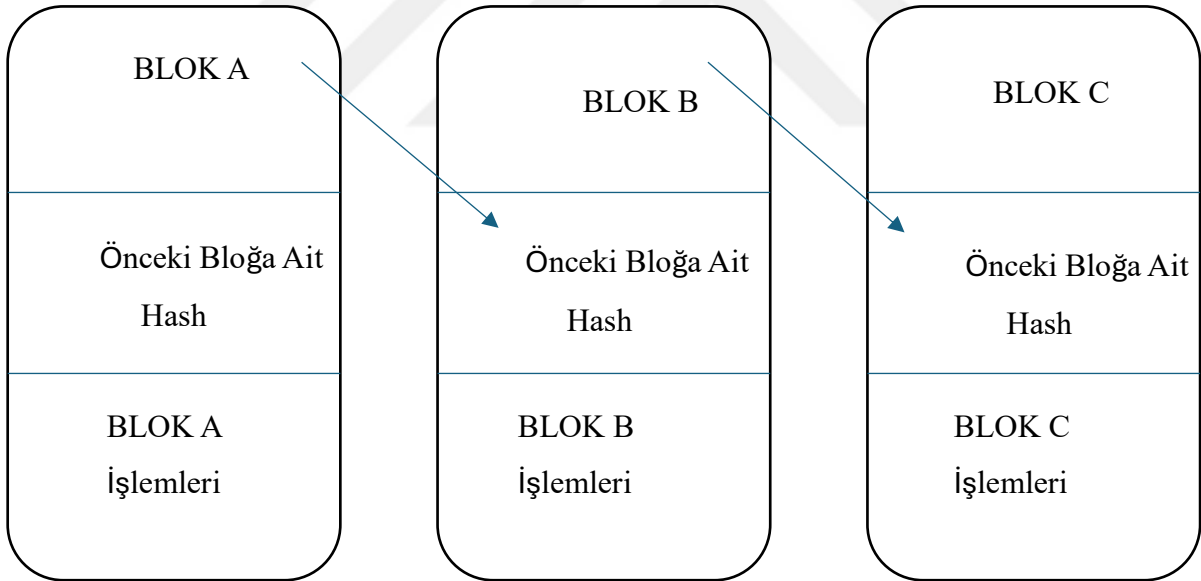
Ar-Ge faaliyetleri, aynı zamanda finansal hizmetlerin etkinliğini artırmak ve işlem maliyetlerini düşürmek amacıyla yeni teknolojilerin geliştirilmesine odaklanır. Bu bağlamda, yapay zekâ, büyük veri analitiği ve makine öğrenimi gibi teknolojiler, yatırım kararlarının alınmasında ve risklerin yönetiminde kullanılmaktadır. Örneğin, yatırım algoritmaları, büyük veri setlerini analiz ederek daha hızlı ve doğru tahminler yapabilmektedir [19].

Sonuç olarak, finansal teknolojilerde Ar-Ge ve inovasyon, sektördeki rekabeti artırarak müşteri memnuniyetini ve hizmet kalitesini yükseltmiştir. Fintek çözümleri, hem bireysel kullanıcıların hem de kurumsal aktörlerin finansal işlemlerini daha hızlı, güvenli ve düşük maliyetle gerçekleştirmelerine olanak tanımaktadır. Gelecekte bu yeniliklerin, finans sektöründe daha da yaygınlaşarak geleneksel iş modellerini dönüştürmesi beklenmektedir [20].

2.5. Blok Zinciri ve Kripto Para Teknolojisi

Blok zinciri, 2008 yılında Bitcoin'in tanıtımıyla ortaya çıkan ve finansal teknolojilerde köklü değişiklikler yaratan bir yenilikçi teknolojidir. Temel olarak, blok zinciri, dijital bilgilerin güvenli bir şekilde saklanmasını ve transfer edilmesini sağlayan bir dağıtık kayıt defteri sistemidir. Bu teknoloji, merkezi bir otoriteye ihtiyaç duymadan işlemlerin şeffaf, güvenilir ve değiştirilemez bir şekilde kaydedilmesini mümkün kılar.

Blok zinciri, birbirine bağlı veri bloklarından oluşur ve bu bloklar sıralı bir şekilde bir zincir oluşturur. Her blok, önceki bloğun bir özeti olan kriptografik bir hash ile ilişkilendirilmiştir. Bu yapı, verilerin üzerinde yapılan herhangi bir değişikliğin zincirin tamamını etkilemesini gerektirdiği için, manipülasyonu zorlaştırır. Bu özellik, blok zincirini geleneksel veri tabanlarından ayıran temel faktördür. Blok zincire ait yapıyı temsil eden örnek Şekil 2.2'de gösterilmektedir. [21].



Şekil 2. 2 Blokzincir Yapısı

Kripto paralar, blok zinciri teknolojisinin en bilinen uygulamalarından biridir. Bitcoin, bu teknolojinin ilk ve en yaygın örneğidir. Bunun dışında Ethereum, Ripple ve Litecoin gibi diğer kripto para birimleri de blok zincirini kullanarak işlemleri güvenli ve merkeziyetsiz bir şekilde gerçekleştirir. Blok zinciri, sadece finansal işlemler için değil, aynı zamanda akıllı

sözleşmeler, dijital kimlik doğrulama, tedarik zinciri yönetimi ve veri depolama gibi birçok farklı alanda da kullanılabilecek esnek bir altyapı sunmaktadır.

Blok zinciri teknolojisinin potansiyeli, güvenliği artırma, işlem maliyetlerini azaltma, işlemleri hızlandırma ve şeffaflığı artırma gibi özelliklerinde yatmaktadır. Ancak, bu teknoloji henüz gelişim aşamasında olduğundan, ölçeklenebilirlik sorunları, enerji tüketimi ve yasal düzenlemeler gibi çeşitli zorluklarla karşı karşıyadır [22].

2.5.1. Blok Zinciri Teknolojisinin Sağladığı Avantajlar ve Kullanım

Alanları

Blok zinciri teknolojisi, finansal işlemlerin yanı sıra tedarik zinciri yönetimi, sağlık, gayrimenkul ve kamu hizmetleri gibi birçok sektörde kullanılabilecek potansiyele sahiptir.

Blok zinciri, özellikle finansal teknolojilerde yeni bir paradigma sunmaktadır. Geleneksel sistemlerde, işlemler aracı kurumlar üzerinden gerçekleştirilirken, blok zinciri teknolojisi eşler arası (peer-to-peer) bir sistem sunarak işlemlerdeki aracıyı ortadan kaldırmaktadır. Bu durum, maliyetlerin düşmesine ve işlem hızının artmasına neden olurken, sistemin şeffaflığını ve güvenilirliğini artırmaktadır [23].

Blok zinciri teknolojisi, şeffaflık, güvenlik, izlenebilirlik, verimlilik ve maliyet avantajları gibi birçok önemli fayda sunmaktadır. Bu teknoloji, verilerin merkezi bir otoritede değil, dağıtık bir defterde saklanmasını sağlayarak işlemleri tüm katılımcılar için şeffaf ve doğrulanabilir hale getirir. Ayrıca, işlemler şifrelenerek önceki bloklarla bağlantılı bir şekilde kaydedildiğinden, verilerin değiştirilmesi veya manipüle edilmesi neredeyse imkânsızdır. Özellikle finans, sağlık ve kamu gibi hassas sektörlerde blok zinciri, gelişmiş güvenlik için kritik bir araçtır. Bunun yanı sıra, blok zinciri bir varlığın kaynağını ve işlem geçmişini izleme imkânı tanıyarak, özellikle tedarik zinciri yönetiminde sahtecilik ve dolandırıcılığın önlenmesine katkı sağlar. Geleneksel işlem süreçlerinin aksine, bu teknoloji manuel müdahalelere ve aracı kurumlara olan ihtiyacı ortadan kaldırarak işlemleri daha hızlı ve verimli hale getirir. Aynı zamanda, bilgilerin tutarlılığını artıran ve fazlalıkları önleyen dağıtık sistem yapısı ile dikkat çeker. İşlem maliyetlerini düşürme noktasında da avantaj sağlayan blok zinciri, aracılara duyulan ihtiyacı en aza indirerek hem bireysel hem de

kurumsal kullanıcılar için ekonomik bir çözüm sunar. En bilinen uygulaması kripto paralar olan blok zinciri, Bitcoin gibi merkeziyetsiz sistemlerle finans dünyasında devrim yaratmıştır. Bununla birlikte, dijital kimlik doğrulama, akıllı sözleşmeler ve veri güvenliği gibi farklı alanlarda da önemli yenilikler sunmaktadır. Sonuç olarak, blok zinciri teknolojisi yalnızca finansal işlemlerin güvenilirliğini artırmakla kalmayıp, farklı endüstrilerde iş süreçlerini optimize ederek yeni fırsatlar yaratmaktadır. Gelecekte bu teknolojinin daha geniş bir yelpazede yaygın olarak kullanılması beklenmektedir. [24].

Bitcoin ve ardından piyasaya sürülen altcoinler, günümüzde tedavüle konulan paraların dijital ve somut bir örneği olarak kabul edilmektedir. Bitcoin ve altcoinler, genellikle kripto para veya sanal para olarak tanımlanır ve geleneksel alternatif para birimlerine rakip olarak görülmektedir.

Kripto para teknolojisi, ödeme ve para transfer sistemlerinde önemli değişimlere yol açmıştır. Blokzinciri teknolojisi kullanılarak üretilen kripto paraların arzı sınırlıdır. Bu sınırlılık, değerlerinin artmasında etkili bir faktör olarak öne çıkmaktadır. Ayrıca, kripto paraların ödeme sistemlerinde kullanılması, onlara devamlılık ve işlevsellik kazandırmaktadır [25].

Kripto para piyasası, zamanla daha fazla tanındıkça hem kurumsal hem de bireysel yatırımcıların yanı sıra spekülörlerin de odak noktası haline gelmiştir. Artan ilgi, piyasaya büyük miktarda para giriş ve çıkışlarının yapılmasına neden olmuş, bu durum da ani değişimlere ve yüksek volatiliteye yol açmıştır.

Örneğin, 2018 yılında kripto para piyasası, büyük para girişleriyle 800 milyar dolarlık piyasa değerine ulaşmış, ancak ardından gelen hızlı düşüşle 200 milyar dolar seviyelerine gerilemiştir. Bu durum, piyasanın dalgalanmalara açık yapısını ve spekülatif hareketlerin etkisini net bir şekilde ortaya koymaktadır [26].

3. FİNANSAL RİSK KAVRAMI ve YÖNETİMİ

3.1. Finansal Risk Kavramı

Finansal risk, bir yatırımın veya varlığın beklenen getirilerinin olumsuz bir şekilde etkilenmesi olasılığıdır. Finansal piyasalarda karşılaşılan bu risk, yatırımcıların sermayelerini kaybetme potansiyelini ifade eder ve genellikle ekonomik belirsizlikler, piyasa dalgalanmaları veya beklenmeyen olaylardan kaynaklanır.

Başlıca finansal risk türleri, piyasa riski, kredi riski, likidite riski, operasyonel risk ve model riski olarak sıralanabilir. Piyasa riski, hisse senetleri, döviz kurları, faiz oranları ve emtia fiyatları gibi piyasa değişkenlerindeki dalgalanmalardan kaynaklanır. Örneğin, faiz oranlarında yaşanan ani bir artış, tahvil fiyatlarının düşmesine yol açabilir. Kredi riski ise bir borçlunun taahhüt ettiği ödemeleri gerçekleştirememesi olasılığına dayanır ve bankalar ile finansal kurumlar, bu riski değerlendirmek için kredi politikalarını titizlikle belirler. Likidite riski, bir yatırımın hızla nakde dönüştürülememesi veya piyasa değerinin altında satılma olasılığıdır ve düşük hacimli piyasalarda bu risk daha belirgin hale gelir. Operasyonel risk ise iç süreçlerdeki hatalar, insan kaynaklı problemler, teknik arızalar veya doğal afetler gibi dış etkenlerden kaynaklanır. Model riski ise finansal risklerin ölçümünde kullanılan matematiksel ve istatistiksel modellerin yanıltıcı sonuçlar üretmesi durumunda ortaya çıkar. Bu risk türleri birbirinden bağımsız olmamakla birlikte, genellikle birbirlerini etkiler ve bu nedenle finansal risk yönetimi, tüm bu risklere bütünsel bir yaklaşımla ele alınmalıdır. [27].

3.2. Finansal Risk Yönetimi

Risk yönetimi, finansal varlıkların korunması ve sürdürülebilir karlılık sağlanması için risklerin tanımlanması, ölçülmesi ve kontrol edilmesi süreçlerini içerir. Amaç, yatırımcıların risk-getiri dengesini optimize ederek, beklenmeyen kayıpları en aza indirmektir [28].

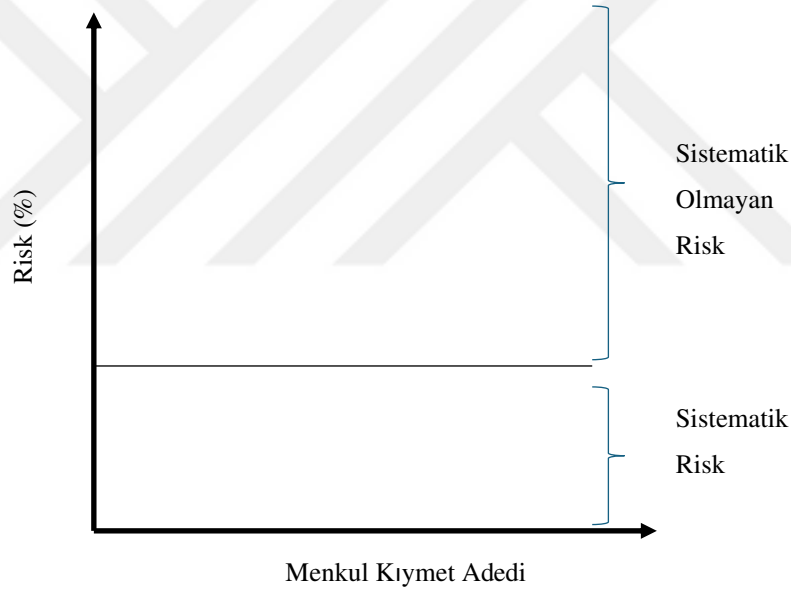
Risk yönetiminde kullanılan temel yöntemler:

Riske Maruz Değer (VaR):

Belirli bir güven aralığında, belirli bir süre içinde bir portföyün karşılaşabileceği maksimum kaybı ölçer. Örneğin, bir portföyün günlük %95 güven düzeyinde VaR değeri, %5 olasılıkla bu tutardan fazla zarar edilebileceğini gösterir.

Çeşitlendirme:

Riskleri dağıtmak için farklı varlık sınıflarına yatırım yapılır. Örneğin, hisse senetlerine ek olarak tahvillere ve emtialara yatırım yapmak, portföyün genel volatilitasını düşürebilir [29]. Çeşitlendirme ile riskin azaldığını gösteren grafik aşağıda yer alan Şekil 3.1’de ifade edilmektedir.



Şekil 3. 1 Çeşitlendirme ile Riskin Azaltılması

1. Hedging (Korunma):

Vadeli işlem sözleşmeleri, opsiyonlar ve swaplar gibi türev araçlarla piyasa riskine karşı korunma sağlanabilir.

2. Risk Limitleri:

Belirli bir yatırım için maksimum risk seviyesi belirlenir. Bu limitler, aşırı risk alımını önler.

3. Stres Testleri ve Senaryo Analizi:

Farklı piyasa koşulları altında portföyün performansını analiz ederek, gelecekte oluşabilecek kayıplar öngörülme çalışılır.

3.3. Riske Maruz Değer (VaR)

Riske Maruz Değer (VaR), finansal riskin nicel bir ölçüsü olarak, belirli bir zaman diliminde ve belirli bir güven düzeyinde bir portföyün karşılaşabileceği maksimum kaybı ifade eder. Bu yöntem, finansal kuruluşlar tarafından yaygın olarak kullanılmaktadır.

VaR hesaplama yöntemleri:

1. Tarihsel Simülasyon:

Geçmiş piyasa verilerine dayanarak, portföyün gelecekteki kayıplarını tahmin eder.

2. Parametrik Yöntem:

Normal dağılım varsayımlarını kullanarak risk ve getiri hesaplar.

3. Monte Carlo Simülasyonu:

Rastgele oluşturulan piyasa senaryoları üzerinden portföyde oluşabilecek kayıpları analiz eder.

VaR, finansal risk ölçümünde etkili bir araçtır ancak yalnızca tek bir bakış açısı sunduğundan diğer risk ölçüm yöntemleriyle birlikte kullanılması önerilir [30].

3.4. Klasik Portföy Optimizasyon Modeli

Klasik portföy optimizasyon modeli, Harry Markowitz tarafından geliştirilen ve modern portföy teorisinin temel taşı olan bir yöntemdir. Bu model, bir portföydeki varlıkların ağırlıklarını optimize ederek, yatırımcıların risk-getiri dengesini en uygun şekilde sağlamayı hedefler [31].

Temel özellikler:

3.4.1. Portföy Getirisi:

Portföydeki varlıkların getirilerinin ağırlıklı toplamı olarak ifade edilir ve eşitlik (3.1)'deki formül ile hesaplanır: [32]

$$R = \frac{X_1 - X_0}{X_0} \quad (3.1)$$

Burada,

R : Getiri oranını,

X_0 : Yatırımın ilk değerini,

X_1 : Yatırımın son değerini ifade etmektedir.

Portföy getirisi, portföyü oluşturan varlıkların ağırlıklarına bağlıdır. Buna bağlı olarak, eşitlik (3.2)'de portföy getirisinin nasıl hesaplandığı görülmektedir.

$$R = \sum_{i=1}^m w_i R_i \quad (3.2)$$

Burada,

m : Portföydeki mevcut varlık sayısını,

R_i : Portföydeki i . varlığın gerçekleşen getiri oranını,

w_i : Portföydeki i . varlığın ağırlığını ifade etmektedir.

3.4.2. Portföyün Beklenen Getirisi

Portföyde yer alan varlıkların getirileri, farklı beklenen değer ve varyanslara sahip rassal değişkenlerdir. Bu nedenle, portföyün toplam getirisi de bir rassal değişken olarak düşünülebilir ve onun da beklenen değer ve varyansı bulunur.

Portföy getirisinin beklenen değeri, portföydeki varlıkların beklenen getirilerinin ağırlıklı ortalaması olarak hesaplanır. Matematiksel olarak, portföy getirisinin beklenen değeri eşitlik (3.3) ile hesaplanır [33].

$$E(R) = \sum_{i=1}^m W_i E(R_i) \quad (3.3)$$

Eşitlikte:

$E(R)$: Portföy getirisinin beklenen değeri,

$E(R_i)$: Portföydeki i . varlığın beklenen getirisini ifade etmektedir.

3.4.3. Portföy Riski:

Portföy getirilerinin varyansı ile ölçülür. Portföy getirisinin varyansı ise portföydeki varlıklar arasındaki kovaryansı da dikkate alarak hesaplanır ve eşitlik (3.4)'teki gibi formüle edilir:

$$Var(R) = E[(R - E(R))^2] = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m W_i W_j Cov(R_i, R_j) \quad (3.4)$$

Burada,

$Var(R)$: Portföy getirisinin varyansını,

$Cov(R_i, R_j)$: i ve j varlıkları arasındaki kovaryansı ifade etmektedir.

Eğer varlık getirileri arasında kovaryanslar sıfır değilse, portföy riskinin (varyansının) hesaplanmasında bu kovaryansların etkisi kritik bir rol oynar. Bu, portföy çeşitlendirmesinin getiri varyansını nasıl etkilediğini anlamak açısından önemlidir [34].

Modelin amaçları:

- Belirli bir getiri düzeyinde riski minimize etmek.
- Belirli bir risk düzeyinde getiriyi maksimize etmek.

Bu modelin temel çıktısı, yatırımcıya risk-getiri dengesini en iyi sağlayan portföylerin yer aldığı etkin sınır (efficient frontier) kavramıdır. Etkin sınır üzerinde yer alan portföyler, yatırımcılar için optimal seçenekler sunar.

Bu modelin amaç fonksiyonu eşitlik (3.5)'teki gibi, portföy varyansını minimize etmeye dayanmaktadır. (3.6) ve (3.7)'deki eşitlikler ise modelin kısıtlarını ifade etmektedir.

$$\min \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m W_i W_j \sigma_{ij} \quad (3.5)$$

$$\sum_{i=1}^m W_i \mu_i = R^* \quad (3.6)$$

$$\sum_{i=1}^m W_i = 1 \quad (3.7)$$

Bu modelde,

μ_i : Portföydeki i . varlığın beklenen getirisini (yani, $\mu_i = E(R_i)$),

σ_{ij} : i ve j varlıkları arasındaki kovaryansı ($\sigma_{ij} = \text{Cov}(R_i, R_j)$),

R^* : İstenen beklenen getiriyi ifade etmektedir.

Matematiksel formülasyonu verilmiş olan klasik modelin amaç fonksiyonu, portföydeki varlıkların getirilerinin kovaryans matrisini kullanarak, portföy getirisinin varyansının minimize edilmesine dayanmaktadır. Eşitlik (3.5) portföyün beklenen getirisinin R * olmasını sağlamaktadır. (3.6) ise, portföyü oluşturan varlıkların ağırlıklarının toplamını bire eşitlemektedir.

Eşitlik (3.7)'deki kısıtın kullanılabilmesi için portföyü oluşturan her bir varlığın beklenen getirilerinin tahmini gerekmektedir. Ancak, yüksek volatiliteye sahip olan piyasalarda bu tahmini doğru bir şekilde yapabilmek mümkün değildir. Bu yüzden, (3.7) kısıtı ihmal edilebilir. Bu kısıtın ihmal edilmesi durumunda, problemin basit bir çözümü bulunmaktadır [35].

$v = (v_1, v_2, \dots, v_m)$ vektörü, aşağıda yer alan eşitlik (3.8)'deki doğrusal denklem sistemini sağlayan vektör olsun.

$$\sum_{j=1}^m \sigma_{ij} v_j = 1, \quad i = 1, \dots, m \quad (3.8)$$

Varyansı minimize eden optimal ağırlıklar v vektörünün normalize edilmesiyle bulunur. Bu normalizasyon, i eşitlik (3.9)'da görülmektedir.

$$w_i = \frac{v_i}{\sum_{j=1}^m v_j} \quad (3.9)$$

3.4.4. Markowitz Modelinin Kısıtları ve Eleştirileri:

1. Veri Hassasiyeti:

Model, varlık getirileri ve kovaryanslar hakkında doğru tahminlere dayanır. Yanlış tahminler, optimal olmayan portföylere yol açabilir [36].

2. Pratik Zorluklar:

Büyük portföylerde, kovaryans matrisi hesaplamaları karmaşık hale gelir.

3. Geçmiş Verilere Dayanma:

Geçmiş veriler, gelecekteki piyasa koşullarını doğru bir şekilde temsil etmeyebilir.

4. Likidite Problemleri:

Model, likidite sorunlarını veya piyasa kısıtlamalarını dikkate almaz.

Sonuç olarak, Markowitz modeli teorik bir çerçeve sunarken, pratik uygulamalarda çeşitli iyileştirmeler gerektirir [37].

3.4.5. Markowitz Portföy Teorisinde Optimizasyon Süreci

Markowitz Portföy Teorisi, yatırımcıların risk-getiri dengesini optimize etmeleri için kullanılan bir çerçeve sunar. Teori, rasyonel bir yatırımcının belirli bir risk düzeyinde maksimum getiriyi hedeflemesi veya belirli bir getiri düzeyinde minimum riski tercih etmesi gerektiğini öngörür. Bu sürecin temel girdileri şunlardır:

1. Beklenen Getiri:

Her bir varlığın gelecekte sağlayacağı tahmini kazanç.

2. Risk (Varyans):

Varlık getirilerinin beklenen değer etrafındaki dalgalanma düzeyi.

3. Korelasyon:

Portföydeki varlıkların getirilerinin birbiriyle olan ilişkisi. Negatif korelasyon, portföy riskini azaltma açısından avantaj sağlar.

4. Kısıtlar:

Yatırımcının tercihlerine bağlı olarak minimum veya maksimum varlık ağırlıkları gibi kısıtlamalar da modele dahil edilebilir.

Optimizasyon Sürecinin Aşamaları

Girdi Verilerinin Hazırlanması:

Portföyde yer alacak varlıkların beklenen getirileri, varyansları ve kovaryansları belirlenir.

Matematiksel Modelleme:

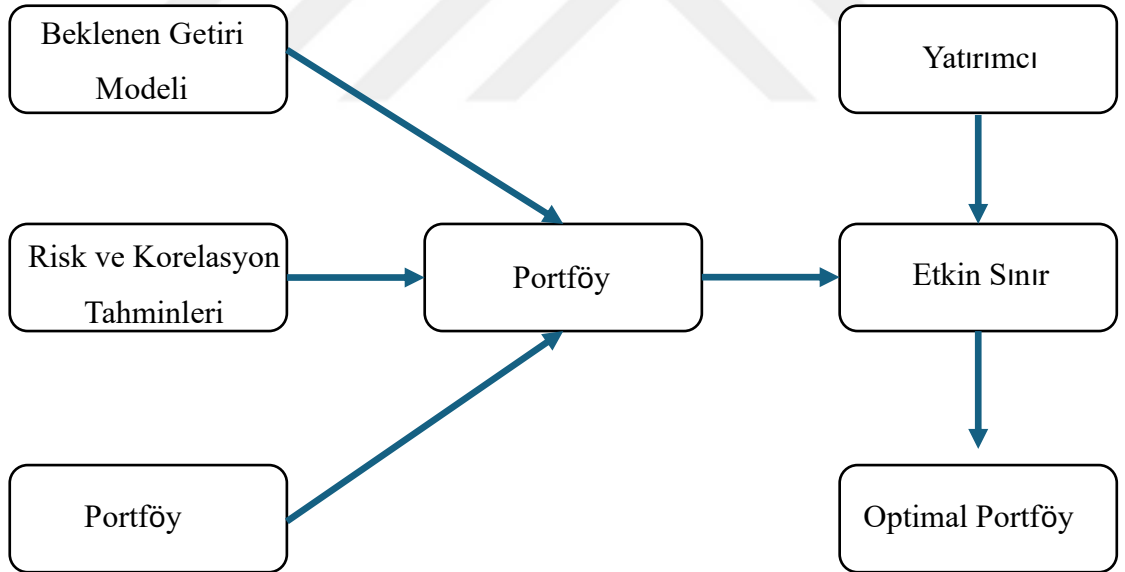
Amaç fonksiyonu ve kısıtlar doğrultusunda portföy optimizasyon problemi matematiksel olarak formüle edilir:

- Amaç: Portföy varyansını minimize etmek veya beklenen getiriyi maksimize etmek.
- Kısıt: Varlık ağırlıklarının toplamı 1 olmalıdır.

Etkin Sınırın Belirlenmesi:

Farklı risk seviyeleri için maksimum getiriyi sağlayan portföyler hesaplanarak etkin sınır oluşturulur [38].

Optimal Portföyün Seçimi:



Şekil 3. 2 Optimal Portföyün Seçimi

Yatırımcının risk toleransına uygun olan portföy, etkin sınır üzerindeki seçeneklerden seçilir. Seçime yönelik oluşturulan diyagram Şekil (3.2)'de gösterilmektedir.

Etkin Sınır ve Yatırımcı Tercihleri:

Etkin sınır, risk-getiri açısından optimal portföyleri tanımlayan bir eğridir. Yatırımcının risk toleransına bağlı olarak, etkin sınır üzerindeki bir portföy seçilir. Örneğin:

- Düşük risk toleransına sahip yatırımcılar, etkin sınırın düşük riskli bölgesindeki portföyleri tercih eder.

- Yüksek risk toleransına sahip yatırımcılar ise daha yüksek getirili ve riskli portföylere yönelir.

Modelin Güçlü Yanları:

- Yatırım kararlarının sistematik bir çerçevede alınmasını sağlar.
- Çeşitlendirme etkisiyle portföy riskini düşürmeye yardımcı olur.

Modelin Sınırlamaları:

- Girdi verilerindeki hata veya belirsizlik, sonuçların doğruluğunu etkileyebilir.
- Yatırımcıların bireysel tercihlerini yeterince esnek bir şekilde yansıtamayabilir.

Sonuç olarak, Markowitz Portföy Teorisi, rasyonel yatırım kararlarının alınmasına rehberlik ederken, yatırımcıların hedeflerine uygun optimal portföylerin oluşturulmasına olanak tanır [39].

4. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Bu bölümde gerçekleştirilen literatür araştırması üç konu başlığı altında ele alınmıştır. İlk bölümde portföy optimizasyonunun dijital ve kripto varlıklarda yapılmış olan geçmiş uygulamaları incelenmiş çalışmaya katkı sağlayacak veriler toplanmıştır. İkinci bölümde ise finansın yeni teknolojiler ışığında gelişimi ve dönüşümünü anlamlandırabilmek adına finansal teknoloji kavramı üzerine yapılan akademik araştırmalar incelenmiştir. Ayrıca son olarak çalışmanın yöntemini oluşturan istatistiksel deney tasarımının kullanım alanları literatürde incelenmiştir.

4.1. Kripto Varlıklarda Portföy Optimizasyonu Literatür Araştırması

Literatürde geçmişten günümüze birçok çalışmada portföy optimizasyonu ile ilgili makale ve tez bulunmakla birlikte yeni bir yatırım çeşidi olan dijital paralar ve kripto varlıkların risk değerlendirilmesi ve portföye olan etkileri yakın geçmişte ele alınmaya başlanmıştır. Bu konu ile ilgili çalışmalardan bazıları aşağıdaki gibidir.

Ma ve diğ. (2020) tarafından kripto paraların modern portföylerdeki stratejik önemi daha kapsamlı bir veri setiyle analiz edilerek sonuçlar paylaşılmıştır. Ayrıca, yazarlar, kripto paraların volatilité, getiri ve çeşitlendirme özelliklerini detaylı bir şekilde ele alarak dördüncü sanayi devriminde dijital finansal yeniliklerin yatırım stratejileri üzerine önemini vurgulamıştır [40].

Som ve diğ. (2022) tarafından Bitcoin'in, dinamik şartlı korelasyon (DCG-GARCH) modelleriyle altına alternati olarak portföylerde yer alabileceği ve riskten kaçınma isteği yüksek olan yatırımcılar açısından portföyde eşitlendirme fırsatı sunduğu belirtilirken ayrıca, altın yerine Bitcoin'in kullanıldığı portföylerde, riskten kaçınan yatırımcıların ödeyeceği primlerin artırılabilmesinin üstünde durulmuştur [41].

Bauar ve Hoang (2021) tarafından gerçekleştirilen çalışmada stablecoinlerin (örneğin, Tether, USD Coin gibi USD'ye dayalı) ve altın destekli dijital tokenlerin (örneğin, Digix Gold gibi) kripto para portföylerindeki yeri analiz edilmiştir. Çalışmada stablecoinlerin

geleneksel kripto para birimlerine kıyasla daha düşük volatiliteye sahip olduğunu ve portföy çeşitlendirme açısından önemi vurgulanmıştır [42].

James ve Menzies (2020) tarafından yapılan çalışma tüm kripto paraların benzer hareketler sergilediği volatil dönemleri açıklamada kritik rol oynamaktadır. Özellikle, kriz dönemlerinde her kripto paranın volatiliteye eşit şekilde katkıda bulunduğu ve bu durumun piyasa davranışlarını etkilediği vurgulanmıştır [43].

Brauneis ve Mestel (2019) tarafından yapılan çalışmada kripto para piyasalarında portföy çeşitlendirme stratejileri analiz edilmiş ve düşük volatiliteye sahip portföylerin performansı incelenmiştir. Çalışmadaki temel bulgu düşük volatiliteye sahip kripto paralara odaklanıldığında mean-variance optimizasyonu yapılmadan bile daha yüksek risk-getiri oranlarına ulaşıldığı görülmüştür. Özellikle eşit ağırlıklı portföylerin (equal-weighted portfolios), mean-variance optimizasyonu ile oluşturulan portföylerden daha iyi performans sergilediği tespit edilmiştir [44].

4.2. Finansal Teknolojiler Literatür Araştırması

Literatür araştırmasının ikinci bölümü seçilirken yeni bir yatırım aracı olan dijital ve kripto varlıkların finansal teknolojilerde yaşanan gelişme ile birlikte hayatımıza girdiği ve yaygınlaştığı göz önünde bulundurulmuştur. Bu doğrultuda finansal teknolojilerin gelişimi ve uygulamaları ile ilgili çalışmalardan bazıları aşağıdadır.

Abdollahi ve diğ. (2024) tarafından yapılan çalışmada fintek ve dijital finansal araçların inovasyonu ile birlikte gelen risk karmaşıklığının üzerinde durulurken özellikle, dijital teknolojilerin finansal kurumlar arasında daha güçlü bağlantılar yaratarak risklerin bulaşıcılığını artırdığı vurgulanmıştır.

Ayrıca küresel hisse senedi piyasalarındaki bağlantısallık ve sistemik riskler üzerine odaklanılmıştır. Dijital teknolojilerin, finansal piyasalar arasındaki bağlantıyı güçlendirdiği için bir pazardaki risklerin hızla diğer piyasalara yayılabileceğini belirtilmiştir [45].

Della Peruta ve diğ. (2018) tarafından mobil paranın finansal kapsayıcılık üzerine etkisi makroekonomik bir perspektif üzerinden incelenmiştir. Çalışma, özellikle gelişmekte

olan ülkelerde mobil paranın finansal hizmetlere erişimi arttırmada etkin bir araç olduğunu ortaya koymuştur. Çalışmada öne çıkan bulgulardan ise mobil para kullanımının geleneksel bankacılığın ötesine geçişte özellikle kırsal kesimlerde finansal hizmetlere erişimi kolaylaştırdığı ve bireylerin tasarruf yapma olasılığını arttırarak yerel ekonomik aktiviteyi desteklediği olarak belirtilebilir [46].

Ehrentraud ve diğ (2020) tarafından fintek yeniliklerinin hızla büyüyen ekosisteminde regülasyon eksikliklerinin özellikle veri güvenliği, piyasa istikrarı ve şeffaflık açısından risk oluşturduğu tartışılmıştır. Çalışmadaki bulgular, fintek inovasyonlarının hızının regülatörlerin bu yeniliklere uyum sağlama kapasitesini aşabileceğini vurgularken düzenleme eksikliklerinin, özellikle kripto para ve blockchain gibi alanlarda, piyasa manipülasyonu ve dolandırıcılık gibi risklere yol açabileceği değerlendirilmiştir [47].

4.3. Faktöriyel Deney Tasarımı Literatür Araştırması

Bu bölümde çalışmanın yöntemini oluşturan deney tasarımı metodolojisi ve bunun bir çeşidi olan faktöriyel deney tasarımının geçmiş akademik çalışmalarda yer alan dikkat çekici noktaları ele alınmıştır. İstatistiksel deney tasarımı ağırlık olarak mühendislik uygulamalarında kullanıldığından ötürü literatür araştırmasında da genellikle bu uygulamalara yer verilmiş olup bu uygulamalardan dikkat çekici noktalardan bazıları aşağıdadır.

Jankovic ve diğ. (2021) tarafından çalışmada kullanılan deney tasarımı yöntemleri, çift katmanlı cephelerin termal performansını analiz etmede etkili bir araç olarak değerlendirilmiştir. Özellikle, tam faktöriyel tasarım (FFD) referans noktasını oluştururken, diğer deney tasarımlarının (Definitive Screening Design, Taguchi Tasarımı ve Response Surface Methodology gibi) performansı bu referansla karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar, her bir tasarımın sistem karakterizasyonu ve faktör etkileşimlerinin belirlenmesindeki etkinliğini ortaya koymuştur. Çalışma, farklı deney tasarımı yaklaşımlarının doğru seçilmesinin, hem sistemin doğasına uygun çözümlerler yapılmasını hem de kaynakların verimli kullanılmasını mümkün kıldığını göstermektedir [48].

Kreutz ve diğ. (2020) tarafından, tam faktöriyel deney tasarımının (Full-Factorial Design, FFD) etkileri, rüzgar türbini rotor kanatlarında buzlanma nedenlerinin tespit edilmesi ve ilgili parametrelerin önem sırasının belirlenmesi bağlamında analiz edilmiştir. Çalışma, mevcut buz algılama sistemlerinin yetersizliğini gidermek için, makine öğrenimi modellerine dayalı bir buz tahmin sistemi geliştirmeyi hedeflemiştir. FFD, tüm olası parametre kombinasyonlarını test ederek, hem bireysel hem de etkileşimli etkileri değerlendirmiştir. Bu yöntem, sekiz meteorolojik parametre (örneğin, dış sıcaklık, rüzgar hızı, bağıl nem) üzerinde yürütülmüş ve dış sıcaklığın en önemli etkiyi oluşturduğu belirlenmiştir. Ayrıca, yöntem, model performansını artıran ve optimize eden parametre kombinasyonlarını ortaya koymuştur. Çalışmada, FFD'nin sağladığı sistematik analiz, özellikle dış sıcaklık gibi kritik parametrelerin yanı sıra, bazı etkileşim etkilerinin (örneğin, rüzgar yönü ve sıcaklık) daha önce gözlemlenmeyen katkılarını göstermiştir [49].

El-Taybany ve diğ. (2017) tarafından, soda camın ultrasonik destekli frezeleme işleminin tam faktöriyel deney tasarımı kullanılarak incelendiği belirtilmiştir. Araştırma, malzeme işlemeye dair kontrol parametrelerinin kesme kuvveti ve moment üzerindeki etkilerini değerlendirmek için iki seviyeli altı faktörlü yarım faktöriyel tasarım uygulamıştır. Çalışmanın temel bulguları, farklı işlem değişkenlerinin ana ve etkileşimsel etkilerini belirlemiştir [50].

5. İSTATİKSEL DENEY TASARIMI

5.1. Deney Tasarımı Kavramı ve Kullanım Amacı

Deney tasarımı, bir sistemin veya sürecin girdileri ile çıktıları arasındaki ilişkiyi anlamak, optimize etmek ve kontrol altına almak için kullanılan sistematik bir yöntemdir.

Deney tasarımının temel amacı, bir sistemin veya sürecin girdileri ile çıktıları arasındaki ilişkiyi anlamak, optimize etmek ve kontrol altına almaktır. Deney tasarımı, minimum kaynakla maksimum bilgi elde etmeyi hedefler ve bu nedenle hem bilimsel araştırmalarda hem de endüstriyel süreçlerde etkin bir araç olarak kullanılır. Süreçteki çeşitli faktörlerin etkileri ile bu faktörler arasındaki etkileşimlerin incelenmesi, deney tasarımının en önemli unsurlarından biridir. Ayrıca, varyasyon kaynaklarının belirlenmesi ve kontrol altına alınması, özellikle kalite kontrol ve süreç iyileştirme çalışmalarında kritik bir rol oynar. Deney tasarımı, sadece bir sistemin mevcut durumunu analiz etmekle kalmaz, aynı zamanda sistemin performansını optimize etmek ve gelecekteki davranışlarını tahmin etmek için matematiksel modeller oluşturulmasını da sağlar. Bununla birlikte, istatistiksel yöntemlerle elde edilen sonuçların güvenilirliği ve genellenebilirliği artırılarak, deneylerden elde edilen bulguların daha sağlam bir temele oturtulması amaçlanır. Bu şekilde, deney tasarımı hem bilimsel hem de pratik anlamda verimli, güvenilir ve optimize edilmiş süreçler geliştirmeye olanak tanır [51].

5.2. Deney Tasarımının Uygulama Alanları

Deney tasarımının uygulama alanları, geniş bir yelpazede farklı disiplinlere hitap edecek şekilde ele alınmıştır. Deney tasarımı, mühendislikten biyolojiye, kimyadan ekonomi ve sosyal bilimlere kadar birçok alanda kullanılmaktadır. Mühendislik uygulamalarında, üretim süreçlerini optimize etmek, ürün kalitesini artırmak ve maliyetleri düşürmek için etkili bir araçtır. Kimya ve biyoloji gibi doğa bilimlerinde, yeni ilaçların geliştirilmesi, biyoteknolojik süreçlerin verimliliğinin artırılması ve çevresel etkilerin incelenmesi gibi çalışmalarda yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Sosyal bilimlerde ise bireylerin davranışlarını, ekonomik sistemleri veya sosyal politikaların etkilerini analiz etmek için deneysel yöntemler uygulanır. Ayrıca, tarım ve gıda endüstrisinde, mahsul verimliliğini

artırmaya yönelik çalışmalar ve yeni ürün geliştirme süreçlerinde önemli bir rol oynar. Deney tasarımı, modern teknolojilerin gelişimiyle birlikte, yapay zekâ ve makine öğrenimi gibi alanlarda veri toplama stratejilerinin iyileştirilmesi ve model performansının artırılması gibi yenilikçi uygulamalara da olanak tanır. Böylece, deney tasarımı sadece bilimsel araştırma süreçlerini iyileştirmekle kalmaz, aynı zamanda sanayi, sağlık, çevre ve toplum üzerinde doğrudan etki yaratan çözümlerin geliştirilmesine de katkı sağlar [52].

5.3. Deney Tasarımı Çeşitleri

Deney tasarımı çeşitleri, araştırmanın amaçlarına ve sistemin özelliklerine göre farklı yöntemlere ayrılmıştır. Bu çeşitler, deneyin kapsamını belirlemek, istatistiksel güvenilirliği artırmak ve araştırma sorularını daha etkili bir şekilde yanıtlamak amacıyla geliştirilmiştir.

Tek faktörlü tasarımlar, bir bağımsız değişkenin bir sistem üzerindeki etkisini analiz etmek için kullanılan temel yöntemlerden biridir. Bu tasarımlar, faktör düzeyleri arasında anlamlı farklılıklar olup olmadığını belirlemek için özellikle başlangıç seviyesindeki çalışmalar için uygundur. Faktöriyel tasarımlar, birden fazla faktörün etkilerini ve bu faktörler arasındaki etkileşimleri aynı anda analiz etme olanağı sağlar. Bu yöntem, karmaşık sistemlerdeki değişkenlik kaynaklarını ve bu değişkenlerin etkileşimlerini daha kapsamlı bir şekilde incelemek için kullanılır.

Blok tasarımları, deney sonuçlarını etkileyebilecek dışsal değişkenlerin kontrol altına alınmasını hedefler. Özellikle heterojen çalışma ortamlarında, bu tür tasarımlar deneysel hataları azaltarak analizlerin doğruluğunu artırır. Rastgeleleştirilmiş blok tasarımları, hem sistematik hataları kontrol etmek hem de dışsal faktörlerin etkisini en aza indirmek için yaygın olarak tercih edilir. Bu tür tasarımlar, rastgeleleştirme ilkesiyle sistematik yanlılığı azaltırken, dengelemeyi ve tekrarlanabilirliği artırır.

Daha karmaşık sistemlerde, bölünmüş parsel (split-plot) tasarımları ve tekrarlı ölçümler tasarımları gibi özel yöntemler kullanılır. Bölünmüş parsel tasarımları, iki farklı faktör düzeyinin aynı deneyde yer aldığı durumlarda daha ekonomik ve etkili bir analiz sağlar. Tekrarlı ölçümler tasarımları ise, aynı denek veya deney birimi üzerinde zaman

içinde tekrarlanan ölçümleri analiz ederek, değişimlerin dinamik bir perspektiften incelenmesine olanak tanır.

Yanıt yüzeyi metodolojisi (Response Surface Methodology) ise, deneylerin çıktısını optimize etmek ve süreçlerin davranışını modellemek amacıyla kullanılan ileri bir tekniktir. Bu yöntem, özellikle süreç iyileştirme ve optimizasyon çalışmalarında yaygın olarak uygulanır. Ayrıca, Taguchi yöntemleri, deney tasarımında daha az kaynakla daha fazla bilgi elde etmek için özgün bir yaklaşım sunar ve genellikle kalite mühendisliği uygulamalarında tercih edilir.

Bu tasarımlar, araştırmanın gerekliliklerine ve sistemin karmaşıklığına göre seçilerek, deneysel çalışmalarda etkili, ekonomik ve güvenilir sonuçlar elde etmeyi mümkün kılar [53].

5.4. Faktöriyel Deney Tasarımı

Faktöriyel deney tasarımı, birden fazla faktörün bağımlı değişken üzerindeki etkilerini ve bu faktörler arasındaki olası etkileşimleri eş zamanlı olarak incelemeye olanak tanıyan güçlü bir istatistiksel yöntemdir. Bu yöntem, bir sistemin veya sürecin karmaşık yapısını daha iyi anlamak amacıyla, faktörlerin tüm olası seviye kombinasyonlarını içeren sistematik bir yaklaşım sunar. Faktöriyel tasarım, sadece faktörlerin bağımsız etkilerini değil, aynı zamanda bu faktörlerin etkileşimlerini de belirleyebilmesiyle öne çıkar. Bu özellik, özellikle üretim süreçlerinin optimize edilmesi, kalite kontrol çalışmaları ve çok boyutlu problemlerin çözümü gibi alanlarda benzersiz bir avantaj sağlar.

Bu tasarım yöntemi, her bir faktörün birden fazla seviyede ele alındığı ve seviyelerin farklı kombinasyonlar halinde test edildiği deney düzenekleri oluşturur. Örneğin, iki faktörlü bir 2×3 faktöriyel tasarımda, her iki faktörün de tüm seviyeleri birbirleriyle eşleştirilerek deneyler yapılır. Bu, sistemin tepkisini daha kapsamlı bir şekilde değerlendirme ve doğru sonuçlara ulaşma imkânı tanır. Faktöriyel tasarımın en büyük avantajlarından biri, bütün gözlemlerden faydalanarak yanıt değişkeni üzerindeki etkilerin yanı sıra faktörler arası etkileşimlerin de tespit edilebilmesidir.

Ancak, faktör ve seviye sayısının artmasıyla birlikte, deney sayısının da katlanarak artması bu yöntemin uygulamasını daha maliyetli ve zaman alıcı hale getirebilir. Bu tür durumlarda, kesirli faktöriyel tasarım gibi daha az deneyle bilgi elde etmeye olanak tanıyan yöntemler tercih edilebilir. Faktöriyel deney tasarımı, özellikle bir sistemin tüm yönleriyle incelenmesi gerektiğinde, doğruluğu yüksek sonuçlar üretme yeteneği nedeniyle araştırmacılar için vazgeçilmez bir araçtır [54].

5.5. Faktöriyel Deney Tasarımı Çeşitleri

Faktöriyel deney tasarımı çeşitleri, süreç ve sistemlerin daha verimli bir şekilde analiz edilmesine olanak tanıyan çeşitli yaklaşımlar sunar. Özellikle farklı seviyelere ve etkileşimlere sahip parametrelerin etkilerini analiz etmek için kullanılan bu yöntemler, tam faktöriyel, kesirli faktöriyel ve Taguchi yöntemi gibi alt kategorilere ayrılır.

Tam Faktöriyel Deney Tasarımı, tüm faktörlerin ve seviyelerinin kombinasyonlarını içeren kapsamlı bir yöntemdir. Örneğin, iki faktör ve her bir faktör için iki seviyenin olduğu bir deneyde tüm olasılıkları test etmek için $2^2 = 4$ deney yapılır. Bu yöntem, her kombinasyonun etkisini analiz ederek eksiksiz bir değerlendirme sağlar, ancak faktör ve seviyelerin sayısının artmasıyla deney sayısı da hızla artarak maliyet ve zaman açısından dezavantaj yaratabilir.

Kesirli Faktöriyel Deney Tasarımı, tam faktöriyel tasarımın gerektirdiği büyük deney sayılarını azaltarak daha ekonomik bir çözüm sunar. Örneğin, tam faktöriyel tasarımda 128 deney gerektiren bir çalışmayı, kesirli bir yaklaşımla 64 ya da 32 deneyle gerçekleştirmek mümkündür. Bu tasarımda, deneylerin sayısını azaltmak için belirli kombinasyonlardan feragat edilse de temel etkiler ve etkileşimlerin analizi büyük ölçüde korunur.

Taguchi Yöntemi, kalite iyileştirme ve optimizasyon için kullanılan özel bir faktöriyel deney tasarımıdır. Bu yöntemde, faktörler arasındaki ilişkiler ve gürültü (kontrol edilemeyen) faktörlerin etkileri göz önünde bulundurularak, en az deneyle maksimum bilgi elde etmeyi hedefleyen ortogonal diziler kullanılır. Taguchi yöntemi, karmaşık üretim süreçlerinde, farklı seviyelerdeki parametrelerin optimum kombinasyonunu belirlemek için oldukça etkilidir.

Bu çeşitler, deney tasarımında maliyet, zaman ve doğruluk açısından farklı ihtiyaçlara cevap verirken, her biri araştırma hedeflerine uygun esneklik sağlar. Uygulama alanına ve analiz derinliğine göre en uygun yaklaşım seçilerek, süreçlerin etkin bir şekilde optimize edilmesine olanak tanınır.

5.6. 2^k Faktöriyel Deney Tasarımı ve Uygulama Süreci

Faktöriyel tasarım, deneysel araştırmalarda kullanılan temel ve etkili bir yöntemdir. Bu tasarım, k sayıda bağımsız değişkenin (faktörün) her birinin iki düzeyde (genellikle düşük ve yüksek seviyeler) incelenmesini sağlar. Bu, toplamda 2^k deney koşulunun (kombinasyonların) oluşturulması anlamına gelir. 2^k faktöriyel tasarım, özellikle sistematik bir şekilde değişkenlerin ana etkilerini ve etkileşimlerini analiz etmek isteyen araştırmacılar için idealdir.

Uygulama sürecinde, öncelikle faktörler ve bu faktörlere ait düzeyler belirlenir; ardından faktör düzeylerinin tüm kombinasyonlarını içeren bir deney planı oluşturulur. Elde edilen deneysel veriler, varyans analizi (ANOVA) veya regresyon modelleri gibi yöntemlerle analiz edilerek etkilerin büyüklüğü ve anlamlılığı değerlendirilir. Yöntem, değişkenler arasındaki ilişkilerin sistematik olarak incelenmesine, deney sayısının kontrol edilebilir düzeyde tutulmasına ve optimize edilmiş bir sistem tasarımına katkı sağlamasıyla öne çıkar. Ancak, faktör sayısının artmasıyla deney sayısının hızlı bir şekilde yükselmesi gibi sınırlamaları bulunmaktadır.

Örneğin, bir kimyasal süreçte, sıcaklık (x) ve basınç (u) gibi iki faktörün üretim verimliliği üzerindeki etkisini incelenirken öncelikle faktör düzeylerini belirlenir:

- Sıcaklık: Düşük (150°C), Yüksek (200°C).
- Basınç: Düşük (1 atm), Yüksek (2 atm).

Bu doğrultuda deneyin tasarım tablosu Tablo 5.1'deki gibi olacaktır.

Tablo 5.1 Örnek Deney Tasarımı

Sıcaklık (x)	Basınç (y)	Yanıt (Verimlilik)
-1	-1	Y1
-1	+1	Y2
+1	-1	Y3
+1	+1	Y4

Elde edilen yanıt verileri üzerinden, her faktörün ve etkileşimlerinin etkisi hesaplanabilir.

Faktöriyel tasarım, değişkenlerin etkilerinin sistematik olarak analiz edilmesine olanak tanıyan güçlü bir yöntemdir. Bilimsel ve teknolojik araştırmalarda bu tasarım, hem deneysel maliyetleri kontrol etmek hem de güvenilir sonuçlar elde etmek için sıkça tercih edilir [55].

6. UYGULAMA VE SONUÇLAR

6.1. Deney Tasarımı Kurgusu

5. bölümde değinilen deney tasarım metodolojisi BTC fiyatları, hacimleri ve yatırımcıların davranışlarını anlamlandırabilmek adına global ölçekte kripto varlıkların hareketlerini etkileyen olaylar üzerinden kurgulanmıştır.

Bu doğrultuda 2019 yılından başlamak üzere dünya genelinde etkisini gösteren olayların gerçekleştiği tarihlerden itibaren bir sonraki hafta içerisinde Bitcoin'in fiyatı, işlem hacmi ve davranışsal etkileri ele alınmıştır.

Olayın gerçekleştiği tarihten itibaren piyasa tepkisi, yatırımcı beklentisi ve piyasaların işleme açıklık durumuna göre fiyat ve işlem hacminde görülen etki bir günden fazla bir sürece yayılmıştır. Dolayısıyla sağlıklı verilere ulaşabilmek adına olayın gerçekleştiği günden itibaren takip eden ilk hafta veri ediniminde baz alınmıştır.

Öncelikle, deney tasarımı uygulamak için gerekli olan varsayım kontrolleri gerçekleştirilmiştir. Hata terimlerinin normal dağılıma uygunluğu Anderson-Darling testi ile kontrol edilmiştir. Buna göre hataların dağılımı normal dağılıma uygun bulunmuştur ($p > 0,05$). Ayrıca, varyansların homojenliği için Levene testi uygulanmış ve varyansların homojen olduğu tespit edilmiştir. ($p > 0,05$).

Ardından, 2 seviyeli ve belirtilen 3 faktöre dayalı gerçekleşmiş 16 olay ikiye bölünerek 2^3 faktöriyel tasarım yöntemi ile toplamda 2 tekrar üzerinden uygulama gerçekleştirilmiştir.

Faktöriyel Deney Tasarımı için ele alınan toplamda 16 adet olay ve gerçekleşme tarihi aşağıdaki tablo 6.1'de gösterilmiştir.

Tablo 6. 1 Deney Tasarımında Ele Alınan Olaylar ve Gerçekleşme Tarihleri

Olay	Tarih
Dünyada İlk Covid 19 Vakası	17.10.19
Covid 19'un Pandemi Olarak Resmi İlanı	12.03.20
George Floyd'un Öldürülmesi Sonucu ABD İç Karışıklıkları	25.05.20
Covid 19'a Karşı Uygulanan İlk Aşı	08.12.20
ABD Temsilciler Meclisi Baskını	01.06.21
Joe Biden'ın 46. ABD Başkanı Seçilmesi	20.01.21
Elon Musk'ın Spekülatif Doge Coin Tweeti	02.04.21
Rusya Ukrayna Savaşının Başlangıcı	24.01.22
Twitter'ın 44 Milyar \$ Bedelle Elon Musk Tarafından Satın Alınması	25.04.22
Türkiye Aracılığında Rusya Ukrayna Arasında Tahıl Sevkiyatı Uzlaşması	22.07.22
İsrail Hamas Savaşının Başlangıcı	07.10.23
Donald Trump'ın ABD Başkan Adaylığı	12.03.24
Donald Trump'a Suikast Girişimi	13.07.24
Amerikan Piyasalarında Resesyon Endişesi	03.08.24
Trump - Harris Seçim Oturumu	10.09.24
ABD Merkez Bankası FED'in 50 Baz Puan Faiz İndirim Kararı	18.09.24

İlgili 16 olay iki adet tekrara ayrılmış olup olayların gerçekleşmesini takip eden hafta içerisinde fiyat ya da hacim artışı (+), düşüşü ise (-) olarak belirtilmiş; olayın yatırımcı nezdinde yarattığı davranışsal etki ise olumlu ise (+) olumsuz ise (-) olarak iki ayrı seviyede değerlendirilmiştir.

Çalışmada 3. Faktör olarak yer alan davranışsal etki faktörü, Bitcoin nezdinde kripto varlık piyasasındaki uzman görüşü ve yatırımcı beklentileriyle paralel olarak olumlu algı üzerinde pozitif, olumsuz algı üzerinde ise negatif etki olarak değerlendirilmiştir.

Tasarımda uygulanan ilk tekrara yönelik seçilmiş ilk 8 olay Tablo 6.2'de gösterilmektedir.

Tablo 6. 2 Deney Tasarımı İlk 8 Olay

Olay (İlk 8)	Olayın Fiyata Etkisi (Faktör 1)	Olayın İşlem Hacmine Etkisi (Faktör 2)	Olayın Davranışsal Etkisi (Faktör 3)	GelecekHafta İçerisindeki Fiyat % Değişim (Y ₁)	Gelecek Hafta İçerisindeki İşlem Hacmi % Değişim (Y ₂)
Dünyada İlk Covid 19 Vakası	-1	1	-1	-8%	169%
Covid 19'a Karşı Uygulanan İlk Aşı	1	1	1	4%	81%
Rusya Ukrayna Savaşının Başlangıcı	1	-1	-1	3%	-31%
Twitter'ın 44 Milyar \$ Bedelle Elon Musk Tarafından Satın Alınması	-1	1	1	-5%	22%
İsrail Hamas Savaşının Başlangıcı	-1	-1	-1	-4%	-14%
Donald Trump'ın ABD Başkan Adaylığı	-1	-1	1	-11%	-19%
Donald Trump'a Suikast Girişimi	1	1	-1	13%	13%
ABD Merkez Bankası FED'in 50 Baz Puan Faiz İndirim Kararı	1	-1	1	5%	-42%

Büyük piyasa oyuncularının, medyatik etkinliği yüksek girişimcilerin, finans alanında otorite kabul edilen uzmanların kripto piyasası üzerindeki olumlu açıklamaları ve jeopolitik barış ve uzlaşma haberleri olayların gerçekleştiği tarihlerde yaşanan piyasa hareketleri ile gözlemlenerek yatırımcılarda olumlu bir etki bırakırken tam tersi karışt açıklamalar, savaş ya da jeopolitik gerginlikler yatırımcı nezdinde olumsuz bir etki bırakmıştır. Bu doğrultuda davranışsal etmenler olay sonrası yaşanan piyasa hareketleriyle de doğrulanarak davranışsal etki faktörü objektif bir bakış açısı ile geliştirilmiştir.

$2^3=8$ adet kombinasyonu veren olaylar kendi içlerinde incelenmiş ve mevcutta şekilde gösterilen tablodaki sonuçlara düzenlenmiş iki ayrı veri seti ile deney tasarımı tamamlanmıştır.

Tasarımın çıktıları olan fiyat ve hacim değişimleri (y_1) ve (y_2) olarak belirtilmiştir.

Deney tasarımıdaki seçilen ve ikinci tekrarı oluşturan ikinci 8 olay tablo 6.3'te gösterilmektedir.

Tablo 6. 3 Deney Tasarımı İkinci 8 Olay

Olay (İkinci 8)	Olayın Fiyata Etkisi (Faktör 1)	Olayın İşlem Hacmine Etkisi (Faktör 2)	Olayın Davranışsal Etkisi (Faktör 3)	Gelecek Hafta İçerisindeki Fiyat % Değişim (y_1)	Gelecek Hafta İçerisindeki İşlem Hacmi % Değişim (y_2)
Covid 19'un Pandemi Olarak Resmi İlanı	1	-1	-1	7%	-12%
George Floyd'un Öldürülmesi Sonucu ABD İç Karışıklıkları	1	1	-1	8%	29%
ABD Temsilciler Meclisi Baskını	-1	-1	-1	-1%	-11%
Joe Biden'ın 46. ABD Başkanı Seçilmesi	-1	1	1	-11%	40%
Elon Musk'ın Spekülatif Doge Coin Tweeti	1	1	1	20%	1%
Amerikan Piyasalarında Resesyon Endişesi	-1	1	-1	-11%	53%
Trump - Harris Seçim Oturumu	1	-1	1	4%	-1%
Türkiye Aracılığında Rusya Ukrayna Arasında Tahıl Sevkiyatı Uzlaşması	-1	-1	1	-52%	-1%

İlgili deney tasarımı tabloları Minitab uygulamasında çözümlenerek aşağıda yer alan sonuçlar oluşmuştur.

6.2. Fiyat Değişimi (y_1) Çıktısı İçin Faktöriyel Deney Tasarımı Çıktıları

y_1 değeri için tahmini etkiler ve katsayılar Tablo 6.4'te gösterilmektedir.

Tablo 6. 4 Fiyat Değişimi (y_1) Çıktısı İçin Faktörlerin Birbirleri ile Etkileşimi

<i>Term</i>	<i>Effect</i>	<i>Coef</i>	<i>SE Coef</i>	<i>T</i>	<i>P</i>
<i>Constant</i>		-0,02438	0,02818	-0,86	0,412
<i>A</i>	0,20875	0,10437	0,02818	3,70	0,006
<i>B</i>	0,07375	0,03687	0,02818	1,31	0,227
<i>C</i>	-0,06625	-0,03313	0,02818	-1,18	0,274
<i>A * B</i>	-0,00875	-0,00437	0,02818	-0,16	0,880
<i>A * C</i>	0,07125	0,03563	0,02818	1,26	0,242
<i>B * C</i>	0,08125	0,04062	0,02818	1,44	0,187
<i>A * B * C</i>	-0,07125	-0,03562	0,02818	-1,26	0,242

$$S = 0,112722 \quad R - Sq = 73,43\% \quad R - Sq(adj) = 50,18\%$$

Seçilen örnekleme, faktöriyel deney tasarımı kullanılarak y_1 çıktı değişkeni, A, B ve C faktörlerine bağlı olarak analiz edilmiş olup belirlenen kısıtlar doğrultusunda aşağıda belirtilen regresyon modeli elde edilmiştir.

$$y_1 = -0,02438 + 0,10437A + 0,03687B - 0,03313C$$

KISITLAR:

$$-1 \leq A \leq 1$$

$$-1 \leq B \leq 1$$

$$-1 \leq C \leq 1$$

Bu modelde sabit terim olan -0,02438 değeri, faktörler sıfır noktasında iken y_1 'in temel değerini ifade eder. A faktörü, pozitif katsayısıyla (+0,10437) modelde en güçlü etkiye sahiptir ve y_1 üzerinde anlamlı bir pozitif etki yaratmaktadır. A faktöründeki bir birimlik artış, y_1 değerini yaklaşık 0,104 birim artırmaktadır. Bu sonuç, A faktörünün çıktıyı iyileştirme potansiyelini ortaya koyar. Buna karşılık, B faktörü (+0,03687) daha küçük bir pozitif etkiye sahip olmasına rağmen istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p = 0,227$). C

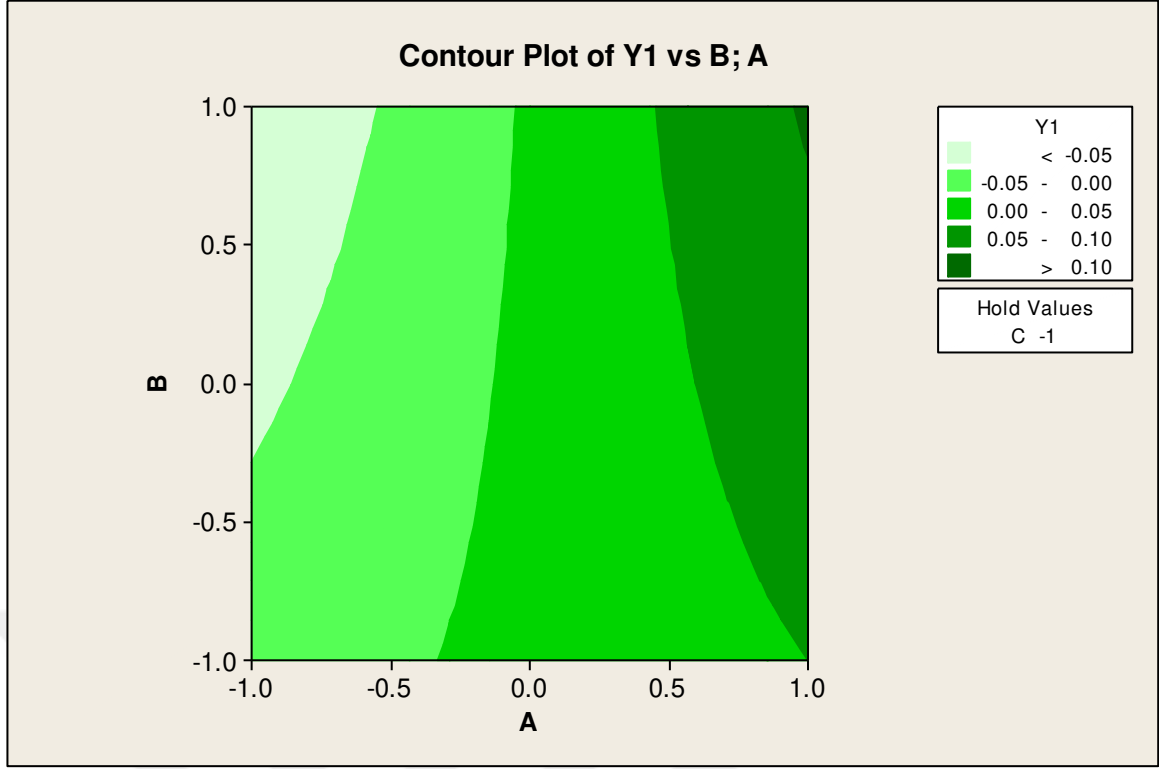
faktörünün katsayısı ise negatif çıkmıştır (-0,03313), bu da C faktöründeki artışların y_1 üzerinde hafif bir azalmaya neden olduğunu göstermektedir; ancak bu etkinin anlamlı olmadığı görülmektedir ($p = 0,274$).

Modelin çözülmesi ile oluşan ANOVA (Analysis of Variance) Tablosu Tablo 6.5'te yer almaktadır.

Tablo 6. 5 y_1 çıktısı için ANOVA Tablosu

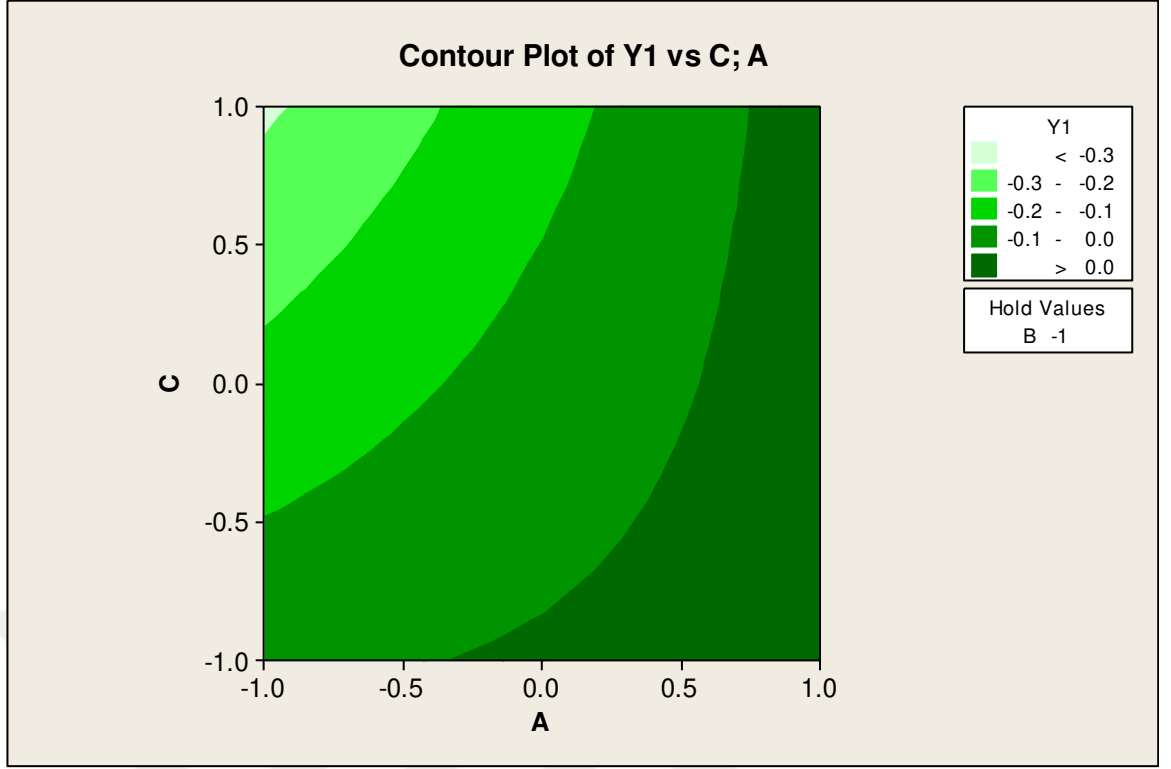
<i>Source</i>	<i>DF</i>	<i>Seq SS</i>	<i>Adj SS</i>	<i>Adj MS</i>	<i>F</i>	<i>P</i>
<i>Main Effects</i>	3	0,213619	0,213619	0,07121	5,60	0,023
<i>2 – Way Interactions</i>	3	0,047019	0,047019	0,01567	1,23	0,359
<i>3 – Way Interactions</i>	1	0,020306	0,020306	0,02031	1,60	0,242
<i>Residual Error</i>	8	0,101650	0,101650	0,01271		
<i>Pure Error</i>	8	0,101650	0,101650	0,01271		
<i>Total</i>	15	0,382594				

Varyans analizi (ANOVA) tablosunda faktörlerin ana etkileri istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p = 0,023$). Bu durum, ana etki faktörlerinin tek başına y_1 üzerinde gözle görülür bir etki yarattığını gösterir. Özellikle A faktörünün regresyon sonuçlarında da öne çıkması, bu faktörün y_1 üzerindeki belirleyici rolünü desteklemektedir. Ancak, faktörler arasındaki etkileşimler incelendiğinde iki yönlü (AB, AC ve BC) ve üç yönlü (AB*C) etkileşimlerin tamamının anlamlı olmadığı görülmektedir ($p > 0,05$). Bu bulgu, etkilerinin büyük ölçüde bağımsız olduğunu ifade eder.



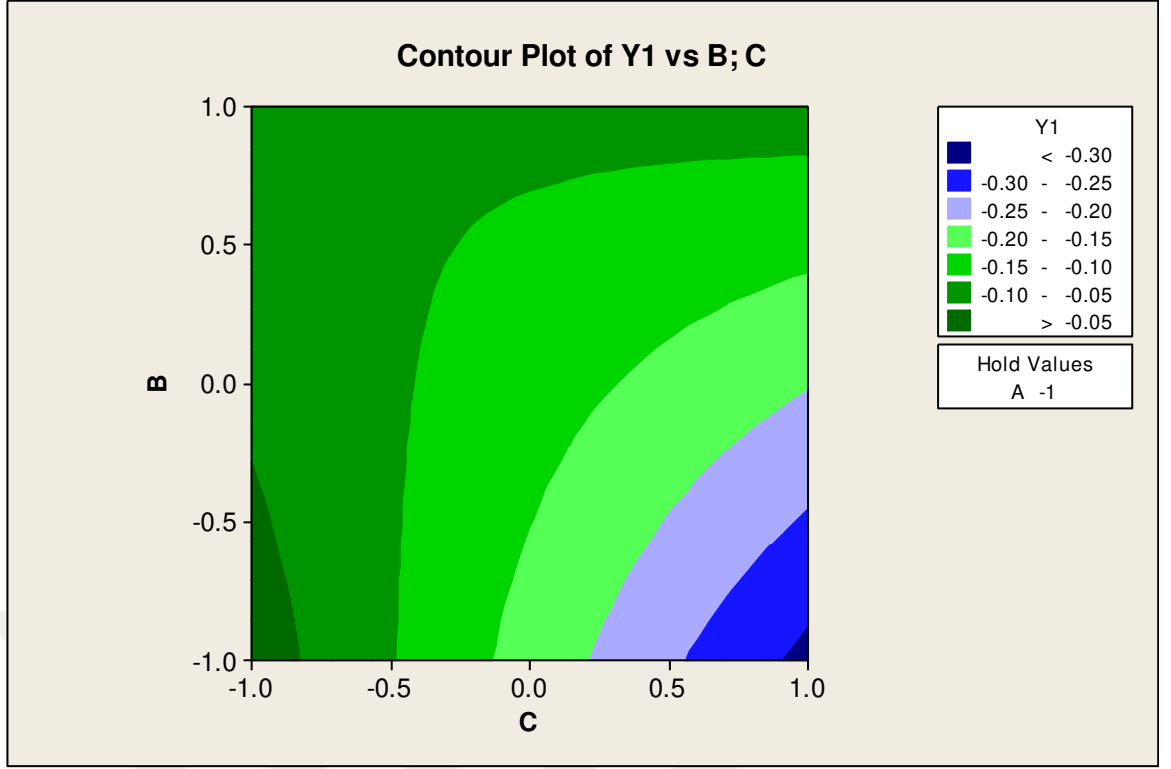
Şekil 6. 1 y_1 Çıktısı için A ve B Faktörlerinin Etkileşimi

Şekil 6.1’de B ve A faktörlerinin değişimi sırasında C faktörü sabit tutulmuştur. y_1 ’in değerleri grafikte gösterilen renk gradyanlarıyla ifade edilmektedir. Grafiğin incelenmesi sonucunda, A faktörü değerlerinin artması (pozitif yönlü hareketi), y_1 ’in değerini artırmaktadır. Bu sonuç, regresyon analizinde A faktörünün pozitif ve anlamlı bir etkiye sahip olduğunu desteklemektedir. Buna karşılık B faktörünün etkisi daha sınırlıdır; B’deki değişimler y_1 üzerinde daha küçük oynamalar yaratmaktadır.



Şekil 6. 2 y_1 Çıktısı için A ve C Faktörlerinin Etkileşimi

Şekil 6.2’de C ve A faktörleri değişirken B faktörü sabit tutulmuştur. A faktörünün y_1 üzerindeki pozitif etkisi yine belirgindir. C faktörü ise negatif etkiye sahiptir; C değerleri arttıkça y_1 ’in değerlerinde hafif bir azalma gözlenmektedir. Bu bulgu, regresyon modelindeki C katsayısının negatif çıkmasını desteklemektedir. Ancak bu etki istatistiksel olarak anlamlı değildir.



Şekil 6. 3 y_1 Çıktısı için B ve C Faktörlerinin Etkileşimi

Şekil 6.3'te ise B ve C faktörlerinin değişimi sırasında A faktörü sabit tutulmuştur. Grafik üzerinde B faktörünün etkisinin nispeten daha güçlü olduğu görülmektedir, ancak genel olarak y_1 'de büyük değişimler gözlenmemektedir. C'nin negatif etkisi, B'nin küçük pozitif etkisiyle bir miktar dengelenmektedir. Faktörler arasında belirgin bir etkileşim bulunmamakta, bu durum ANOVA analizindeki etkileşim terimlerinin anlamsız çıkmasını doğrulamaktadır.

Modelin performansı incelendiğinde, R-Sq değeri %73,43 olarak hesaplanmıştır. Bu değer, modelin y_1 değişkenindeki toplam varyansın yaklaşık %73'ünü açıkladığını gösterir ve modelin genel olarak veriyi iyi bir şekilde temsil ettiğine işaret eder. Ancak düzeltilmiş R-kare (R-Sq(adj)) değeri %50,18 olarak hesaplanmıştır. Düzeltilmiş R-kare değerinin daha düşük olması, modele dahil edilen bazı terimlerin açıklayıcı gücünün sınırlı olduğunu ve modelin karmaşıklığını artırarak performansı düşürdüğünü göstermektedir. Artık hata kareler toplamının düşük olması ($S = 0,112722$) ise modelin tutarlı bir uyum sağladığını, ancak tam doğrulukta olmadığını ifade eder.

Sonuç olarak, A faktörü y_1 üzerinde güçlü ve anlamlı bir etkiye sahipken, B ve C faktörlerinin etkisi daha sınırlıdır ve istatistiksel olarak anlamlı değildir. Faktörler arasındaki

etkileşimler önemli bir rol oynamamakta, faktörler bağımsız bir şekilde y_1 değişkenini etkilemektedir. Bu bağlamda, y_1 çıktı değerinin iyileştirilmesi için A faktörünün optimizasyonuna odaklanmak önem taşımaktadır. Modelin performansını daha da iyileştirmek için deneylerin tekrarlanması, örneklem sayısının artırılması ve gürültüyü azaltmak adına ek faktörlerin incelenmesi faydalı olacaktır.

6.3. Hacim Değişimi (y_2) Çıktısı İçin Faktöriyel Deney Tasarımı Çıktıları

y_2 değeri için tahmini etkiler ve katsayılar tablo 6.6'da gösterilmektedir.

Tablo 6. 6 Hacim Değişimi (y_2) Çıktısı İçin Faktörlerin Birbirleri ile Etkileşimi

<i>Term</i>	<i>Effect</i>	<i>Coef</i>	<i>SE Coef</i>	<i>T</i>	<i>P</i>
<i>Constant</i>		0,1731	0,09440	1,83	0,104
<i>A</i>	-0,2512	-0,1256	0,09440	-1,33	0,220
<i>B</i>	0,6737	0,3369	0,09440	3,57	0,007
<i>C</i>	-0,1438	-0,0719	0,09440	-0,76	0,468
<i>A * B</i>	-0,1488	-0,0744	0,09440	-0,79	0,453
<i>A * C</i>	0,2438	0,1219	0,09440	1,29	0,233
<i>B * C</i>	-0,1562	-0,0781	0,09440	-0,83	0,432
<i>A * B * C</i>	0,2562	0,1281	0,09440	1,36	0,212

$$S = 0,377583 \quad R - Sq = 71,33\% \quad R - Sq(adj) = 46,24\%$$

Seçilen örnekleme kullanılan y_2 çıktı değişkeni, A, B ve C faktörlerine bağlı olarak analiz edilmiş olup belirlenen kısıtlar doğrultusunda aşağıda belirtilen regresyon modeli elde edilmiştir.

$$y_2 = -0,1731 - 0,1256A + 0,3369B - 0,0719C$$

KISITLAR:

$$-1 \leq A \leq 1$$

$$-1 \leq B \leq 1$$

$$-1 \leq C \leq 1$$

Regresyon fonksiyonunda sabit terim 0,1731'dir ve faktör değerleri sıfır olduğunda y_2 'nin temel değerini temsil eder. Regresyon katsayılarının analizi yapıldığında, B faktörü (+0,369) pozitif ve en güçlü etkiye sahiptir. Bu durum, B faktöründe bir birimlik artışın y_2 üzerinde 0,3369 birimlik pozitif bir artışa neden olduğunu göstermektedir. Ayrıca, B faktörünün anlamlılık düzeyi $p = 0,007$ olup istatistiksel olarak anlamlıdır. ($p < 0,05$). B faktörünün y_2 üzerinde baskın bir rol oynadığı açıkça görülmektedir. Diğer yandan A faktörü (-0,1256) y_2 üzerinde negatif bir etkiye sahiptir; bu da A faktöründeki bir artışın y_2 değerini azaltma eğiliminde olduğunu ifade eder. Ancak, bu etkinin anlamlı olmadığı görülmektedir ($p = 0,220$). C faktörü (-0,0719) ise negatif etkiye sahiptir ve y_2 üzerinde küçük bir azalış yaratmaktadır. Ancak C faktörünün etkisi de istatistiksel olarak anlamlı değildir.

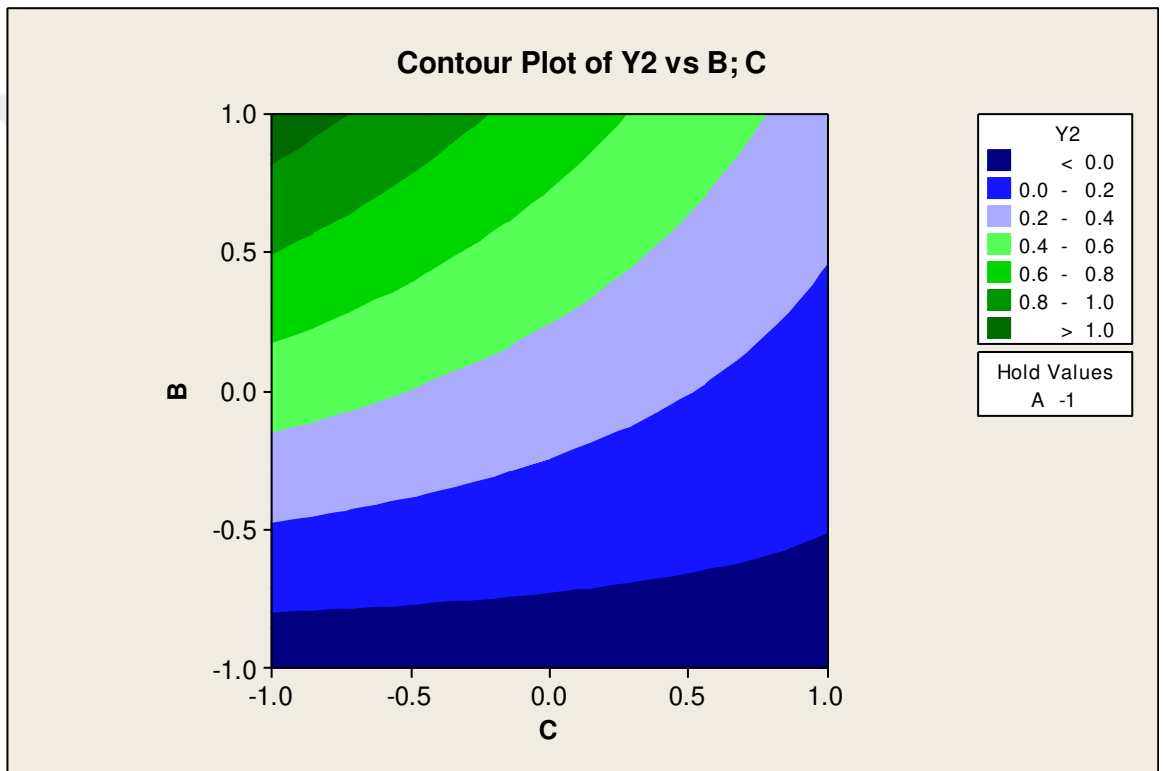
İkinci örneklem modelinin çözülmesi ile oluşan ANOVA (Analysis of Variance) Tablosu Tablo 6.7'de gösterilmektedir.

Tablo 6. 7 y_2 Çıktısı için ANOVA Tablosu

<i>Source</i>	<i>DF</i>	<i>Seq SS</i>	<i>Adj SS</i>	<i>Adj MS</i>	<i>F</i>	<i>P</i>
<i>Main Effects</i>	3	2,15092	2,15092	0,7170	5,03	0,030
<i>2 – Way Interactions</i>	3	0,42382	0,42382	0,1413	0,99	0,445
<i>3 – Way Interactions</i>	1	0,26266	0,26266	0,2627	1,84	0,212
<i>Residual Error</i>	8	1,14055	1,14055	0,1426		
<i>Pure Error</i>	8	1,14055	1,14055	0,1426		
<i>Total</i>	15	3,97794				

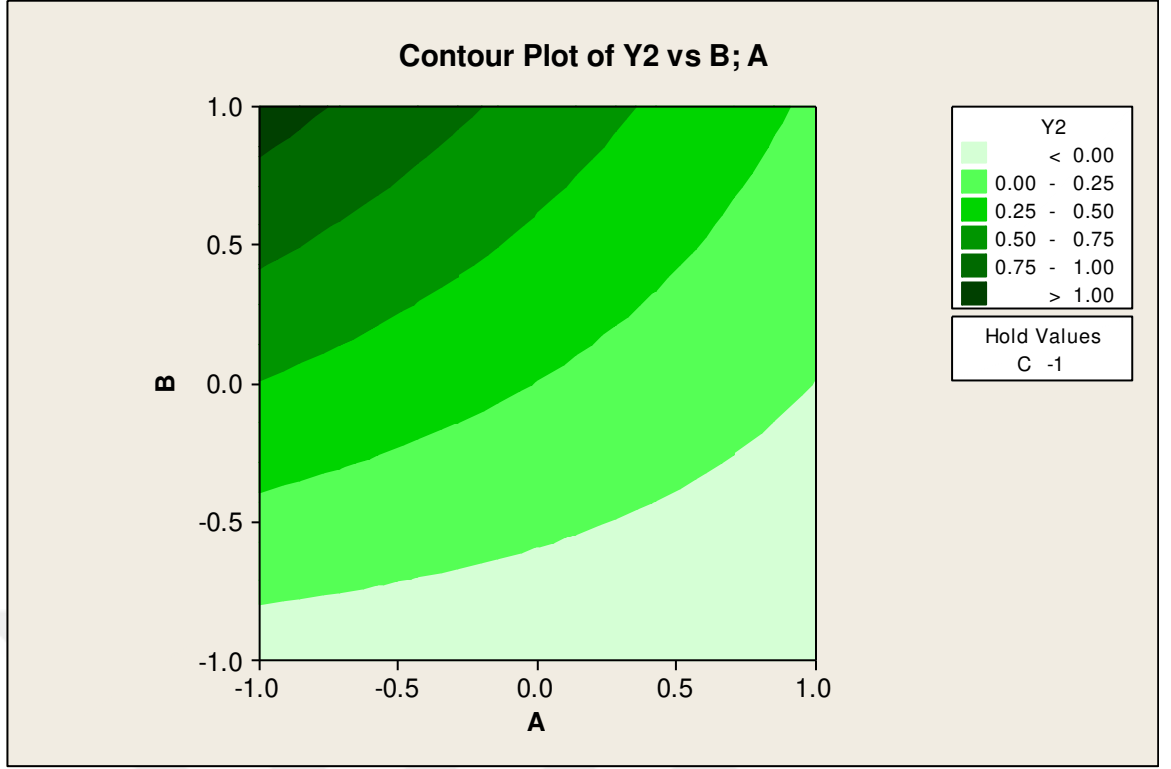
Önceki analizde olduğu gibi Varyans analizi (ANOVA) sonuçları faktörlerin ana etkilerini, iki yönlü ve üç yönlü etkileşimlerini detaylandırmaktadır. Ana etkiler için p değeri 0,030 olarak hesaplanmış ve bu değer anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$). Bu durum, Ana etki

faktörlerinden en az birinin y_2 üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Regresyon sonuçları incelendiğinde bu etkinin en büyük kısmının B faktörüne ait olduğu ortaya çıkmaktadır. Buna karşılık, faktörler arasındaki iki yönlü etkileşimlerin tamamı ($AB.AC.BC$) ve üç yönlü etkileşim ($AB*C$) istatistiksel olarak anlamlı çıkmamıştır ($p > 0,05$). İki yönlü etkileşimlerin p değerlerinin 0,445 civarında olması, faktörlerin birbirleriyle etkileşim halinde y_2 çıktısını anlamlı ölçüde değiştirmedini göstermektedir. Üç yönlü etkileşim için de benzer bir sonuç elde edilmiş, $p = 0,212$ değeriyle istatistiksel anlamlılık sağlanamamıştır.



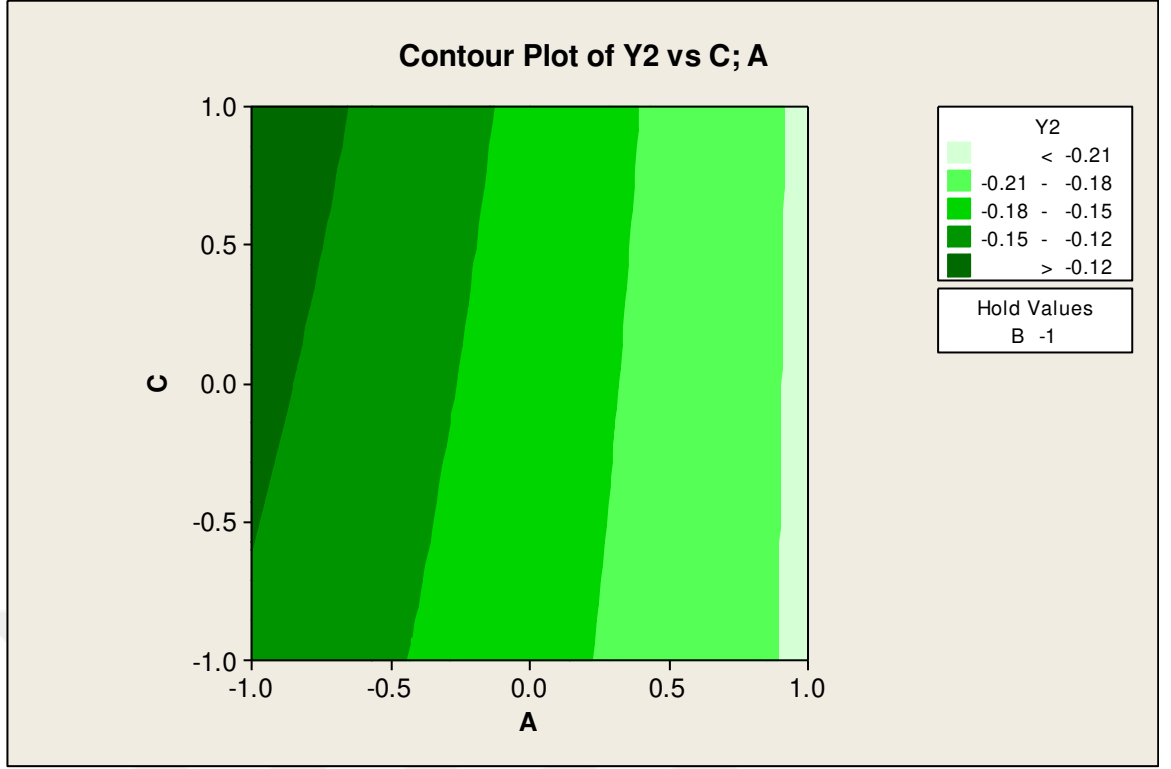
Şekil 6. 4 y_2 Çıktısı için B ve C Faktörlerinin Etkileşimi

Şekil 6.4'te B ve C faktörlerinin değişimi sırasında A faktörü sabit tutulmuştur. B faktörünün etkisi oldukça baskındır ve B arttıkça y_2 'nin değerlerinde güçlü bir artış gözlenmektedir. Bu sonuç, regresyon analizinde B faktörünün anlamlı ve pozitif etkisini desteklemektedir. C faktörü ise y_2 üzerinde negatif bir etkiye sahip olmakla birlikte, bu etki oldukça zayıftır.



Şekil 6. 5 y_2 Çıktısı için A ve B Faktörlerinin Etkileşimi

Şekil 6.5'te B ve A faktörlerinin değişimi sırasında C faktörü sabit tutulmuştur. Grafikte, B faktörünün güçlü ve pozitif etkisi bir kez daha net bir şekilde ortaya çıkmaktadır. A faktörü ise y_2 üzerinde küçük ve negatif bir etkiye sahiptir; A'nın artışı y_2 'nin değerlerini azaltma eğilimindedir, ancak bu etki sınırlıdır ve anlamlı çıkmamıştır.



Şekil 6. 6 y_2 Çıktısı için A ve C Faktörlerinin Etkileşimi

Şekil 6.6’da ise C ve A faktörleri değişirken B faktörü sabit tutulmuştur. A faktörünün y_2 üzerindeki negatif etkisi bu grafikte de görülmektedir. C faktörü ise küçük dalgalanmalar yaratmakta, ancak genel anlamda y_2 üzerinde belirgin bir etkiye sahip olmadığı anlaşılmaktadır.

Modelin performansı R-Sq değeri üzerinden değerlendirildiğinde, toplam varyansın %71,33’ünün regresyon modeli tarafından açıklandığı görülmektedir. Bu, modelin veriyi genel anlamda iyi temsil ettiğini gösterir. Ancak düzeltilmiş R^2 ($R - Sq(adj)$) değeri %46,24 olarak hesaplanmıştır. Bu düşüş, modele dahil edilen bazı faktör ya da etkileşim terimlerinin açıklayıcı gücünün sınırlı olduğunu ve modelin karmaşıklığını artırdığını ifade eder. Artık hata karelerinin standart sapması ($S = 0,377853$) görece yüksek bir seviyededir, bu da modelin verilerdeki değişkenliğin tamamını açıklayamadığını göstermektedir.

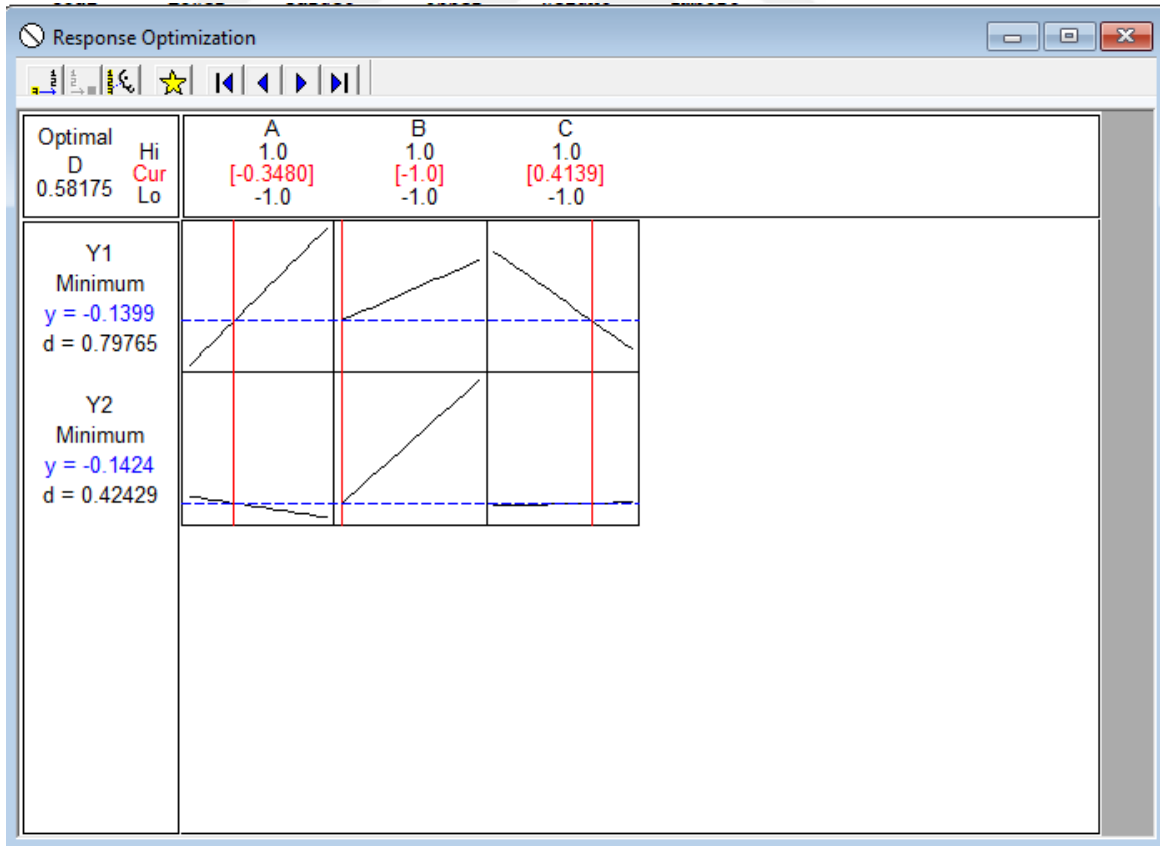
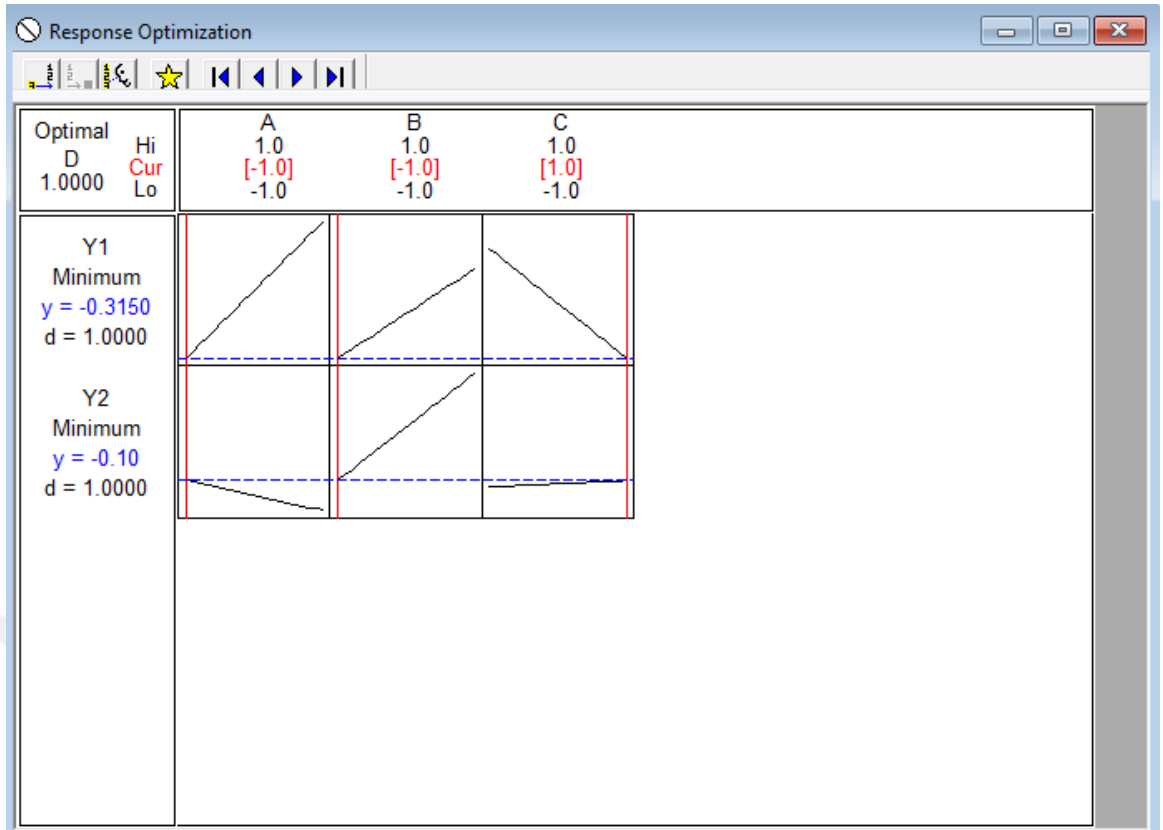
Sonuç olarak, B faktörü y_2 üzerinde en güçlü ve anlamlı etkiye sahip tek faktör olarak öne çıkmaktadır. Bu bağlamda, y_2 çıktısını iyileştirmek için B faktörüne odaklanılması büyük önem taşımaktadır. Diğer yandan A ve C faktörlerinin etkileri sınırlıdır ve istatistiksel olarak anlamlı değildir. Faktörler arası etkileşimlerin anlamsız çıkması ise faktörlerin

bağımsız olarak hareket ettiğini göstermektedir. Model performansını iyileştirmek adına, veri setinin genişletilmesi, deney tekrarlarının artırılması ve modelde yer almayan olası diğer faktörlerin araştırılması faydalı olacaktır. Bu şekilde modelin tutarlılığı ve açıklama gücü daha da geliştirilebilir.

y_1 ve y_2 için elde edilen kontur grafikleri, faktörlerin etkilerinin regresyon modelleri ve varyans analizleriyle tutarlı olduğunu göstermektedir. y_1 için A faktörü en baskın ve pozitif etkiye sahip faktördür. C'nin negatif etkisi gözlemlense de bu etki sınırlıdır ve istatistiksel olarak anlamlı değildir. B faktörünün etkisi ise orta düzeydedir. y_2 çıktısında ise B faktörünün pozitif ve güçlü etkisi görsel olarak doğrulanmaktadır. A ve C faktörlerinin etkisi y_2 üzerinde sınırlı kalmakta ve istatistiksel anlamlılık sağlamamaktadır.

6.4. Her İki Çıktının Minimum Olması Hedefiyle Optimum Sonuç

Bu bölümde, aşağıdaki sonuç optimizasyonu grafikleri üzerinden y_1 ve y_2 çıktı değişkenlerinin optimizasyon hedefleri doğrultusunda nasıl değiştiği detaylı bir şekilde analiz edilmiştir. y_1 ve y_2 'nin belirli kombinasyonlarla optimize edilmesi, faktörler (A, B, C) üzerinde kontrol sağlanarak açıklanmaktadır. Optimizasyon çalışması ile oluşan sonuçlar Şekil 6.7 ve 6.8'de gösterilmektedir.



Şekil 6. 7 Her İki Çıktının Minimum Olduğu Senaryo

Bu senaryoda, y_1 ve y_2 değerlerinin her ikisinin de minimum seviyelere indirilmesi amaçlanmaktadır.

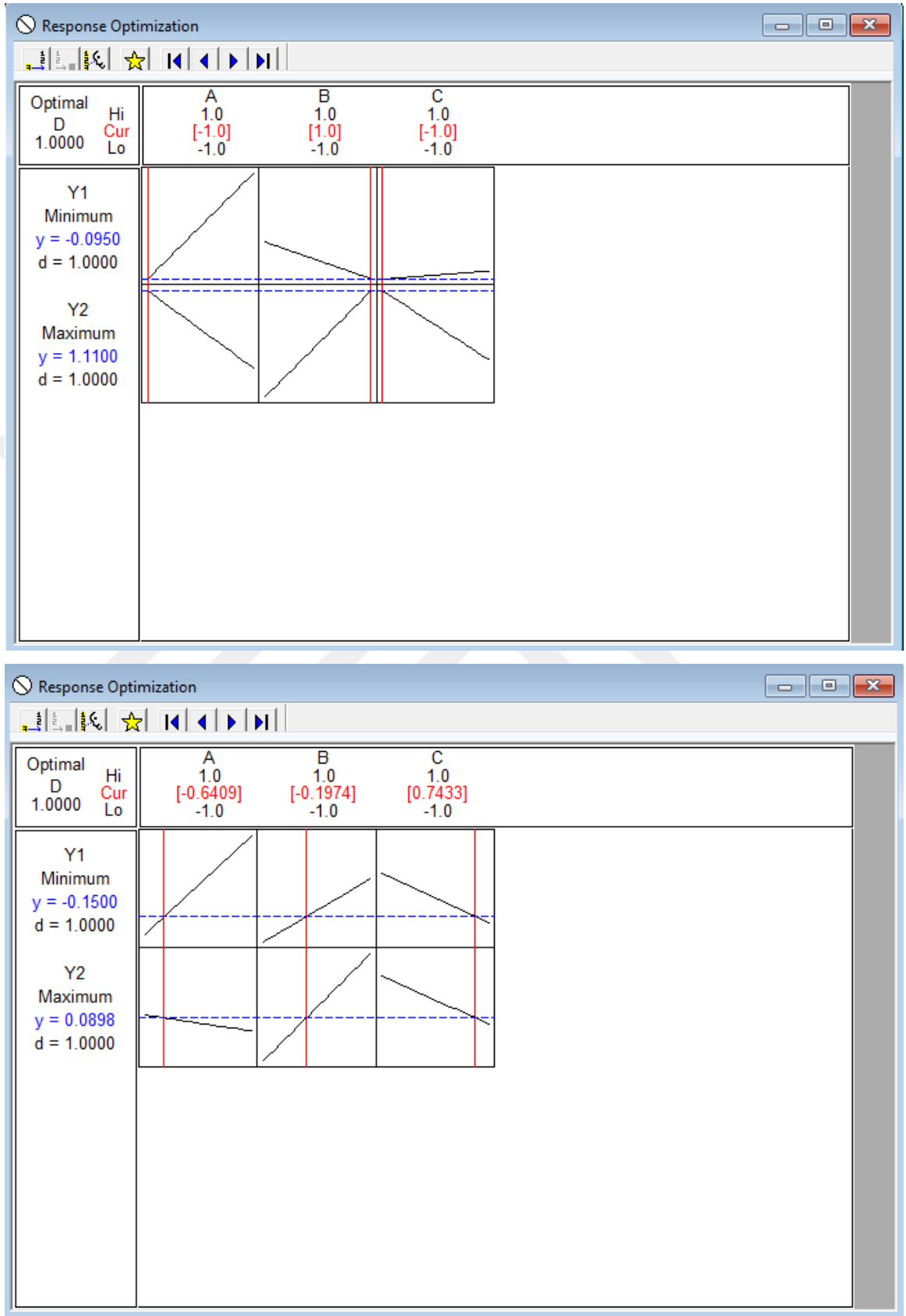
- A Faktörü: y_1 üzerinde baskın bir pozitif etkiye sahip olan A faktörünün düşük seviyelerde tutulması gerekmektedir. A'nın azaltılması, y_1 'i düşürmek için kritik bir stratejidir.

- B Faktörü: B faktörü y_2 üzerinde güçlü bir pozitif etkiye sahip olduğundan, y_2 'yi düşürmek için B faktörünün negatif değerlere çekilmesi gerekmektedir. Bu durum, B faktörünün optimizasyon stratejileri üzerindeki önemini bir kez daha göstermektedir.

- C Faktörü: C faktörünün etkisi sınırlı kalmakta ve bu senaryoda genellikle orta seviyelerde tutulmaktadır.

Bu senaryo, A ve B faktörlerinin düşük değerlerde optimize edilmesi durumunda y_1 ve y_2 'nin her ikisinin de minimum seviyelere indirilebileceğini göstermektedir.

6.5. y_1 Minimum ve y_2 Maksimum Optimizasyonu



Şekil 6. 8 y_1 'in Minimum y_2 'nin Maksimum Olduğu Senaryo

Çalışma kapsamında sunulan senaryolar ile elde edilen optimal faktör düzeyleri karşılaştırılmıştır.

Buna göre hem y_1 hem de y_2 'nin pozitif yönde minimum değerlerde elde edilebilmesi için (yani ekonomik genişleme olduğunda), fiyat ve hacim faktörlerinin azalması, davranışsal faktörün ise artması gerekmektedir.

Bu duruma örnek senaryo ise “Türkiye Aracılığında Rusya Ukrayna Arasında Tahıl Sevkiyatı Uzlaşması” dır.

Böyle bir sosyoekonomik olay gerçekleştiğinde olumlu bir etki, fiyat ve hacimde düşüş, psikolojide artış beklemek doğal olacaktır.

Öte yandan yine pozitif faktör yönünde bir durumda, fiyat ve psikolojinin düşmesi ve hacmin artması durumunda y_1 'in minimum, y_2 'nin maksimum olmasını sağlayacak optimal faktörler ortaya çıkabilmektedir.

Örneğin Amerika piyasalarında resesyon endişesi yaşanması durumunda psikoloji ve fiyat olumsuz etkilenecekken, hacimde ihtiyati bir genişleme olması doğaldır.

Negatif durumda (yani ekonomik daralma olduğunda), optimal faktör seviyelerinin uç değerlerden saptığı, yani gevşediği görülebilir.

Çalışmamızdaki faktör değerleri sürekli değişkenler olmadığı için doğrudan karşılıkları bulunamasa da bazı yorumlar yapılabilir.

Örneğin ekonomik daralma senaryosunda her iki çıktının da minimum olması hedeflendiğinde optimal faktör seviyeleri sırasıyla $A=-0,348$, $B=-1$ ve $C=0,4139$ olarak belirlenmektedir. Buna göre A ve C'nin -1 değerinden uzaklaşıp sıfır değerine yaklaştığı görülmektedir. Burada sıfır değerine ilişkin bir faktör düzeyi bulunmadığından A ve C faktörlerinin +1 düzeyine yaklaştığı varsayılarak optimal faktör düzeylerinin 1, -1, 1 ve örnek durum eşdeğeri olarak değerlendirilebileceği varsayılmaktadır.

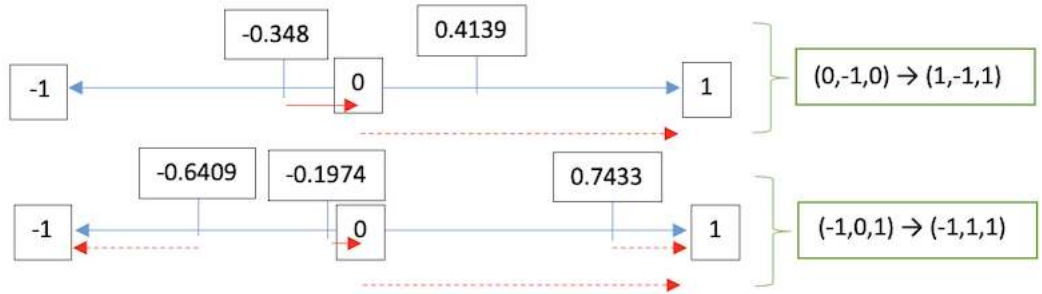
7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma, Bitcoin piyasasında fiyat ve hacim değişimlerinin yanı sıra yatırımcı psikolojisinin etkilerini analiz etmek amacıyla, faktöriyel deney tasarımı yaklaşımını kullanarak yürütülmüştür. Araştırma bulguları, piyasa hareketlerini anlamak ve öngörmek için geliştirilmiş olan modelin, ekonomik genişleme ve daralma koşullarına bağlı olarak piyasadaki değişimleri etkileyen faktörleri başarılı bir şekilde değerlendirdiğini göstermiştir.

Sonuçların karşılaştırıldığı veriler Tablo 7.1’de gösterilmektedir.

Tablo 7. 1 Sonuçların Karşılaştırması

Pozitif Yönlü Hareket	Her İki Çıktı Minimum	y_1 Minimum, y_2 Maksimum	Negatif Yönlü Hareket	Her İki Çıktı Minimum	y_1 Minimum, y_2 Maksimum
A (Fiyat)	-1↓	-1↓	A (Fiyat)	-0,348 ↔	-0,6409↓
B (Hacim)	-1↓	1↑	B (Hacim)	-1↓	-0,1974↔
C (Psikoloji)	1↑	-1↓	C (Psikoloji)	0,4139↑	0,7433↑
Örnek Olay 1	Türkiye Aracılığıyla Rusya – Ukrayna Tahıl Anlaşması	Amerikan Piyasalarında Resesyon Korkusu	Örnek Olay 1	ABD Merkez Bankası (FED)’in 50 Baz Puan Faiz İndirimi	Joe Biden’ın 46. ABD Başkanı Seçilmesi
Örnek Olay 2	Donald Trump’ın ABD Başkan Adaylığı	Dünya Geneline İlk Covid 19 Vakası	Örnek Olay 2	Trump-Harris Seçim Oturumu	Twitter’ın 44 Milyar Dolar Bedelle Elon Musk Tarafından Satın Alınması
Örnek Olay 3			Örnek Olay3	ABD Temsilciler Meclisi Baskını	Çin’in Kripto Madenciliğini Yasaklaması



7.1.Örnek Optimizasyon Sonuçları ve Gerçek Hayattan Örnekler

Tablo 7.1’de yer alan optimizasyon sonuçlarında sıfıra yakın değerlere sahip iki örnek olay dikkat çekmiştir:

7.1.1. (0,-1,0) Durumu

Bu kombinasyon, fiyatın durgun, hacmin düşük ve psikolojinin durgun olduğu bir piyasa koşulunu temsil etmektedir. Gerçek hayatta bu duruma örnek olarak, ABD Merkez Bankası’nın (FED) faiz oranlarını 50 baz puan düşürme kararı verilebilir. Bu karar, yatırımcı psikolojisi ve fiyatlar üzerinde belirgin bir etki yaratmazken, hacimde belirgin bir düşüşe neden olmuştur. Bu durum, piyasada genel bir durgunluk ve belirsizliğin hâkim olduğu bir dönemi yansıtmaktadır. Bu duruma bir diğer örnek ise ABD’de 2021 yılında Temsilciler Meclisi baskınıdır. Baskın, Bitcoin fiyatlarında önemli bir değişikliğe yol açmamış ancak piyasa hacminde bir düşüş gözlemlenmiştir. Olayın ani gelişmesi ve finansal sistem üzerinde doğrudan bir etkisinin olmaması nedeniyle yatırımcı psikolojisi genel anlamda durgun kalmıştır. Bu durum, piyasaların siyasi olaylara duyarlılığının sınırlı kaldığı bir örnek olarak değerlendirilebilir.

7.1.2. (-1,0,1) Durumu

Bu kombinasyon ise, fiyatın düşük, hacmin durgun ve psikolojinin yüksek olduğu bir piyasa koşulunu ifade etmektedir. Bu senaryo, Elon Musk’ın Twitter’ı 44 milyar dolara satın alma duyurusu ile ilişkilendirilebilir. Bu olay, Bitcoin fiyatlarında bir düşüş yaratmış ancak işlem hacmini korumuş ve yatırımcılar arasında olumlu bir davranışsal etki bırakmıştır. Bu durum, piyasa davranışlarının bireysel liderlerin etkisiyle nasıl şekillenebileceğini göstermektedir. Fiyat düşüşü ve hacimdeki durgunluğun yanı sıra yatırımcı psikolojisindeki olumlu etkinin bir başka gerçek hayat örneği ise 2021 yılında Çin tarafından kripto madenciliğinin tamamen yasaklanmasıydı. Bu durum, Bitcoin fiyatlarının kısa vadede düşüşüne neden olurken, küresel piyasalarda hacim büyük ölçüde sabit kaldı. Ancak, yatırımcı psikolojisi uzun vadede olumlu etkilendi çünkü madencilik faaliyetleri Çin dışındaki bölgelere yayılarak Bitcoin’in merkeziyetsiz yapısını güçlendirdi.

Bu çalışma, Bitcoin piyasasında fiyat, işlem hacmi ve yatırımcı psikolojisi arasındaki karmaşık etkileşimleri incelemek amacıyla faktöriyel deney tasarımı yaklaşımını kullanmıştır. Bulgular, fiyat hareketlerinin genellikle ekonomik faktörlerin etkisi altında şekillendiğini, işlem hacimlerinin ise yatırımcıların piyasa belirsizliklerine verdiği tepkilerle belirlendiğini göstermektedir. Davranışsal faktörler ise piyasanın genel istikrarını ve yatırımcı davranışlarını uzun vadede etkileyen bir dinamik olarak öne çıkmaktadır. Küresel olayların (örneğin pandemi, siyasi gelişmeler, ekonomik krizler) Bitcoin fiyatları ve işlem hacimleri üzerinde hem kısa hem de uzun vadeli etkiler yarattığı tespit edilmiştir. Bu bağlamda, piyasa hareketlerinin doğru bir şekilde analiz edilmesi, fiyat ve hacim dinamiklerinin daha iyi anlaşılmasını sağlayarak yatırım kararlarının daha bilinçli alınmasına olanak tanıyabilir.

Modelin literatüre en önemli katkılarından biri sosyo-ekonomik olayları fiyat, hacim ve davranışsal faktörlerle ilişkilendirerek fiyat-hacim etkisini belirleyip BTC piyasasının yorumlanmasına katkı sağlayabilmesidir. Yani bir sosyo-ekonomik olay fiyat, hacim ve davranışsal faktörler açısından -1 veya +1 rakamları arasında sayısal olarak tanımlanabiliyorsa, regresyonla fiyat ve hacim bazında BTC piyasasındaki trend tahmin edilebilir.

Çalışmada geliştirilen model, Bitcoin piyasasının farklı dinamiklerini anlamak ve yatırım kararlarına rehberlik etmek için kullanılabilir. Piyasa belirsizliğini artıran olaylar karşısında yatırımcıların risk yönetimi stratejilerini güçlendirmesi önemlidir. Bu kapsamda, olay bazlı analizlerin yapılması, fiyat ve hacim hareketlerini öngörmeye etkili bir araç olacaktır. Ayrıca, davranışsal faktörlerin piyasa davranışları üzerindeki rolü dikkate alınarak, yatırımcı duyarlılığını izlemek için sosyal medya ve haber akışı gibi göstergeler kullanılabilir. Regülasyonların piyasa üzerindeki etkileri üzerine daha fazla çalışma yapılması, özellikle yatırımcılar için güvenilir bir piyasa ortamı oluşturulmasına katkı sağlayabilir. Gelecekte daha geniş veri setleriyle tekrarlanan analizler ve yapay zekâ tabanlı modellerin kullanımı, piyasa dinamiklerinin daha ayrıntılı incelenmesine olanak sağlayarak bu alandaki bilgi birikimini artıracaktır.

KAYNAKLAR

- [1] M. Fidan, S. Dilek ve A. Esev, “Dünden Bugüne Paranın Tarihi ve Türkiye’de Kâğıt Para Kullanımı,” Sosyal Bilimler Dergisi, c. 9, sa. 18, ss. 141-162, 2019.
- [2] F. Ceylan, R. Ekinci, O. Tüzün ve H. Kahyaoğlu, “Kripto Para Piyasasında Balonların Tespiti: Bitcoin ve Ethereum Örneği,” Business & Management Studies: An International Journal, c. 6, sa. 3, ss. 263-274, 2018.
- [3] C. Kızıl, G. S. Hanişoğlu ve T. Aslan, Kripto Paraların Finansal Piyasalara Etkisi ve Muhasebeleştirilmesi. Ankara: Ekin Yayınları, 2019.
- [4] H. Doğan, İslam Hukuku Açısından Kripto Paralara ve Blockchain Teknolojisi, ss. 26-27.
- [5] O. B. Çağlar, Dijital Varlık Ekonomisi, s. 83.
- [6] O. B. Çağlar, Dijital Varlık Ekonomisi, ss. 88-89.
- [7] Nakamoto Institute, “Bitcoin and Me,” 29 Kasım 2020. [Çevrimiçi]. Erişim adresi: <https://nakamotoinstitute.org/bitcoin-and-me/>
- [8] Ş. Dilek, Blockchain Teknolojisi ve Bitcoin. Analiz, SETA (Siyaset, Ekonomi ve Toplum).
- [9] K. Ashford ve F. Powell, “What is Bitcoin and how does it work?” 2022.
- [10] A. S. Hayes, “Cryptocurrency Value Formation: An Empirical Study Leading to A Cost of Production Model for Valuing Bitcoin,” Telematics and Informatics, c. 34, ss. 1309, 2017.
- [11] S. Foley, B. Frijns, A. Garel ve T.-Y. Roh, “Who Buys Bitcoin? The Cultural Determinants of Bitcoin Activity,” International Review of Financial Analysis, ss. 7, 2022.

- [12] A. Ceylan ve T. Korkmaz, Borsada Uygulamalı Portföy Yönetimi. İstanbul: Ekin Kitapevi Yayınları, 1998, ss. 377.
- [13] E. E. Members, Dictionary of Economics and Business. New Jersey: Littlefields, Adams Co., 1976, ss. 334.
- [14] A.G. Christy ve R. M. Tullis, “How Much International Exposure is Advantageous in a Domestic Portfolio,” Journal of Portfolio Management, c. 25, sa. 2, ss. 33-34, 1999.
- [15] V. Akel, “Ders Notu: Portföy Performansının Değerlendirilmesi,” Kayseri: Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Ders Notu, 2006.
- [16] F. Amling, Investments: An Introduction to Analysis and Management. New Jersey: Prentice-Hall, 1988, ss. 780.
- [17] S. Büker, Hisse Senetlerini Değerleme Yöntemleri. Anadolu Üniversitesi İktisadi ve Ticari İlimler Akademisi, Doktora Tezi, Eskişehir, 1976, ss. 160.
- [18] J. L. Bower ve C. M. Christensen, “Disruptive technologies: Catching the wave,” Harvard Business Review, c. 73, sa. 1, ss. 43-53, 1995.
- [19] F. Yetiz ve A. E. Ünal, “Finansal yeniliklerin gelişimi ve Türk Bankacılık Sektörüne Etkileri,” Kastamonu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, c. 20, sa. 4, ss. 118-135, 2018.
- [20] E. Küçükköseleci, “Teknolojik gelişmelerin insan kaynakları yönetimi uygulamalarına etkisi ve bir araştırma,” Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, 2009.
- [21] S. Nakamoto, Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System, 2008.
- [22] S. E. Durbilmez ve S. Y. Türkmen, “Blockchain teknolojisi ve Türkiye finans sektöründeki durumu,” Finans Ekonomi ve Sosyal Araştırmalar Dergisi, ss. 30-45, 2019, doi: 10.29106/fesa.509254.

- [23] M. Hooper, “Top five blockchain benefits transforming your industry,” IBM Supply Chain and Blockchain Blog. <https://www.ibm.com/think/insights/top-five-blockchain-benefits-transforming-your-industry> Erişim tarihi: 05 Mart 2023.
- [24] İ. Kırbaş, “Blokzinciri teknolojisi ve yakın gelecekteki uygulama alanları,” Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, c. 9, sa. 1, ss. 75-82, 2018, doi: 10.29048/makufebed.365066.
- [25] H. Alpago, “Bitcoin’den Selfcoin’e kripto para,” Journal of International Scientific, c. 3, sa. 2, ss. 411-428, 2018, doi: 10.21733/ibad.419462.
- [26] M. Rauchs, A. Blandin, K. Klein ve G. C. Pieters, 2nd Global Cryptoasset Benchmarking Study, SSRN Electronic Journal, 2018, doi: 10.2139/ssrn.3306125.
- [27] A. J. McNeil, R. Frey ve P. Embrechts, Quantitative Risk Management: Concepts, Techniques and Tools – Revised Edition. Princeton, NJ: Princeton University Press, 2005
- [28] H. F. Kloman, “Risk Management Agonistes 1,” Risk Analysis, c. 10, sa. 2, ss. 201-205, 1990.
- [29] A. J. McNeil, R. Frey ve P. Embrechts, Quantitative Risk Management: Concepts, Techniques and Tools – Revised Edition. Princeton, NJ: Princeton University Press, 2005.
- [30] J. Longestaey ve M. Spencer, Riskmetrics™–Technical Document (4th ed.). New York: Morgan Guaranty Trust Company of New York, 1996.
- [31] H. Markowitz, “Portfolio selection,” The Journal of Finance, c. 7, sa. 1, ss. 77-91, 1952.
- [32] D. G. Luenberger, Investment Science. Oxford, UK: Oxford University Press, 1997.
- [33] H. Markowitz, “Portfolio selection,” The Journal of Finance, c. 7, sa. 1, ss. 77-91, 1952.

- [34] S. Benninga, Financial Modelling. MIT Press, ss. 355-356, 2008.
- [35] R. O. Michaud, "The Markowitz Optimization Enigma: Is Optimized Optimal," Financial Analysts Journal, c. 45, sa. 1, ss. 31-32, 1989.
- [36] J. Norsras, "Portfolio Optimization Part 2 - Constrained Portfolios," Northwestern University, 3 Kasım 2011.
- [37] H. Genel, "Genetik Algoritmalarla Portföy Optimizasyonu," Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı, Ankara, 2004, ss. 86
- [38] F. J. Fabozzi, F. Gupta ve H. M. Markowitz, "The Legacy of Modern Portfolio Theory," Journal of Investing, c. 11, sa. 3, ss. 7-22, 2002.
- [39] V. K. Chopra ve W. T. Ziemba, "The Effect of Errors in Means, Variances and Covariances on Optimal Portfolio Choice," Journal of Portfolio Management, c. 19, sa. 2, ss. 6-11, 1993.
- [40] Y. Ma, F. Ahmad, M. Liu ve Z. Wang, "Portfolio optimization in the era of digital financialization using cryptocurrencies," Technological Forecasting & Social Change, c. 161, s. 120265, Ağustos 2020, doi: 10.1016/j. techfore.2020.120265.
- [41] A. Som and P. Kayal, "A multicountry comparison of cryptocurrency vs gold: Portfolio optimization through generalized simulated annealing," Blockchain: Research and Applications, vol. 3, p. 100075, 2022, doi: 10.1016/j. bcra.2022.100075.
- [42] Baur, D. G., & Hoang, L. T. (2021). "A crypto safe haven against Bitcoin," Finance Research Letters, vol. 38, p. 101431, doi: 10.1016/j. frl.2020.101431.
- [43] James, N., and Menzies, M. (2020). "Volatility estimation in cryptocurrency markets," Journal of Economic Dynamics and Control, vol. 116, p. 103900, doi: 10.1016/j. jedc.2020.103900.

- [44] Brauneis, A., and Mestel, R., “Cryptocurrency-portfolios in a mean-variance framework,” *Finance Research Letters*, vol. 28, pp. 259–264, 2019, doi: 10.1016/j.frl.2018.05.008.
- [45] H. Abdollahi, S. L. Fjesme, and E. Sirnes, “Measuring market volatility connectedness to media sentiment,” *The North American Journal of Economics and Finance*, vol. 71, p. 102091, 2024. DOI: 10.1016/j.najef.2024.102091.
- [46] M. Della Peruta, “Adoption of mobile money and financial inclusion: A macroeconomic approach through cluster analysis,” *Economic Innovation and New Technology*, vol. 27, no. 2, pp. 154–173, 2018, doi: 10.1080/10438599.2017.1322234.
- [47] Ehrentraud, J., Ocampo, D., Garzoni, L., & Piccolo, M. (2020). “Policy responses to fintech: a cross-country overview.” *Financial Stability Institute Insights on Policy Implementation*, no. 23, Bank for International Settlements, Jan. 2020.
- [48] A. Jankovic, G. Chaudhary, and F. Goia, “Designing the design of experiments (DOE) – An investigation on the influence of different factorial designs on the characterization of complex systems,” *Energy and Buildings*, vol. 250, p. 111298, 2021, doi: 10.1016/j.enbuild.2021.111298.
- [49] M. Kreutz, A. Ait Alla, K. Varasteh, M. Lütjen, M. Freitag, and K.-D. Thoben, “Investigation of icing causes on wind turbine rotor blades using machine learning models, minimalistic input data and a full-factorial design,” *Procedia Manufacturing*, vol. 52, pp. 168-173, 2020, doi: 10.1016/j.promfg.2020.11.030.
- [50] Y. El-Taybany, M. Hossam, and H. El-Hofy, “Experimental investigation of ultrasonic-assisted milling of soda glass using factorial design of experiments,” *Procedia CIRP*, vol. 58, pp. 381-386, 2017, doi: 10.1016/j.procir.2017.03.238.
- [51] D. C. Montgomery, *Design and Analysis of Experiments*, 9th ed., Hoboken, NJ, USA: Wiley, 2017, pp. 1–50.

- [52] D. C. Montgomery, Design and Analysis of Experiments, 9th ed., Hoboken, NJ, USA: Wiley, 2017, pp. 171–200.
- [53] D. C. Montgomery, Design and Analysis of Experiments, 9th ed., Hoboken, NJ, USA: Wiley, 2017, pp. 305–350.
- [54] I. Özdemir, “Kesirli Faktöriyel Tasarım ve Taguchi Yönteminin Kompozit Malzeme Üretimi Üzerine Uygulanması”, Yüksek Lisans Tezi, İstatistik Anabilim Dalı, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun, Türkiye, 2018.
- [55] B. Gökçe and S. Taşgetiren, “Kalite için Deney Tasarımı,” Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi, vol. 6, no. 1, pp. 71-83, 2009.