

T.C.
MUĞLA SITKI KOÇMAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MATEMATİK ANABİLİM DALI

POLİTİKA FAİZ KARARLARININ BAZI BİST 100
SEKTÖRLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN GÖRÜNÜRLÜK
GRAFİ İLE ANALİZİ

DENİZ RÜMEYSA ERDOĞAN

YÜKSEK LİSANS

HAZİRAN 2025

MUĞLA

MUGLA SITKI KOÇMAN ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü

TEZ ONAYI

DENİZ RÜMEYSA ERDOĞAN tarafından hazırlanan **POLİTİKA FAİZ KARARLARININ BAZI BİST 100 SEKTÖRLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN GÖRÜNÜRLÜK GRAFI İLE ANALİZİ** başlıklı tezinin, 16/06/2025 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Matematik Anabilim Dalı'nda yüksek lisans derecesi için gerekli şartları sağladığı oybirliği/oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

TEZ SINAV JURİSİ

Doç. Dr. Ömer AKGÜLLER (**Jüri Başkanı**)

Matematik Anabilim Dalı,
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

İmza:

Prof. Dr. Mehmet Ali BALCI (**Danışman**)

Matematik Anabilim Dalı,
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

İmza:

Doç. Dr. Erbil ÇETİN (**Üye**)

Matematik Anabilim Dalı, Ege Üniversitesi, İzmir

İmza:

ANA BİLİM DALI BAŞKANLIĞI ONAYI

Prof. Dr. Mustafa GÜLSU

Matematik Ana Bilim Dalı Başkanı,
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

İmza:

Prof. Dr. Mehmet Ali BALCI

Danışman, Matematik Anabilim Dalı,
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

İmza:

Savunma Tarihi: 16/06/2025

Kendi gerçekleştirdiğim araştırmanın bir sonucu olan ve Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kılavuzuna göre yazılan ‘‘Politika Faiz Kararlarının Bazı BIST 100 Sektörleri zerindeki Etkisinin Görünürlük Grafi ile Analizi’’ başlıklı bu yüksek lisans tezinin planlanmasından yazımına kadar tüm süreçlerde etik ilkelere bağlı kaldığımı, tezime ilişkin bilgi ve belgeleri akademik ve bilimsel etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, tezimde kullandığım tüm görsel ve yazılı materyallerin kaynağını gösterdiğimi, yararlandığım eserlerin tümünün kaynaklar bölümünde yer aldığını ve bu tez çalışmasında herhangi bir yapay zeka aracı kullanılmadığını beyan ederim.

16/06/2025

Deniz Rümeysa ERDOĞAN

ÖZET
POLİTİKA FAİZ KARARLARININ BAZI BİST 100 SEKTÖRLERİ
ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN GÖRÜNÜRLÜK GRAFI İLE ANALİZİ

Deniz Rümeyisa ERDOĞAN

Yüksek Lisans Tezi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Matematik Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mehmet Ali BALCI

Haziran 2025, 64 sayfa

Bu çalışmada, TCMB politika faiz kararlarının BIST 100 sektörleri üzerindeki etkileri görünürlük grafi tekniği kullanılarak analiz edilmiştir. Elde edilen bulgular, korelasyon analizi, Granger nedensellik testi ve derin öğrenme modelleri gibi diğer analiz teknikleriyle desteklenmiştir. Araştırmada Bankalar, Mali, Hizmet, GMYO, Sanayi ve Teknoloji sektörleri incelenmiştir. Bulgular, politika faizindeki değişikliklerin gecikmeli olmakla birlikte öncelikle finansal sektörler üzerinde etkili olduğunu, daha sonra reel sektörleri etkilediğini ortaya koymuştur. Bununla birlikte politika faizindeki değişikliklerin, sektörler üzerindeki doğrudan etkisinin oldukça düşük olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, sektörlerin birbirleriyle entegre bir yapıda olduğu ve sektörel ayrışmanın sınırlı kaldığı gözlemlenmiştir. Bu çalışmayla, politika faizi ve sektörler arasındaki ilişki ilk kez görünürlük grafi tekniğiyle analiz edilerek, zaman serisi analizinde ağ teorisi yaklaşımlarının uygulanabilirliği gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Görünürlük Grafi, Graf Çekirdeği, Zaman Serileri Analizi

ABSTRACT

ANALYSIS OF THE IMPACT OF POLICY RATE DECISIONS ON BIST 100 SECTORS WITH VISIBILITY GRAPH

Deniz Rümeysa ERDOĞAN

Master of Science (M.Sc.)

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mathematics

Supervisor: Prof. Dr. Mehmet Ali BALCI

June 2025, 64 pages

In this study, the effects of the CBRT policy interest rate decisions on BIST 100 sectors were analyzed using the visibility graph technique. The findings were supported by other analytical techniques such as correlation analysis, Granger causality test, and deep learning models. The sectors examined include Banks, Financial, Services, REITs, Industry, and Technology sectors. The findings revealed that while there is a lag, policy interest rate changes first affect financial sectors and then impact real sectors. However, it was shown that the direct effect of policy interest rate changes on sectors is quite limited. Additionally, it was observed that sectors have an integrated structure with limited sectoral differentiation. With this study, the relationship between policy interest rates and sectors was analyzed for the first time using the visibility graph technique, demonstrating the applicability of network theory approaches in time series analysis.

Keywords: Visibility Graph, Graph Kernel, Time Series Analysis

ÖNSÖZ

Yüksek lisans öğrenim sürecim boyunca akademik deneyimleri ve derin matematik bilgisiyle bana rehberlik eden, içtenlikle ve anlayışla bana destek olan danışmanım, değerli hocam Prof. Dr. Mehmet Ali BALCI'ya sonsuz teşekkürler.

Tüm hayatım boyunca bana maddi manevi destek olan sevgili anneme ve pozitif düşünceleriyle beni bu süreçte yalnız bırakmayan kardeşim Nisa Derin'e teşekkürler.

Yüksek lisans öğrenim sürecim boyunca, 2210-A Yurtiçi Yüksek Lisans Burs Programı kapsamında bana maddi destek sunan TÜBİTAK'a teşekkürler.



İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	x
1. GİRİŞ	1
2. GRAFLARDA TEMEL KAVRAMLAR VE TOPOLOJİK ÖLÇÜTLER.....	3
2.1. Graflarda Temel Kavramlar.....	3
2.2. Graflarda Topolojik Ölçütler	5
3. VERİLER VE YÖNTEM	8
3.1. Veri Seti	8
3.2. Görünürlük Grafi.....	12
3.3. Graf Çekirdeği	15
3.4. Diğer Yöntemler	18
3.4.1. Korelasyon.....	18
3.4.2. Granger nedenselliği.....	19
3.4.3. Derin öğrenme ile tahminleme	20
4. BULGULAR VE DEĞERLENDİRMELER.....	23
4.1. Görünürlük Grafindan Elde Edilen Bulgular	23
4.2. Diğer Yöntemlerden Elde Edilen Bulgular	36
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	47
KAYNAKLAR.....	49
ÖZGEÇMİŞ.....	54

ÇİZELGELER DİZİNİ

Tablo 3.1. Politika faizi ve sektörler için betimsel istatistik sonuçları.....	11
Tablo 4.1. Görünürlük grafları için topolojik ölçüt sonuçları	32
Tablo 4.2. Politika faizi ve sektörler arasındaki Spearman korelasyon ilişkisi.....	36
Tablo 4.3. Derin öğrenme modellerinin performans karşılaştırması.....	46



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Katlı ve bukle ayrıt içeren graf G_1 , basit graf G_2 ve yönlü graf G_3	4
Şekil 3.1. Politika faizine ve sektörlere ait zaman serilerinin çizgi grafikleri	10
Şekil 3.2. Bir zaman serisi (üstte) ve bu zaman serisine ait görünürlük grafı (altta)..	13
Şekil 4.1. Kayan pencereler boyunca elde edilen ortalama dereceler.....	24
Şekil 4.2. Kayan pencereler boyunca ortalama derece dağılımı	24
Şekil 4.3. Kayan pencereler boyunca elde edilen ortalama ara merkeziliği	26
Şekil 4.4. Kayan pencereler boyunca ortalama ara merkeziliği dağılımı	26
Şekil 4.5. Kayan pencereler boyunca elde edilen ortalama yakınlık merkeziliği	28
Şekil 4.6. Kayan pencereler boyunca ortalama yakınlık merkeziliği dağılımı	28
Şekil 4.7. Kayan pencereler boyunca elde edilen kümelenme katsayıları	30
Şekil 4.8. Kayan pencereler boyunca kümelenme katsayısı dağılımı	30
Şekil 4.9. Graf çekirdeğinden elde edilen benzerlik matrisi	34
Şekil 4.10. Sektörler arasındaki Spearman korelasyon ilişkisi	37
Şekil 4.11. Politika faizinden sektörlere tek yönlü Granger nedenselliği grafikleri ..	39
Şekil 4.12. GRU modeli tahmin grafikleri	43
Şekil 4.13. LSTM modeli tahmin grafikleri.....	44
Şekil 4.14. CNN-LSTM modeli tahmin grafikleri.....	45

SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

$V(G)$	Bir G grafının tepeler kümesi
$E(G)$	Bir G grafının ayrıtlar kümesi
$ A $	Bir A kümesinin eleman sayısı
$A(G)$	Bir G grafının bitişiklik matrisi
$d(u, v)$	u ve v tepeleri arasındaki uzaklık
$N(v)$	Bir v tepesinin komşu tepeler kümesi
$der(v)$	Bir v tepesinin dereceler kümesi
$\delta(G)$	Bir G grafının minimum tepe derecesi
$\Delta(G)$	Bir G grafının maksimum tepe derecesi
$e(v)$	Bir v tepesinin açılımı
$rad(G)$	Bir G grafının yarıçapı
$diam(G)$	Bir G grafının çapı
$M_A(v)$	Bir v tepesinin ara merkeziliği
$M_Y(v)$	Bir v tepesinin yakınlık merkeziliği
$kk(v)$	Bir v tepesinin kümelenme katsayısı
KK_G	Bir G grafının kümelenme katsayısı
$p(G)$	Bir G grafının yoğunluğu
u_i	Bir i tepesinin kapalılık oranı
$u(G)$	Bir G grafının kapalılığı
$K(G_1, G_2)$	Graf çekirdeği
$a(G)$	Bir G grafının asortativliği
ρ	Spearman korelasyon katsayısı
BIST 100	Borsa İstanbul 100
TCMB	Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası
PPK	Para Politikası Kurulu
GMYO	Gayrimenkul Yatırım Ortaklıkları

1. GİRİŞ

Zaman serisi, bir değişkenin zaman boyutuna göre sıralanmış geçmiş verilerinden oluşan bir dizidir. Zaman serisi analizi, bu değişkenin geçmişteki davranışlarına dayanarak nasıl hareket ettiği hakkında bilgi edinilmesini ve gelecekteki eğilimlerinin tahmin edilmesini sağlar. Bu nedenle zaman serisi analizi, birçok araştırmada önemli bir yere sahiptir. Son dönemlerde hızla gelişen bilgisayar teknolojisi, zaman serilerinin bir ağ yapısına dönüştürülmesine ve daha ayrıntılı analizler yapılmasına olanak tanımıştır.

Bu tez çalışmasında zaman serileri, belirli bir görünürlük kriterine göre ağ yapısına dönüştürülerek yapısal özellikleri ve birbirleriyle olan ilişkileri incelenmiştir. Dönüştürme sürecinde Lacasa vd. (2008) tarafından geliştirilen görünürlük grafi yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem, zaman serisindeki her bir veri noktasını bir tepe olarak kabul eder ve belirli bir görünürlük kriterine göre bu tepeler arasında ayrıtlar ekleyerek seriyi bir ağ yapısına dönüştürür. Ortaya çıkan bu ağ yapısı, seriye ait bazı önemli bilgileri korur. Bu bilgiler ağ üzerinde yapılan çeşitli ağ teorisi ölçütleri ile ortaya çıkarılabilir. Görünürlük grafi yöntemi, doğrusal olmayan ilişkileri yakalamada, durağanlık ve eksik verilerle başa çıkmada oldukça etkin ve pratik bir yöntemdir. Bu yöntemle daha önce birçok alanda zaman serileri analiz edilmiştir. Görünürlük grafi yöntemi, gerçek hayat problemlerinden elde edilen zaman serilerinin kaotik doğasına rağmen otizmin teşhisi (Ahmadlou vd., 2012), epileptik nöbetlerin tespiti (Mohammadpoory vd., 2019), konum belirleme (Li vd., 2010), kimyasal sistemlerin analizi (Geng vd., 2019), hava kirliliği analizi (Guo vd.,2024), görüntü isleme teknolojisi (Iacovacci ve Lacasa, 2020), karbon emisyon analizi (Hu vd., 2023), çevre kirliliğinin akciğer hastalıkları üzerindeki etkisi (Aranburu-Imatz vd., 2023) ve yeni radar tarama anteninin keşfedilmesi (Songtao vd., 2021) gibi birçok farklı dalda oldukça yarar sağlamıştır. Dahası bu yöntem Bitcoin piyasası analizinde(Liu vd., 2020), altın fiyat gelişiminin incelenmesinde (Long, 2013), Çin borsasına ait hisse

senetlerinin analizinde (Liu vd., 2017), ham petrol fiyat dalgalanmalarının analizinde (Wang vd., 2021), doğalgaz fiyatlarındaki dalgalanmaların analizinde (Sun vd., 2016), ABD ve Çin'deki ekonomik politika belirsizliğinin irdelenmesinde (Dai vd., 2019) ve Covid-19 döneminde BIST 100 endeksinin sektörel eğilimlerinin incelenmesinde (Akgüller vd., 2023) kullanılarak finansal zaman serilerinin analizinde de ne denli etkin bir yöntem olduğu gösterilmiştir. Bu çalışmada, ekonomistler, yatırımcılar ve politikacılar için oldukça önemli bir konu olan politika faiz kararları ile borsa arasındaki ilişki incelenmiştir. Bu amaçla politika faizi ile Borsa İstanbul 100 (BIST 100) endeksinde ağırlığı yüksek olan altı ana sektöre ait zaman serileri oluşturulmuş ve bu seriler görünürlük grafi yöntemi ile ağ yapılarına dönüştürülmüştür. Elde edilen bu görünürlük grafları, çeşitli topolojik ölçütlerle ve graf çekirdeğiyle analiz edilmiştir. Ayrıca politika faizi ve belirlenen BIST 100 sektörleri arasındaki ilişki, diğer zaman serisi analiz teknikleri ile de incelenerek görünürlük grafindan elde edilen sonuçlar ile kıyaslanmıştır. Böylece farklı bir yaklaşımla politika faizi ile BIST 100 sektörleri arasındaki ilişkiyi en iyi şekilde ortaya koymak amaçlanmıştır.

Bu tez, TCMB politika faiz oranlarının BIST 100 sektörleri üzerindeki etkilerini görünürlük grafi yöntemiyle inceleyen ilk çalışma olması açısından önem taşımaktadır. Aynı zamanda, zaman serisi analizinde ağ teorisi yaklaşımlarının uygulanabilirliğini de göstermektedir.

Tezin ikinci bölümünde graflarla ilgili temel kavramlara ve kullanılan topolojik ölçütlere yer verilmiştir. Üçüncü bölümde, analizde kullanılan veri seti detaylı şekilde tanıtılmış, ardından sırasıyla görünürlük grafi, çekirdek graf ve diğer yöntemler açıklanmıştır. Dördüncü bölümde analiz sonuçları ve değerlendirmeler sunulmuştur. Beşinci ve son bölümde ise çalışmanın temel çıkarımları özetlenmiş, çalışmanın sınırları ve gelecekte yapılabilecek araştırmalara yönelik öneriler sunulmuştur.

2. GRAFLARDA TEMEL KAVRAMLAR VE TOPOLOJİK ÖLÇÜTLER

2.1. Graflarda Temel Kavramlar

Graf, nesnelere ve bu nesnelere arasındaki ilişkileri modelleyen matematiksel bir yapıdır. Gerçek hayattaki pek çok ilişki, graflar aracılığıyla modellenilebilir ve bu modeller, graf teorisi çerçevesinde geliştirilen kavramlar vasıtasıyla incelenebilir. Bu bölümde, grafın matematiksel tanımına ek olarak bazı temel graf kavramlarına yer verilmiştir.

Tanım 2.1.1. V sayılabilir nesnelere kümesi olan tepeler kümesini ve V^2 üzerindeki bağıntının ikilileri E ayrıtlar kümesini oluşturmak üzere $G = (V, E)$ küme ikilisine graf denir. G grafindaki u ve v tepeleri arasında bir ayrıt varsa bu ayrıt $e = (u, v)$ ile gösterilir ve ayrıtı oluşturan u ve v tepelerine uç tepeler denir (Aldous ve Wilson, 2006).

Tanım 2.1.2. Tek bir tepenin kendisi ile oluşturduğu ayrıta bukle (loop), aynı uç tepelere sahip birden fazla ayrıta, paralel ayrıt ya da çoklu ayrıt denir. Hiç bukle ve çoklu ayrıt içermeyen graflara basit graf denir (Gross ve Yellen, 2004).

Tanım 2.1.3. Uç tepelerinden biri başlangıç, diğeri bitiş olarak belirlenmiş ayrıta yönlü ayrıt denir. Ayrıtlarının her biri yönlü olan grafa yönlü graf denir (Beineke, 2004).

Tanım 2.1.4 Her $e_i = (v_{i-1}, v_i)$ bir G grafının $1 \leq i \leq n$ ayrıtı olmak üzere, tepelerin ve ayrıtların bir sıralı dizisi olan, $v_0, e_1, v_1, e_2, \dots, v_{n-1}, e_n, v_n$ gibi bir diziye yürüyüş denir. v_0, v_n tepelerini birleştiren bir yürüyüş, bir v_0, v_n yürüyüşü olarak adlandırılır. Bir yürüyüşteki ayrıtların sayısı o yürüyüşün uzunluğunu verir (Buckley ve Harary, 1990)

Tanım 2.1.10. $V_1 \subseteq V_2$ ve $E_1 \subseteq E_2$ olacak şekilde verilen $G_1(V_1, E_1)$ grafına, $G_2(V_2, E_2)$ grafının alt grafi denir ve $G_1 \subseteq G_2$ ile gösterilir (Diestel, 2005).

Tanım 2.1.11. $G_1(V_1, E_1) \subseteq G_2(V_2, E_2)$ olmak üzere eğer G_1 grafi, iki uç tepesi de V_1 'de olan G_2 grafindaki tüm ayrıtları içeriyorsa G_2 alt grafına etkilenmiş (induced) alt graf denir (Gibbons, 1985).

Tanım 2.1.12. $G = (V, E)$ grafında $u, v \in V(G)$ olmak üzere u ve v tepeleri arasındaki uzaklık ya da mesafe, bu tepeler arasındaki en kısa yolun uzunluğudur ve $d(u, v)$ ile gösterilir (Gross ve Yellen, 1998).

2.2. Graflarda Topolojik Ölçütler

Graflar, karmaşık sistemleri ve ağ yapılarını modellemek için güçlü bir matematiksel araçtır. Bir grafın yapısal özelliklerini anlamak, sistemdeki bileşenler arasındaki ilişkileri analiz etmek açısından büyük önem taşır. Bu bağlamda, grafların topolojik özellikleri, tepeler ve ayrıtlar arasındaki bağlantıların nasıl şekillendiğini ortaya koyarak ağ dinamikleri hakkında önemli bilgiler sunar. Farklı topolojik ölçütler, bir grafın genel yapısını, merkezi tepeleri ve bağlantı yoğunluğunu belirlemeye yardımcı olur. Bu bölümde, grafların yapısal özelliklerini incelemek için kullanılan bazı topolojik ölçütler verilmiştir.

Tanım 2.2.1. Bir $G = (V, E)$ grafında, uç tepelerinden biri u olan toplam ayrıt sayısına, v tepesinin derecesi denir (Steen, 2010) ve $der(v)$ ile gösterilir. Bir graftaki tüm tepelerin derecelerinin listelenmesi ile oluşan diziye derece dizisi denir. Derecesi sıfır olan tepeye izole tepe denir (Diestel, 2005).

Tanım 2.2.2. Bir $G = (V, E)$ grafında, $\delta(v) := \min\{der(v) \mid v \in V(G)\}$ sayısı minimum tepe derecesi ve $\Delta(v) := \max\{der(v) \mid v \in V(G)\}$ sayısı maksimum tepe derecesidir. G grafının ortalama derecesi $d(G)$ ise

$$d(G) := \frac{1}{|V|} \sum_{v \in V} der(v)$$

ile tanımlanır (Diestel, 2005).

Tanım 2.2.3. $G = (V, E)$ birleştirilmiş bir graf ve $v \in V(G)$ olmak üzere, v tepesinin açılımı, $e(v) := \max\{d(u, v) \mid u \in V(G)\}$ şeklinde tanımlanır. Başka bir deyişle v tepesinin en uzak olduğu tepe ile kendisi arasındaki mesafedir (Chartrand ve Zhang, 2004).

Tanım 2.2.4. Birleştirilmiş bir $G = (V, E)$ grafının tepeleri arasındaki en küçük açılım değeri, G grafının yarıçapıdır ve $rad(G)$ ile gösterilir, en büyük açılım değeri ise G grafının çapıdır ve $diam(G)$ ile gösterilir. Matematiksel olarak, $rad(G) := \min\{e(v) \mid v \in V(G)\}$ ve $diam(G) := \max\{e(v) \mid v \in V(G)\}$ şeklinde ifade edilir (Chartrand ve Zhang, 2004).

Tanım 2.2.5. Basit ve yönsüz bir $G = (V, E)$ grafının yoğunluğu,

$$p(G) := \frac{|E(G)|}{\binom{V(G)}{2}}$$

şeklinde tanımlanır (Steen, 2010). Başka bir deyişle ayrıt sayısının olası tüm ayrıtların sayısına oranıdır.

Tanım 2.2.6. Bir G grafının derece asortativliği,

$$a(G) := \frac{\sum_i j_i k_i - [\sum_i 1/2(j_i + k_i)]^2}{\sum_i 1/2(j_i^2 + k_i^2) - [\sum_i 1/2(j_i + k_i)]^2}$$

şeklinde tanımlanır. Bu tanımda verilen j_i ve k_i , graftaki her bir ayrıtın uç tepelerinin dereceleridir. Derece asortativliği, -1 ile 1 arasında değerler alır. $a < 1$ olması farklı dereceli tepelerin birbirleriyle ilişkili olduğunu, $a > 1$ olması benzer dereceli tepelerin birbirleriyle ilişkili olduğunu ve $a = 0$ olması ise dereceler arasında bir ilişki olmadığını gösterir (Newman, 2009).

Tanım 2.2.7. $G = (V, E)$ basit ve birleştirilmiş bir graf ve $x, v, y \in V(G)$ olsun. x ve y tepeleri arasındaki en kısa yolların kümesi $S(x, y)$ ve bu en kısa yollardan v tepesinden geçenlerin kümesi $S(x, v, y)$ ile gösterilsin. O halde $S(x, v, y) \subseteq S(x, y)$ olur ve v tepesinin ara merkeziliği,

$$M_A(v) := \sum_{x \neq y} \frac{|S(x, v, y)|}{|S(x, y)|}$$

şeklinde tanımlanır. Ayrıca G birleştirilmiş olduğundan $|S(x, y)| > 0$ dır (Steen, 2010).

Tanım 2.2.8. $G = (V, E)$ basit, birleştirilmiş ve yönsüz bir graf ve $v \in V(G)$ olmak üzere v tepesinin yakınlık merkeziliği,

$$M_Y(v) := \frac{|V(G)| - 1}{d(v, u)}$$

şeklinde tanımlanır (Steen, 2010).

Tanım 2.2.9. $G = (V, E)$ grafi basit, birleştirilmiş, yönsüz bir graf ve $v \in V(G)$ olsun. $N(v)$ kümesindeki tepelerden oluşan etkilenmiş alt grafın ayrıt sayısı m_v olmak üzere, v tepesinin kümelenme katsayısı,

$$kk(v) := f(x) = \begin{cases} \frac{m_v}{\binom{|N(v)|}{2}}, & \text{eğer } der(v) > 1 \\ \text{tanımsız}, & \text{aksi halde} \end{cases}$$

şeklinde tanımlanır (Steen,2010).

Tanım 2.2.10. $G = (V, E)$ basit, birleştirilmiş ve yönsüz bir graf ve $V^* := \{v \in V(G) | der(v) > 1\}$ olmak üzere, G grafının kümelenme katsayısı,

$$KK_G := \frac{1}{|V^*|} \sum_{v \in V^*} kk(v)$$

şeklinde tanımlanır. Başka bir deyişle en az iki komşusu olan tepelerin kümelenme katsayılarının ortalaması, grafın kümelenme katsayısını verir (Steen, 2010).

3. VERİLER VE YÖNTEM

3.1. Veri Seti

Politika faiz oranı kararları, merkez bankalarının ekonomiyi yönlendirmek için kullandıkları önemli bir araçtır. Merkez bankaları, finansal istikrarı ve ekonomik büyümeyi sağlamak için küresel ve ulusal ekonomik göstergeleri göz önünde bulundurarak politika faizini belirlerler. Piyasa dinamiklerini şekillendirmede önemli bir işleve sahip olan politika faiz oranı kararları, Türkiye’de Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası (TCMB) bünyesinde faaliyet gösteren Para Politikası Kurulu (PPK) tarafından alınır. PPK, belirlediği para politikası ilke ve stratejileri doğrultusunda, enflasyon, döviz kuru, yatırım ve tüketim gibi ekonomik faktörleri dengelemeyi amaçlayarak politika faiz oranlarını belir. Bu kararlar, şirket bilançoları ve yatırımcı davranışları üzerinde etkili olarak Borsa İstanbul’u da etkileyebilir.

Borsa İstanbul, Türkiye’nin sermaye piyasalarını düzenleyen ve yöneten temel finansal kuruluştur. 2013 yılında İstanbul Menkul Kıymetler Borsası, Vadeli İşlem ve Opsiyon Borsası ile İstanbul Altın Borsası’nın birleşmesiyle kurulmuştur. Türkiye’deki menkul kıymetlerin alım satımının gerçekleştirildiği birincil borsa olan Borsa İstanbul, hisse senetleri, tahviller, yatırım fonları ile vadeli işlem ve opsiyon sözleşmeleri gibi çeşitli finansal araçların işlem görmesini sağlar. Aynı zamanda, sermaye piyasalarının şeffaf, düzenli ve güvenli bir şekilde işlemlerini amaçlar. Borsa İstanbul’da menkul kıymet fiyatları, piyasadaki arz ve talebe göre belirlenir. Bu sayede şirketlere sermaye artırımını ve halka arz gibi finansman imkânları sağlanırken, yatırımcılara ortaklık hakkı ve temettü geliri gibi avantajlar sunulur.

Borsa İstanbul’daki endeksler, piyasa performansını ölçmek ve yatırımcılara ekonomik göstergeler sunmak amacıyla oluşturulur. BIST 100 endeksi, Borsa İstanbul’un geniş kapsamlı endekslerinden biri olup, Türkiye ekonomisinin genel sağlığını ve piyasa performansını yansıtan önemli bir gösterge olarak kullanılır.

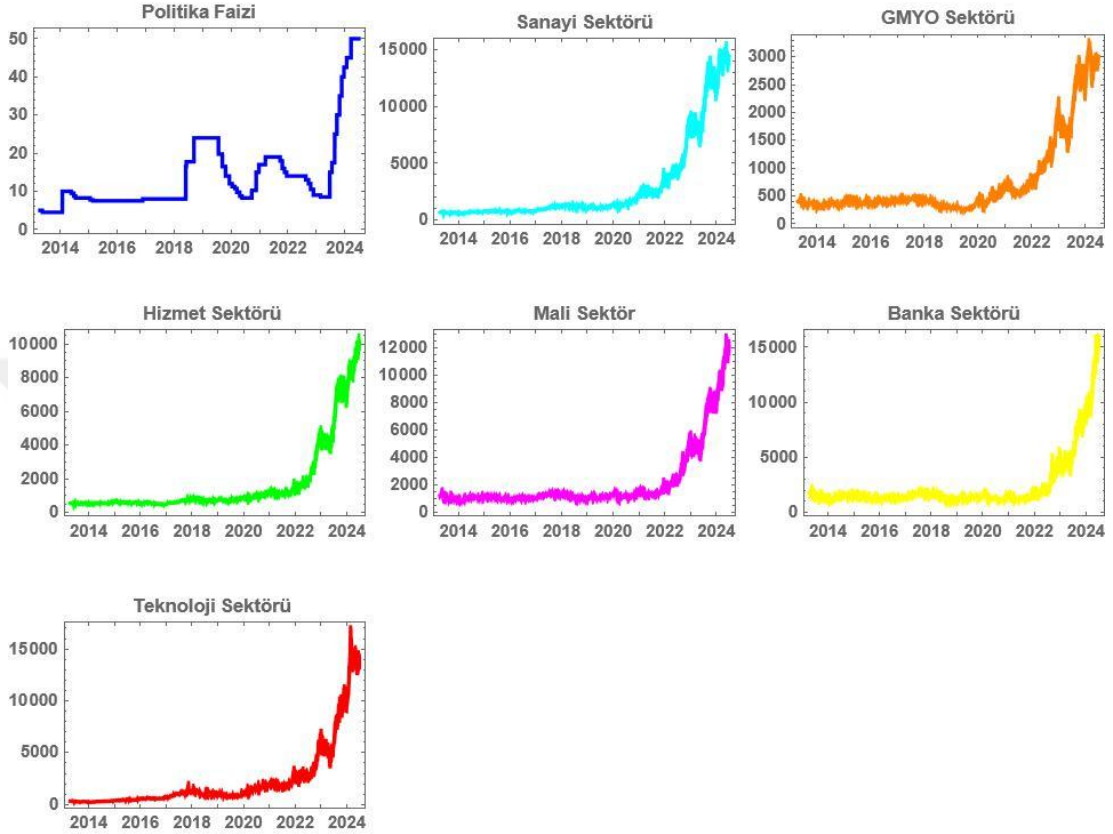
Bu endekse, piyasa değeri, likiditesi ve temsil gücü yüksek olan 100 şirket dahil edilir. Endeksler oluşturulurken şirketlerin piyasa değeri, işlem hacmi ve sektörel dağılımı gibi ölçütler dikkate alınır. Bu endeksler, hem yatırımcıların piyasa trendlerini takip etmelerine olanak tanır hem de ekonominin belirli sektörlerine olan ilgiyi gösterir. BIST 100 ve sektör endeksleri, piyasa değeri ağırlıklı olarak hesaplanır ve bu hesaplamada herhangi bir ağırlık sınırlaması bulunmaz. Piyasa değeri, bir şirketin hisse fiyatı ile toplam hisse sayısının çarpımıyla elde edilir. Bu nedenle, daha yüksek piyasa değerine sahip şirketler endekste daha büyük ağırlığa sahip olur ve bu şirketlerdeki fiyat hareketleri endeksin genel değerini daha fazla etkiler.

Bu çalışmada; Bankalar, Mali, Hizmet, Gayrimenkul Yatırım Ortaklıkları (GMYO), Sanayi ve Teknoloji sektörleri incelenmiştir. Bu sektörler BIST 100'ün sektörel dağılımında yüksek ağırlık gösteren ana sektörlerdir. Ayrıca, farklı işleyiş mekanizmalarına sahip olmaları nedeniyle politika faizindeki değişimlerin farklı alanlardaki etkilerini değerlendirmek açısından da önemlidir.

Bankalar sektörü; kredi, mevduat, yatırım gibi faaliyetlerle finansal hizmet sunan kuruluşları kapsar. Bu kuruluşlar, para dolaşımını sağlama, kredi verme ve ödeme sistemlerinin yürütülmesi gibi temel işlevlerle ekonomiye katkıda bulunur. Mali sektör, bankaların yanı sıra gayrimenkul yatırım ortaklıkları, holdingler ve yatırım şirketlerinden oluşur. Bu yapı, ekonomiye sermaye arzı sağlar ve risk yönetimi işlevi görür. Hizmet sektörü; mal üretmeyen ancak hizmet sağlayan, eğitim, sağlık, seyahat, eğlence ve teknoloji gibi alanlarda faaliyet gösteren işletmeleri kapsar. Bu sektörde, perakende ticaret, inşaat, ulaştırma, depolama, enerji ve telekomünikasyon gibi alanlarda faaliyet gösteren şirketler yer alır. GMYO sektörü, gayrimenkul alım satımı, kiralama, inşaat, emlak geliştirme ve yatırım ortaklıklarını içerir; aynı zamanda gayrimenkul varlıklarının yönetimi ve finansmanı ile ilgilenir. Sanayi sektörü, dayanıklı tüketim malları, otomotiv, inşaat malzemeleri gibi fiziksel ürünlerin üretimini gerçekleştiren şirketleri kapsar. Teknoloji sektörü ise yazılım, donanım, internet hizmetleri, dijital platformlar ve savunma sanayi ağırlıklı firmaları içerir. Bu sektör, dijital dönüşüm ve yenilikçilik odaklıdır.

Bu çalışmada, belirlenen altı sektöre ait 17 Nisan 2013 – 28 Haziran 2024 tarihleri arasındaki günlük kapanış değerlerinden zaman serileri oluşturulmuştur. Politika faizi

olarak kullanılan bir hafta vadeli repo faiz oranlarına ilişkin zaman serisi de aynı tarih aralığında, faizin değişmediği günlerde sabit kabul edilerek oluşturulmuştur. Bu serilere ait çizgi grafikleri Şekil 3.1’de sunulmuştur ve eksik veri bulunmadığı tespit edilmiştir.



Şekil.3.1. Politika faizine ve sektörlere ait zaman serilerinin çizgi grafikleri

Tablo 3.1’de yer alan betimsel istatistikler, politika faizi ve sektör endekslerinin dağılım özellikleri hakkında önemli bilgiler sunmaktadır. Çarpıklık (skewness), dağılımın simetrik olup olmadığını gösterir. Pozitif çarpıklık, dağılımın sağa kuyruklandığını ve yüksek uç değerlerin baskın olduğunu ifade eder. Basıklık (kurtosis) ise dağılımın sivriliğini ve uç değer yoğunluğunu gösterir. Politika faizi serisinde çarpıklık değeri 2.008, basıklık ise 7.41’dir. Bu, faiz oranlarının sağa çarpık ve uç değerlere duyarlı bir yapıya sahip olduğunu, özellikle 2022 sonrası yaşanan ani artışların bu duruma neden olabileceğini gösterir. Sektör verilerinde de benzer şekilde

yüksek basıklık (>5) ve pozitif çarpıklık (>2) gözlemlenmiştir. Bu durum, endekslerde zaman zaman ani yükselişlerin yaşandığını ve sağa çarpık dağılımların söz konusu olduğunu göstermektedir. Bu nedenle, analiz edilecek zaman serileri normal dağılıma uymamaktadır. Ancak görünürlük grafi ile yapılacak analizlerde normal dağılım varsayımı gerekli olmadığından bu bir sorun teşkil etmez. Diğer yöntemler içinse veri ön işlemleri yapılması gerekmiştir ve bu işlemler yöntemler bölümünde ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

Tablo 3.1. Politika faizi ve sektörler için betimsel istatistik sonuçları

	Minimum	Ortalama	Maximum	Standart Sapma	Basıklık	Çarpıklık
Politika Faizi	4,5	13,7044	50	9,71928	7,40813	2,008885
Bankalar	935,64	2.379,62	15.706,7	2.537,82	12,1182	3,0117
Mali	807,8	2.164,88	12.587,3	2.365,23	8,5588	2,5156
Hizmet	460,49	1.664,88	10.265,9	2.163,36	7,32946	2,32769
GMYO	239,91	743,133	3.230,91	714,463	5,96245	2,04014
Sanayi	569,08	2.896,52	15.180,2	3.691,38	5,78446	1,99785
Teknoloji	213,19	2.237,44	16.682,2	3.142,76	9,03907	2,53914

Zaman serilerinin oluşturulduğu yaklaşık 11 yıllık bu dönem, Türkiye ekonomisinde farklı koşulların, yapısal değişimlerin ve küresel etkilerin yaşandığı geniş bir zaman dilimini kapsamaktadır. Bu dönem; ekonomik büyüme, döviz krizleri, enflasyonist baskılar, küresel pandemi ve sonrasındaki para politikaları gibi önemli gelişmeleri içerir. Bu uzun zaman dilimi, Türkiye'nin hem kriz dönemlerinde hem de normalleşme süreçlerinde uyguladığı farklı faiz politikalarının sektörel dinamikleri nasıl şekillendirdiğini ortaya koyar. Böyle bir analiz, geçici piyasa dalgalanmalarından çok, kalıcı etkileri değerlendirerek sektörler arasındaki ilişkinin daha geniş bir perspektifte ele alınmasını sağlar. Bunun yanı sıra, uzun vadeli veri seti sayesinde faiz

oranlarındaki değişimlerin sektörlerde oluşturduğu etkiler hakkında daha anlamlı ve güvenilir sonuçlara ulaşılabilir. Tüm bu faktörler, politika faizinin sektörler üzerindeki etkilerinin derinlemesine anlaşılmasına katkı sağlar.

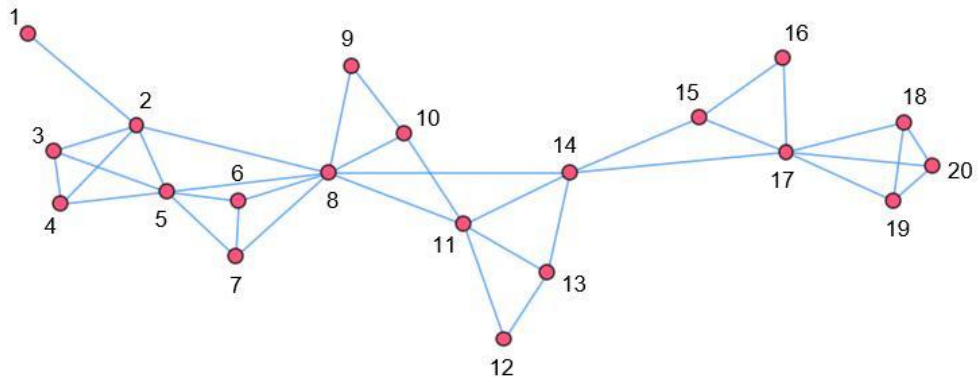
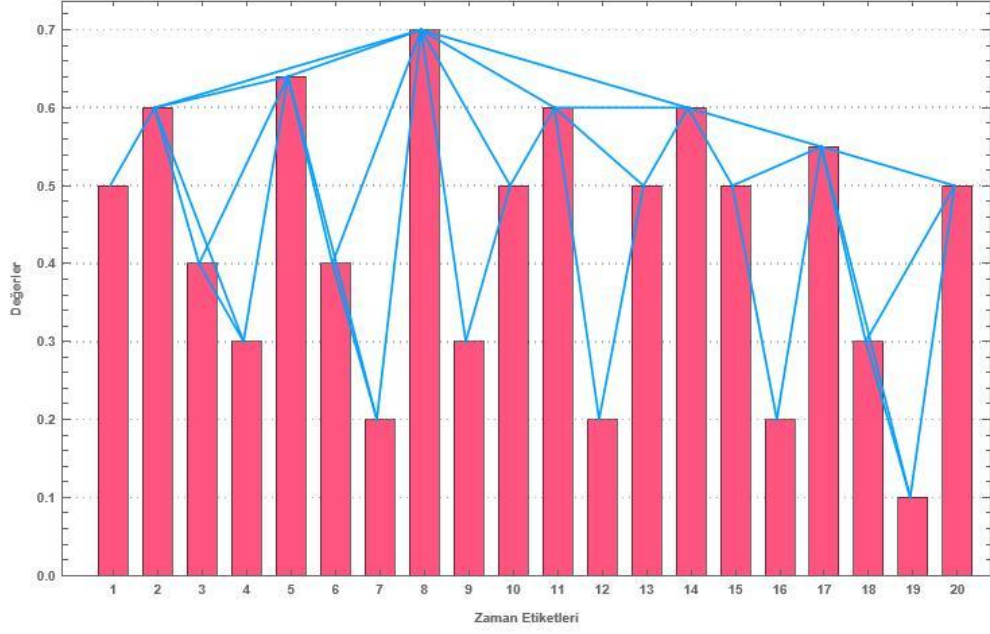
3.2. Görünürlük Grafi

Görünürlük grafi yöntemi ilk olarak Lacasa vd. (2008) tarafından tanıtılmıştır. Bununla birlikte 2008 yılından bu yana yapılan çalışmalar ile çeşitli görünürlük grafi teknikleri geliştirilmiştir. Bunlardan bazıları, yatay görünürlük grafi (Luque vd., 2009), ağırlıklı yatay görünürlük grafi (Zhu vd., 2014) ve görünürlük kriterine ekstra bir parametre daha eklenerek oluşturulan parametrik doğal görünürlük grafidir (Bezsudnov ve Snarskii, 2014). Bu çalışmada, işlem maliyetinin düşük olmasından ve yatay görünürlük grafına göre veriler arasındaki ilişkileri korumada daha hassas olmasından dolayı doğal görünürlük grafi kullanılmıştır. Çalışma boyunca “doğal görünürlük grafi” yerine “görünürlük grafi” ifadesi tercih edilmiştir.

Bir zaman serisi matematiksel olarak $[x_i = x(t_i)]_{i=1}^N$ şeklinde tanımlanır. Burada t , zamanı, x ise t anındaki değeri gösterir. Bu şekilde zaman serisine ait her bir (t_i, x_i) elemanı düzlemde bir nokta belirtir. Zaman serisine ait (t_i, x_i) ve (t_j, x_j) noktaları için görünürlük kriteri eşitsizlik (3.1) ile verilmiştir.

$$\frac{x_j - x_n}{t_j - t_n} > \frac{x_j - x_i}{t_j - t_i}, \quad \forall t_n \in (t_i, t_j) \quad (3.1)$$

Zaman serisine ait herhangi iki tepe arasında eşitsizlik (3.1)'in sağlanması koşuluyla ayrıntı eklenerek oluşturulan grafa, görünürlük grafi denir (Lacasa vd., 2008). Bu şekilde elde edilen görünürlük grafi, noktaların karşılıklı olarak birbirini görmesine dayandığından ve seriye ait her noktanın en azından kendisinden bir sonraki veya bir önceki noktayı görmesi kesin olduğundan birleştirilmiş, yönsüz ve basit bir graftır. Zaman etiketi, zaman serilerinde periyodik bir şekilde ilerleyen tarihlerin, aynı sırada artan doğal sayılar ile ilişkilendirilmesidir. Şekil 3.2.'de 20 zaman etiketli bir zaman serisi ve bu zaman serisine ait görünürlük grafi sunulmuştur.



Şekil 3.2. Bir zaman serisi (üstte) ve bu zaman serisine ait görünürlük grafi (altta)

Lacasa vd. (2008), görünürlük grafına ait derece dizisi dağılımını analiz ederek, zaman serilerinin yapısal özelliklerini incelemiş ve serilerin periyodiklik, fraktalite gibi özelliklerini tespit etmişlerdir. Periyodiklik, zaman serisinin belirli aralıklarla kendini tekrar eden bir yapıya sahip olduğunu gösterirken fraktalite, ölçekten bağımsız olarak benzerlik içeren ve karmaşık dinamikler sergileyen bir yapıyı ifade etmektedir. Bu doğrultuda, zaman serilerini deterministik, kaotik ve rastgele (stokastik) şeklinde ayırt etmişlerdir. Deterministik seriler, gelecekteki değerleri kesin olarak belirlenebilen düzenli yapılar gösterirken, kaotik seriler başlangıç koşullarına

hassasiyetleri nedeniyle küçük değişimlerin büyük farklılıklara yol açtığı sistemlerdir. Rastgele seriler ise yalnızca olasılıksal olarak tahmin edilebilen, düzensiz ve stokastik değişimler içeren süreçlerdir. Sonuç olarak, görünürlük grafinin zaman serisinin yapısal özelliklerini yansıttığını ve graf teorisi ölçütlerinin zaman serilerinin dinamiklerini karakterize etmede etkili bir yöntem olarak kullanılabileceğini ortaya koymuşlardır.

Görünürlük grafi ile zaman serilerini analiz etmenin çeşitli avantajları vardır. Öncelikle birçok farklı türdeki zaman serisini analiz etmede kullanılabilir. Ayrıca verileri analize hazırlamak için çok fazla ön işlem gerektirmemesinin yanı sıra gürlüğe karşı dayanıklıdır. Zaman serilerinin hem dinamik hem de statik olarak analiz edilmesine olanak tanır. Böylece geleneksel yöntemlerin gözden kaçırabileceği zaman serisi verilerindeki gizli desenleri ve yapıları ortaya çıkarabilir. Diğer taraftan görünürlük grafları zaman serisi verilerinin afin dönüşümleri altında değişmezdir. Yani görünürlük kriteri hem yatay hem de dikey eksenlerin yeniden ölçeklenmesinde ya da yatay ve dikey çevirilerde değişmezdir. Bu nedenle birbirlerinin afin dönüşümü olan zaman serilerinin görünürlük grafları da aynı olacaktır. Başka bir deyişle zaman serilerini nicel olarak ayırt edemez. Bu da zaman serilerini görünürlük graflarına eşlerken bazı bilgilerin kaybolabileceğinin bir göstergesidir.

Bu çalışmada veri setindeki her bir bileşene ait görünürlük grafları iki farklı yaklaşımla elde edilmiştir. Öncelikle her bir bileşen için zaman serisi boyunca kayan zaman pencerelerinden görünürlük grafları elde edilmiştir. Zaman penceresi, zaman serisini sabit uzunlukta ardışık segmentlere ayırarak her segment üzerinde analiz yapılmasını sağlar. Kayan pencere tekniği, her bir pencereyi bir adım kaydırarak ilerler ve her kaydirmede yeni verileri hesaba katarak eski verileri dışlar. Veri setindeki her bir bileşen için zaman penceresinin boyutu, 3 ay olarak kaydırma adımı ise 1 ay olarak belirlenmiştir. Pencere boyutu ve adım uzunluğu politika faizinin uzun süre değişmediği göz önünde bulundurularak belirlenmiştir. Böylece her bir bileşen için 138 tane görünürlük grafi oluşturulmuştur.

Bu yaklaşım, zaman serisinin dinamiklerini incelemek ve yerel özelliklerini daha iyi anlamak için kullanılmıştır. Bir diğer yaklaşım ise veri setindeki her bir bileşen

(politika faizi ve sektörler) için zaman serilerinin tümünden elde edilen görünürlük graflarıdır. Bu yaklaşımda, her bileşen için zaman serisi boyunca kaydırma adımı ve pencere uzunluğu kullanılmaz. Bunun yerine, zaman serisinin tamamı bir bütün olarak değerlendirilir ve tüm veriler tek bir görünürlük grafına dönüştürülür. Böylece, her bileşen için yalnızca bir görünürlük grafi elde edilmiştir. Bu yöntem, zaman serisinin genel özelliklerini ve uzun vadeli eğilimlerini analiz etmek için kullanılmıştır.

Her iki yaklaşımın kombinasyonu hem yerel hem de küresel düzeyde zaman serisinin yapısal özelliklerini ortaya koymaya olanak tanır. İlk yaklaşım, zaman serisinin kısa vadeli değişimlerini ve dinamiklerini daha hassas bir şekilde yakalayabilmeyi sağlarken; ikinci yaklaşım, serinin genel eğilimlerini ve uzun vadeli yapısını incelemeye olanak tanımaktadır. Bu sayede, görünürlük grafi tekniklerinin her iki yönü de zaman serisinin dinamik yapısını anlamak ve analiz etmek adına önemli bilgiler sunmaktadır.

3.3. Graf Çekirdeği

Graf çekirdeği, iki grafin veya bir grafin kendi içindeki tepe ve ayırıt yapılarını dikkate alarak benzerlikleri yakalayan bir fonksiyondur. Graf çekirdeği, bir grafin temel yapısını analiz etmek ve graflar arasındaki yapısal benzerlikleri ölçmek için kullanılan güçlü bir yöntemdir.

Çekirdek fonksiyonunun tanımlanma biçimi, graflar arasındaki benzerlik hesaplamalarında doğruluk ve ayırım gücünün artırılması açısından büyük önem taşır. İyi tanımlanmış bir çekirdek fonksiyonu, grafların yapısal özelliklerini yeterince temsil edebilmeli ve farklı grafları ayırt edebilme kapasitesine sahip olmalıdır. Bu fonksiyonlardan elde edilen matrislerin pozitif yarı tanımlı olması matematiksel bir zorunluluktur. Pozitif yarı tanımlı bir A matrisi, tüm özdeğerlerinin sıfır veya pozitif olması ve bileşenleri reel sayılardan oluşan herhangi bir x vektörü için $x^T \cdot A \cdot x \geq 0$ koşulunu sağlamasıyla karakterize edilir. Bu temel özellik, çekirdek matrisinin bir iç çarpım uzayı tanımlayabilmesini mümkün kılar. Bu durum matematiksel tutarlılık için kritik önem taşır çünkü negatif benzerlik değerleri üretilmesini engelleyerek sistemin

sağlamlığını garanti altına alır. Bununla birlikte, pozitif yarı tanımlılık tek başına yeterli bir koşul değildir. Etkili bir çekirdek fonksiyonu aynı zamanda simetrik olmalıdır, yani K çekirdek fonksiyonu olmak üzere $K(G_1, G_2) = K(G_2, G_1)$ eşitliğini sağlamalıdır. Ayrıca merkezlenmiş olması ve grafların yapısal özelliklerini anlamlı bir şekilde yansıtabilmesi gerekir. Bu özelliklerin tamamı sağlandığında, çekirdek fonksiyonu graflar arasında hem matematiksel olarak sağlam hem de yorumlanabilir benzerlik ölçümleri yapabilir. Özellikle pozitif yarı tanımlılık koşulu, bileşenleri negatif bile olsa herhangi bir vektör için negatif olmayan sonuçlar garantileyerek sistemin tutarlılığını korumaya yardımcı olur. Bu matematiksel özellikler, çekirdek tabanlı yöntemlerin graf verileri üzerinde etkili bir şekilde uygulanabilmesini sağlayan temellerdir. Çekirdek fonksiyonlarının bu nitelikleri, onları graf karşılaştırma ve sınıflandırma problemlerinde kullanılabilir bir araç haline getirmektedir (Schölkopf vd., 1997; Vishwanathan vd., 2010).

Graf çekirdeği, grafların özgün niteliklerini yansıtacak şekilde tanımlanmalıdır. Bu bağlamda, farklı çekirdek fonksiyonları geliştirilmiş olup, bu fonksiyonlar genellikle belirli yapısal özelliklere dayanarak benzerlikleri değerlendirir. Örneğin, bazı çekirdek fonksiyonları derece dağılımına dayanırken, bazıları alt graf özelliklerini veya en kısa yol ilişkilerini kullanarak benzerliği ölçer. Bunun yanı sıra, spektral çekirdekler gibi yaklaşımlar, graf laplasyen matrislerinin özdeğerlerini kullanarak yapısal karşılaştırmalar yapar. Rota tabanlı çekirdekler ise, graf üzerindeki rastgele yürüyüşleri veya belirli yolları analiz ederek benzerlikleri hesaplar. (Kriege vd., 2020; Vishwanathan vd., 2010).

Bu çalışmada, çekirdek fonksiyonu “kapalılık oranı” kavramıyla ilişkilendirilmiştir. Kapalılık oranı, bir tepenin bitişik olmadığı tepe sayısının, graftaki toplam bitişik olmama sayısına oranıdır. Bir tepenin kapalılık oranının yüksek olması, onun diğer tepelerle zayıf ilişkilere sahip olduğunu, düşük olması ise güçlü bağlantılar kurduğunu gösterir. Bir grafın kapalılığı, o grafa ait tüm tepelerin kapalılık oranlarından oluşan bir vektör ile temsil edilir. Bu vektörde yer alan uç değerler, grafın yapısındaki kritik tepeleri belirlemeye yardımcı olurken, bileşenlerin birbirine yakın olması grafın genel ilişki yoğunluğu hakkında bilgi verir. Yani, kapalılık oranlarının büyük ölçüde benzer

olması, grafın daha homojen bir bağlantı yapısına sahip olduğunu, farklılaşmaların fazla olması ise belirli tepelerin diğerlerinden ayrıştığını gösterir. Bu çalışmada incelenen graflar, zaman serilerinden türetilen görünürlük grafları olduğundan, her tepe zaman serisindeki bir veri noktasına karşılık gelmektedir. Bu bağlamda, kapalılık oranı, zaman serisindeki değişimleri yansıtarak veriler arasındaki ilişkileri yapısal düzeyde ortaya koyar. Böylece, politika faizi ve sektörlere ait zaman serilerini matematiksel olarak karşılaştırmayı mümkün kılar.

Tepe sayısı n olan bir G grafi için i tepesinin kapalılık oranı (u_i) , (3.2)'de ve grafın kapalılığını gösteren $u(G)$ vektörü, (3.3)'te matematiksel olarak ifade edilmiştir.

$$u_i := \frac{\sum_{j=1}^n (1 - a_{ij})}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (1 - a_{ij})} \quad (3.2)$$

$$u(G) := \{u_i : i \in [1, n]\} \quad (3.3)$$

Tanımdan da anlaşılacağı gibi bir grafın kapalılığı, bileşenleri kesikli olasılık dağılım özelliği gösteren bir vektördür. Yani vektörün bileşenleri toplamı birdir. Bu nedenle tepe sayısı n olan G_1 ve G_2 graflarının kapalılıkları arasındaki fark Manhattan mesafesi ile (3.4)'te gösterildiği gibi hesaplanmıştır.

$$\|u(G_1), u(G_2)\| = \sum_{i=1}^n |u_i^1 - u_i^2|; \quad u_i^1 \in u(G_1), u_i^2 \in u(G_2) \quad (3.4)$$

Daha sonra Gaussian çekirdeği kullanılarak graf çekirdeği,

$$K(G_1, G_2) := e^{-\alpha \|u(G_1), u(G_2)\|}$$

ile tanımlanmıştır. Burada α mesafeyi ölçeklendiren bir parametredir. Çok yüksek bir α değeri çok küçük bir mesafeyi bile cezalandırarak benzerliği düşürürken çok düşük bir α değeri büyük mesafelerde bile benzerliği arttırabilir. Bu nedenle α değeri, uzaklık ortalamalarının çarpmaya göre tersi olacak şekilde belirlenmiştir. Gaussian çekirdeğinin kullanılması graf çekirdeğinin pozitif yarı tanımlı olmasını garanti eder

(Hastie vd., 2009). Ayrıca bu graf çekirdeği ile elde edilen matris, değerleri 0 ile 1 arasında değişen, asal eksen boyunca 1 değerini alan simetrik bir matristir. Bu, graf çekirdeğinden elde edilen sonuçların anlamlı ve kolay yorumlanabilir olmasını sağlar.

3.4. Diğer Yöntemler

3.4.1. Korelasyon

Spearman sıra korelasyon katsayısı ρ , verilerin sıra değerlerini kullanarak iki değişken arasındaki monoton ilişkiyi ölçen parametrik olmayan bir istatistiksel yöntemdir. Eğer bir değişken artarken diğeri sürekli artıyor veya sürekli azalıyorsa bu ilişki monotoniktir. d_i , her bir gözlem için iki değişkenin sıra farkı ve n_i toplam gözlem sayısı olmak üzere ρ değeri,

$$\rho := 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{n(n^2 - 1)}$$

ile tanımlanır ve +1 ile -1 arasında değerler alır. Değişkenler arasında güçlü bir sıralama ilişkisi varsa ρ , +1 değerini, değişkenler arasında sıralama ilişkisi yoksa ρ , 0 değerini ve değişkenler arasında ters sıralama varsa ρ , -1 değerini alır. Spearman korelasyonu, değişkenlerin normal dağılım göstermesini gerektirmez ve doğrusal olmayan ilişkileri de tespit edebilir (Spearman, 1904).

Bu çalışmada, politika faizi ve sektörlere ait veri setleri normal dağılım göstermediğinden, bu bileşenler arasındaki ilişki Spearman korelasyonu yöntemi ile analiz edilmiştir. Sektörlere ait veriler, $\ln x_{i+1} - \ln x_i$ logaritmik getiri dönüşümü ile fiyat olarak değil getiri olarak ele alınmıştır. Bu dönüşümün kullanımı, finansal zaman serilerinin istatistiksel özelliklerini iyileştirerek daha anlamlı sonuçlar elde edilmesine katkı sağladığı için tercih edilmiştir.

3.4.2. Granger nedenselliği

Eğer bir zaman serisi X_t , başka bir zaman serisi Y_t 'nin gelecekteki değerlerini öngörmemizi istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde iyileştiriyorsa X_t , Y_t 'nin Granger anlamında nedenidir denir. Bu ilişkiyi test etmek için yalnızca Y_t 'nin geçmiş değerlerine dayalı (3.5) modeli ve hem Y_t 'nin hem de X_t 'nin geçmiş değerlerine dayalı (3.6) modeli kullanılır.

$$Y_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i Y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (3.5)$$

$$Y_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^p \beta_i Y_{t-i} + \sum_{j=1}^q \gamma_j X_{t-j} + \eta_t \quad (3.6)$$

Burada, p ve q gecikme(lag) uzunlukları, ε_t ve η_t beyaz gürültü hata terimleri, α_i , β_i ve γ_j ise tahmin edilen katsayılardır. Granger nedensellik testi,

$$H_0: \gamma_1 = \gamma_2 = \dots = \gamma_q$$
$$H_1: \exists j (\gamma_j \neq 0)$$

hipotez testini uygular. Burada F-testiyle, X_t ve Y_t 'nin geçmiş değerlerinin kullanılmasıyla tahmin edilen modelin varyansı ile yalnızca Y_t 'nin geçmiş değerleriyle oluşturulan modelin varyansı kıyaslanır. Eğer F-testi sonucunda elde edilen p-değeri %5 anlamlılık düzeyinden küçükse H_0 hipotezi reddedilir ve X_t , Y_t 'nin Granger nedeni olarak kabul edilir (Granger, 1969). Granger nedenselliğini ölçebilmek için veri setindeki zaman serileri durağan olmalıdır. Bu nedenle politika faizinden sektörlere olan tek yönlü Granger nedenselliğini ölçmek için sektörlerin logaritmik getirileri hesaplanarak zaman serileri durağan hale getirilmiştir. Diğer taraftan politika faizine ait zaman serisini durağan hale getirmek için birinci derece fark alma işlemi uygulanmıştır.

3.4.3. Derin öğrenme ile tahminleme

Bu çalışmada, politika faizinin sektörler üzerindeki etkisini modellemek ve tahmin etmek amacıyla üç farklı derin öğrenme mimarisi kullanılarak tahminleme yapılmıştır. Zaman serisi verilerindeki karmaşık örüntüleri ve uzun vadeli bağımlılıkları öğrenme kapasitesine sahip bu modeller, LSTM (Long Short-Term Memory), GRU (Gated Recurrent Unit) ve CNN-LSTM hibrit modelleridir. Modellerde her bir sektör için hem kendi verileri hem de politika faizi verileri kullanılarak tahminleme yapılmıştır. Modellerde zaman serilerinin %70'i eğitim, %30'u test olacak şekilde ayrılmıştır. Veriler, aykırı değerlere karşı daha dirençli bir yöntem olan Robust Scaler ile ölçeklendirilmiştir. Robust Scaler, verileri medyan ve çeyrekler arası açıklık (*IQR*) kullanarak dönüştürür ve özellikle uç değerlerin etkisini azaltarak modelin genel doğruluğunu artırmayı hedefler. Bir X zaman serisine ait x verisi için Robust Scaler ile ölçekleme,

$$x_{ölçeklenmiş} = \frac{x - \text{medyan}(X)}{IQR(X)}$$

şeklinde yapılır.

LSTM, Hochreiter ve Schmidhuber (1997) tarafından geliştirilen ve uzun vadeli bağımlılıkları öğrenme kabiliyetine sahip özel bir tekrarlayan sinir ağı (RNN) mimarisidir. Bu çalışmada, zaman serisi tahminlemesi için iki katmanlı bir LSTM modeli kullanılmıştır. Model mimarisi, ilk katmanda 128 nöronlu ve ikinci katmanda 64 nöronlu LSTM hücrelerinden oluşmaktadır. Aşırı öğrenmeyi (overfitting) engellemek amacıyla her iki LSTM katmanının ardından dropout uygulanmış ve ikinci LSTM katmanından sonra layer normalization eklenmiştir. L2 regülarizasyonu tüm katmanlarda uygulanarak modelin genelleme yeteneği artırılmıştır. Çıkış katmanından önce 25 nöronlu ve ReLU aktivasyon fonksiyonlu bir ara katman eklenmiş, en son katmanda ise tek nöronlu doğrusal çıkış katmanı kullanılmıştır.

GRU modeli, Cho vd. (2014), tarafından önerilen ve LSTM'in daha basitleştirilmiş bir versiyonu olarak sunulan tekrarlayan sinir ağı (RNN) mimarisidir. Bu model, LSTM kadar uzun vadeli bağımlılıkları değil, kısa ve orta düzeydeki bağımlılıkları öğrenme

yeteneğine sahiptir. Bu çalışmada zaman serisi tahminlemesi için iki katmanlı bir GRU modeli kullanılmıştır. Model, ilk katmanda 40 nöronlu, ikinci katmanda 30 nöronlu GRU hücrelerinden oluşmakta ve her iki katmanda da aktivasyon fonksiyonu olarak hiperbolik tanjant (tanh) kullanılmaktadır. Aşırı öğrenmeyi engellemek amacıyla her iki GRU katmanının ardından dropout uygulanmış ve ikinci GRU katmanından sonra layer normalization eklenmiştir. Model, L2 regülarizasyonu ile desteklenmiş ve çıktı katmanında tek nöronlu yoğunluk (dense) katmanı kullanılmıştır.

CNN-LSTM hibrit modeli, örüntüsel özellikleri yakalamak için CNN (Convolutional Neural Network) ve zamansal bağımlılıkları öğrenmek için LSTM yapılarının güçlü yanlarını birleştiren bir derin öğrenme mimarisidir (Xingjian vd., 2015; Donahue vd., 2015). Bu çalışmada, zaman serisi tahminlemesi için tasarlanan modelde ilk olarak 64 filtreli, 3x3 boyutlu çekirdek (kernel) kullanan ve ReLU aktivasyon fonksiyonuna sahip bir Conv1D katmanı uygulanmış, ardından 2 birimlik havuzlama boyutu ile MaxPooling1D katmanı eklenmiştir. Bu katmanlar, giriş verilerinden önemli özellikleri çıkarmak ve boyutsallığı azaltmak amacıyla kullanılmıştır. CNN katmanlarının ardından, zamansal bağlantıları öğrenmek için sırasıyla 64 ve 32 birimden oluşan iki LSTM katmanı eklenmiş ve her iki LSTM katmanında da L2 düzenlileştirmesi uygulanmıştır. Aşırı öğrenmeyi engellemek için her LSTM katmanının ardından dropout uygulanmış ve ikinci LSTM katmanından sonra layer normalization eklenmiştir. Modelin son kısmında 25 nöronlu ve ReLU aktivasyon fonksiyonlu bir tam bağlantılı katman ve ardından tek nöronlu doğrusal çıkış katmanı bulunmaktadır.

Tüm modeller, Adam optimizasyon algoritması ile derlenmiş ve kayıp fonksiyonu olarak ortalama karesel hata (MSE) kullanılmıştır. Ayrıca 150 epoch olan eğitim sürecinde erken durdurma (early stopping) stratejisi uygulanarak, modellerin doğrulama kaybı gözlemlenmiş ve aşırı uyumun önüne geçilmiştir.

Modellerin tahmin performanslarını değerlendirmek amacıyla üç temel metrik kullanılmıştır: Kök Ortalama Kare Hatası (RMSE), Ortalama Mutlak Hata (MAE) ve Belirtme Katsayısı (R^2). RMSE, Chai ve Draxler (2014) tarafından detaylandırıldığı üzere, gerçek değerler ile tahmin değerleri arasındaki farkların karelerinin

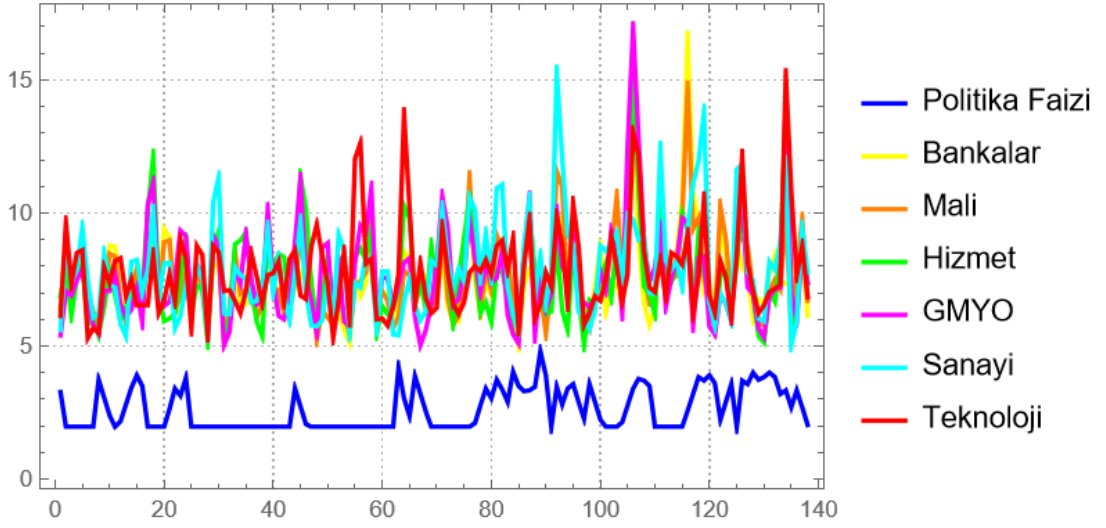
ortalamasının kareköküdür ve tahmin hatalarının büyüklüğü hakkında orijinal değerlerle aynı birimde bilgi sağlar. Bu metrik, büyük hataları küçük hatalara göre daha fazla cezalandırması nedeniyle, özellikle aykırı değerlere karşı duyarlıdır. MAE ise Willmott ve Matsuura (2005) tarafından önerildiği gibi, tahmin edilen değerler ile gerçek değerler arasındaki mutlak farkların ortalamasını ölçer ve tüm hata büyüklüklerine eşit ağırlık vererek aykırı değerlere karşı daha dayanıklı bir metrik sunar. R^2 (determinasyon katsayısı), Nagelkerke (1991) çalışmasında açıklandığı üzere, modelin hedef değişkendeki varyasyonunu açıklama yeteneğini 0 ile 1 arasında bir değerle ifade eder; 1'e yakın değerler modelin veri setindeki değişimi mükemmel şekilde açıkladığını, 0'a yakın değerler ise modelin tahmin gücünün zayıf olduğunu gösterir. Bu üç metrik birlikte kullanılarak, modelin hem hata büyüklüğü hem de açıklayıcı gücü açısından kapsamlı bir değerlendirilmesi yapılmıştır.

4. BULGULAR VE DEĞERLENDİRMELER

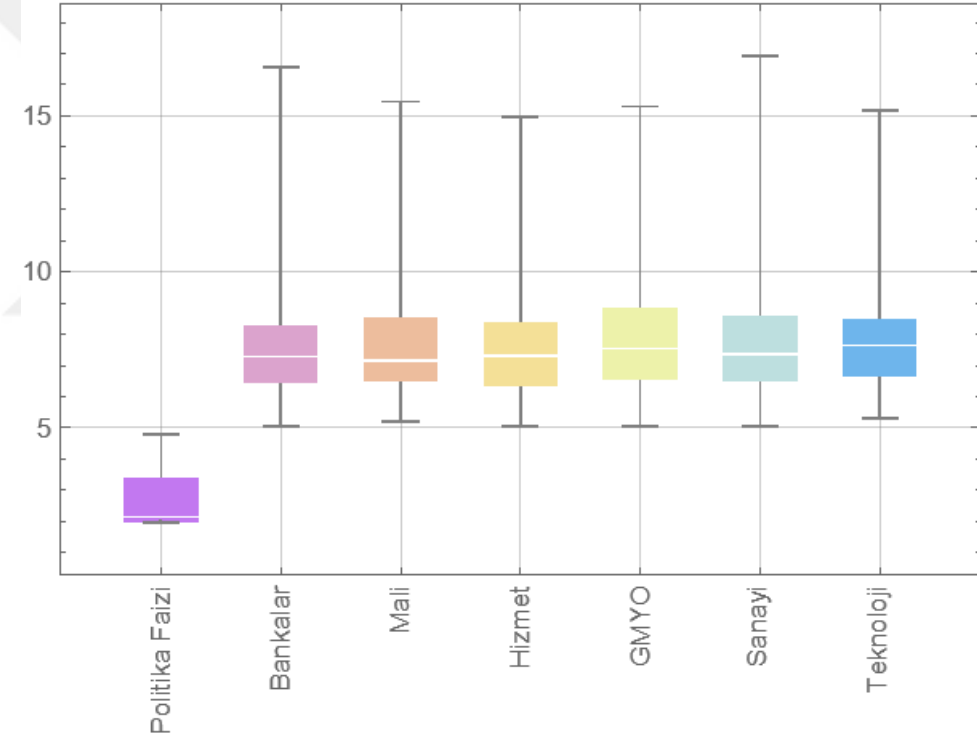
4.1. Görünürlük Graflarından Elde Edilen Bulgular

Bu bölümde politika faizi ve sektörler arasındaki ilişkileri analiz etmek için kullanılan görünürlük graflarından elde edilen bulgular ve değerlendirmeler sunulmuştur. Analiz, iki temel yaklaşım üzerinden gerçekleştirilmiştir. İlk olarak, yöntemler bölümünde ayrıntılı olarak bahsedilen kayan pencere tekniğinden elde edilen görünürlük graflarının sonuçları değerlendirilmiştir. Ardından veri setindeki her bileşen için zaman serisinin tümünü kapsayacak şekilde oluşturulan görünürlük graflarının sonuçları değerlendirilmiştir.

Ortalama derece, bir graftaki doğrudan bağlantılı olma oranını ifade eder. Görünürlük grafları bağlamında, yüksek derece değerleri zaman serisindeki noktaların birbirleriyle daha fazla görünür olduğunu, yani aralarında daha güçlü bağlantılar bulunduğunu gösterir. Şekil 4.1.'de, politika faizi ve sektörlerin kayan pencereler boyunca elde edilen ortalama dereceleri çizgi grafiği ile gösterilmiştir. Şekil 4.2.'de kayan pencereler boyunca elde edilen görünürlük graflarının ortalama derece dağılımları kutu grafiği ile gösterilmiştir. Kutu grafiği, bir veri setinin dağılım özelliklerini özetlemek, merkezi eğilim ve değişkenlik ölçülerini görselleştirmek amacıyla kullanılan istatistiksel bir grafik türüdür. Bu grafikte, veri setinin medyanı, birinci çeyrek (Q1) ve üçüncü çeyrek (Q3) değerleri görsel olarak ifade edilmektedir. Kutu, verilerin orta %50'lik kısmını temsil etmekte olup, alt ve üst sınırları sırasıyla birinci ve üçüncü çeyrekleri göstermektedir. Kutunun içerisinde yer alan yatay çizgi, veri setinin medyanını ifade eder ve verinin merkezî konumuna ilişkin bilgi sunar. Kutunun dışındaki yatay çizgiler ise, veri setindeki en düşük ve en yüksek gözlemleri temsil eder. Böylece kutu grafiği, verinin dağılımı, merkezi konumu ve yayılımı hakkında görsel ve özet bir değerlendirme yapma imkânı sağlar.



Şekil 4.1. Kayan pencereler boyunca elde edilen ortalama dereceler

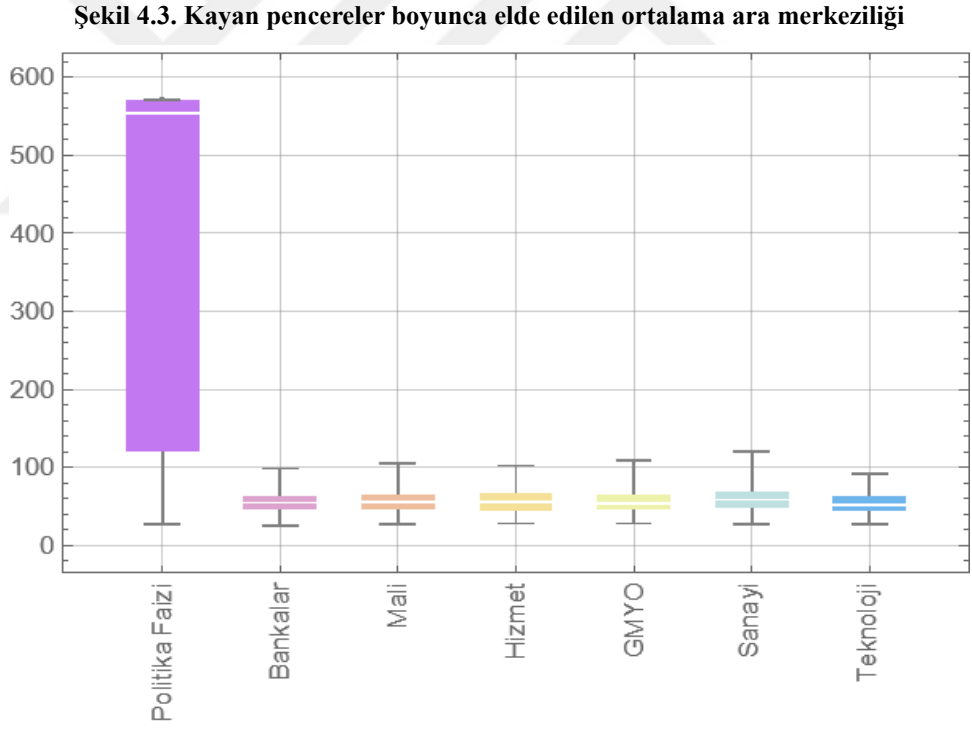
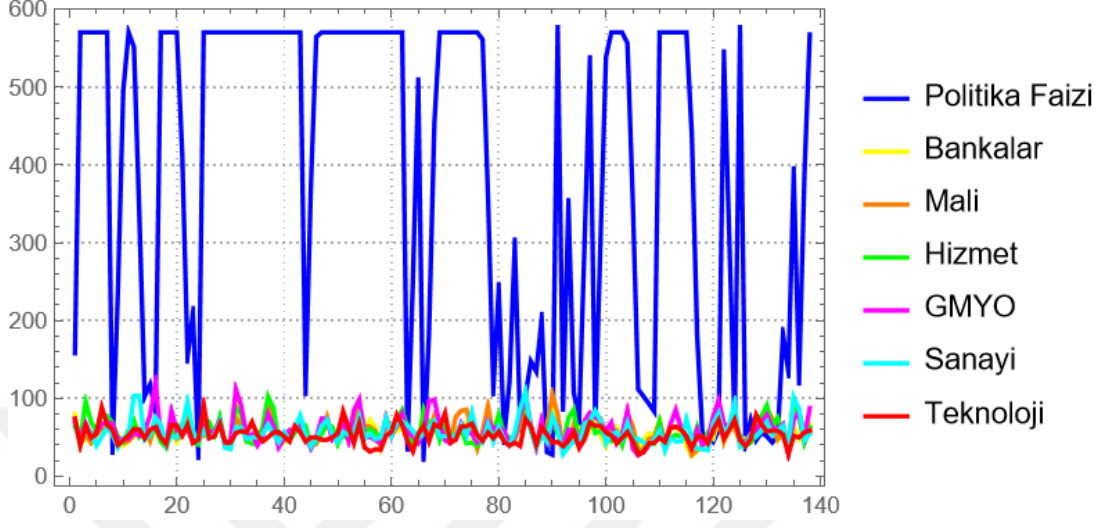


Şekil 4.2. Kayan pencereler boyunca ortalama derece dağılımı

Şekil 4.1. incelendiğinde, politika faizinin ortalama derece hareketlerindeki yükseliş ve düşüş durumlarında sektörlerin çoğunlukla zıt yönde hareket ettikleri gözlemlenmektedir. Bu durum, politika faizinde sık değişiklik yapılmasının sektörlerin kendi içlerindeki etkileşimlerini olumsuz etkilediğini göstermektedir. Bununla birlikte kullanılan pencere boyutunun üç aylık olması ve kaydırma adımının bir ay olması göz önüne alındığında, para politikası şoklarının etkilerinin doğrudan ve anlık olmaktan ziyade, çeşitli kanallar üzerinden zaman içinde yayıldığını göstermektedir. Şekil 4.2. incelendiğinde ise politika faizinin ortalama derecesinin 2 ile 4 arasında değiştiği ve diğer sektörlerle kıyasla belirgin şekilde düşük olduğu görülmektedir. Bu durum, politika faizinin zaman serisinin daha az bağlantılı ve daha izole olduğunu gösterir. Ayrıca, merkez bankasının faiz kararlarını nispeten bağımsız bir şekilde, daha az faktöre tepki vererek belirlediğini ve politika faizinin ekonomide dışsal bir değişken olarak hareket ettiğini düşündürmektedir. Başka bir ifadeyle, politika faizinin hareketleri, ekonomideki gelişmelere doğrudan bir tepki vermekten ziyade, merkez bankasının kendi belirlediği hedefler ve stratejiler doğrultusunda şekillenmektedir. Öte yandan, sektörlerin ortalama dereceleri 5 ile 16 arasında değişmekte ve geniş bir yayılım göstermektedir. Bu, sektörlerin zaman içinde bağlantı derecelerinin değişkenlik gösterdiğini ve birbirleriyle daha fazla etkileşim halinde olduklarını göstermektedir. Yüksek ortalama dereceye sahip sektörler, daha karmaşık yapılar sergilemekte ve ekonomideki diğer değişkenlerle daha fazla bağlantılı olmaktadır. Ayrıca, sektörlerin benzer ortalama derecelere sahip olması, Türkiye ekonomisinde sektörler arası entegrasyonun yüksek olduğunu ve benzer şoklara maruz kaldıklarını işaret etmektedir. Bu bulgular, politika faizinin ekonomik sistemde daha bağımsız bir değişken olduğunu, sektörlerin ise kendi aralarında güçlü bir etkileşim ağı oluşturduğunu desteklemektedir. Dolayısıyla, merkez bankasının faiz kararlarının etkileri, bu karmaşık sektörel ağ üzerinden yayılarak para politikasının etki süresinde ve büyüklüğünde farklılıklara yol açabilir.

Ara merkezilik, bir tepenin ağdaki diğer tepeler arasındaki en kısa yolların ne kadarından geçtiğini gösterir. Yüksek ara merkezilik, o tepenin ağda bir aracı veya köprü görevi gördüğünü belirtir. Şekil 4.3.'te politika faizi ve sektörlerin kayan pencereler boyunca elde edilen ortalama ara merkezilik değerleri sunulmuştur.

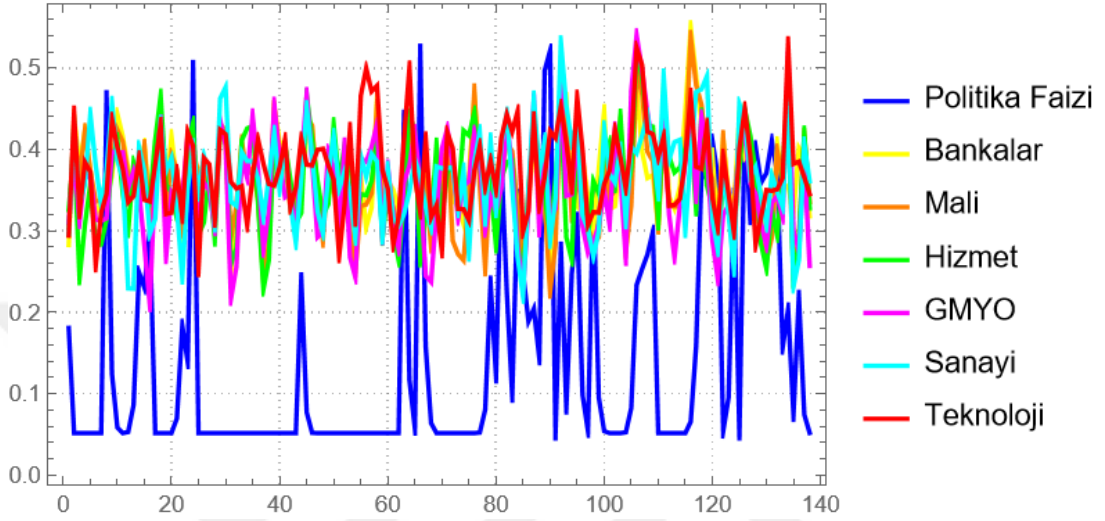
Şekil 4.4.'te kayan pencereler boyunca elde edilen görünürlük graflarının ortalama ara merkezilik dağılımı kutu grafiği ile gösterilmiştir.



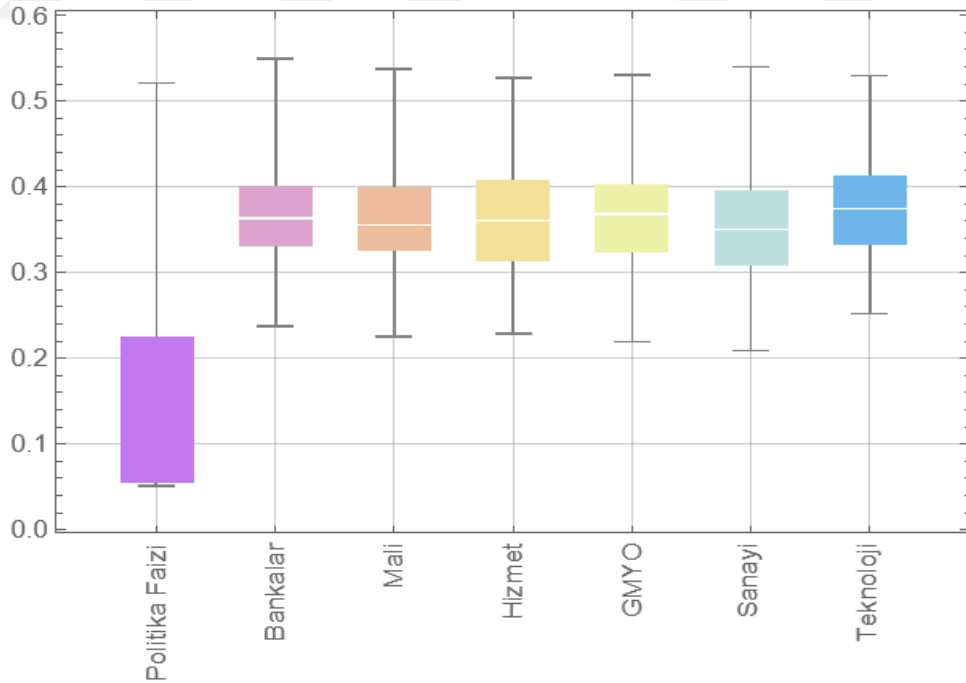
Şekil 4.3. incelendiğın politika faizi ortalama ara merkezilik hareketlerindeki yükseliş ve düşüş durumlarının çoğunda sektörlerle benzerlik var. Şekil 4.4. incelendiğinde ise politika faizinin ortalama ara merkeziliğinin 25 ile 575 arasında değıştiğı ve tüm sektörlerden belirgin şekilde yüksek olduğı görölmektedir. Bu göstergeler, politika faizinin ekonomik sistemde kritik bir aracı rolü üstlendiğine ve sektörler arasındaki bilgi ve etki akışında merkezi bir konumda yer aldığına işaret etmektedir. Politika faizi, farklı sektörler arasında bir köprü görevi görerek merkez bankası kararlarının geniş çapta yayılmasını sağlamaktadır. Politika faizinin ara merkeziliğinde gözlemlenen geniş dağılım ve varyans, faiz politikasının etkinliğinin ve rolünün zaman içinde değışkenlik gösterdiğini düşündürmektedir. Bazı dönemlerde politika faizi çok daha merkezi bir rol oynarken, diğere dönemlerde etkisi azalabilmektedir. Öte yandan, sektörlerin ortalama ara merkezilikleri 10 ile 100 arasında değışmekte ve çoğunlukla birbirlerine benzer hareket etmektedirler. Sektörlerin düşük ara merkeziliğı, bu sektörlerin birbirleriyle doğrudan etkileşim halinde olduğunu ve bilgi veya etki akışında aracı faktörlere daha az ihtiyaç duyduklarını göstermektedir. Ancak bu etkileşimler, politika faizi gibi merkezi değışkenler tarafından dolaylı olarak yönlendirilebilir. Örneğın, bankalar mali sektör şirketlerine finansman sağlayarak sermaye akışını yönetir. Yani bu iki sektör doğrudan bağlantılı olsa da TCMB faiz oranlarını artırdığında, kredi faizleri yükselir ve hem bireysel hem de ticari kredilere olan talep azalabilir. Bu durum, bankaların kredi portföyünü daraltmasına ve mali sektördeki para akışının yavaşlamasına neden olabilir. Yani sektörler doğrudan etkileşim halinde olsa da bu etkileşimin hızını ve yönünü politika faiz kararları değıştirebilir. Bu bulgular, TCMB'nin politika faiz kararlarının ekonomik sistem üzerinde önemli bir düzenleyici ve koordine edici etkiye sahip olduğunu desteklemektedir. Politika faizi, sektörler arasındaki ilişkileri yönlendiren ve ekonomik sistemin dengesini sağlayan bir mekanizma gibi hareket etmektedir. Bu da para politikasının doğrudan etkiler yaratmadığını, sektörler arası etkileşimleri şekillendirme yoluyla dolaylı etkiler yarattığını göstermektedir.

Ortalama yakınlık merkeziliğı, ağdaki tepelerin genel merkezilik düzeyini ve erişilebilirliklerini yansıtır. Görünürlük grafları bağlamında yüksek ortalama yakınlık merkeziliğı yüksek bağlantılılık ve hızlı bilgi yayılımını ifade eder.

Şekil 4.5.'te politika faizi ve sektörlerin kayan pencereler boyunca ortalama yakınlık merkeziliği hareketleri gösterilmiştir. Şekil 4.6.'da kayan pencereler boyunca elde edilen görünürlük graflarının ortalama yakınlık merkeziliği dağılımı kutu grafikleri ile gösterilmiştir.



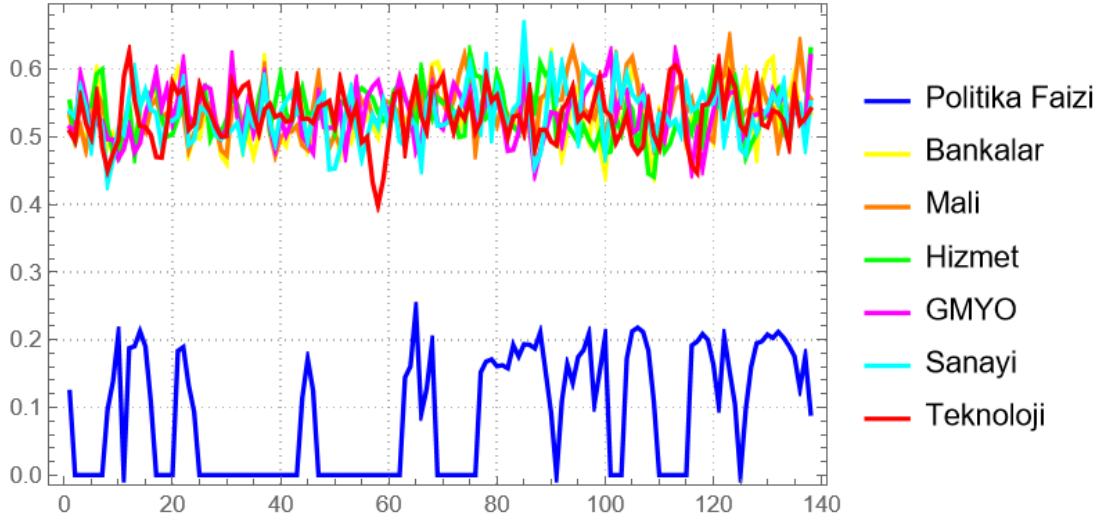
Şekil 4.5. Kayan pencereler boyunca elde edilen ortalama yakınlık merkeziliği



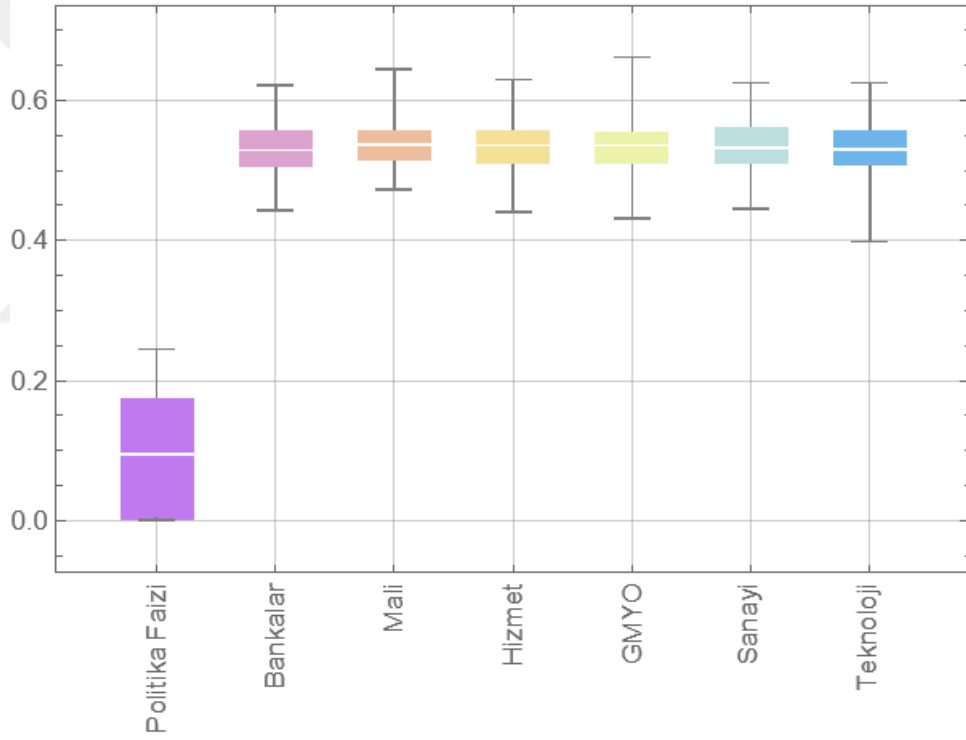
Şekil 4.6. Kayan pencereler boyunca ortalama yakınlık merkeziliği dağılımı

Şekil 4.5. incelendiğinde, politika faizi ortalama yakınlık merkeziliğinin hareketlerindeki yükseliş ve düşüş durumlarında sektörler de benzer şekilde yükselmiş ve düşmüştür. Şekil 4.6. incelendiğinde politika faizinin ortalama yakınlık merkeziliğinin, yaklaşık 0.05-0.22 arasında değerler alarak sektörlerden belirgin şekilde düşük olduğu görülmektedir. Politika faizinin yakınlık merkeziliğinin diğer sektörlerden belirgin şekilde düşük olması ve belli dönemlerde sabit olması, merkez bankasının politika faizini daha keskin ve basamaklı bir şekilde değiştirdiğini gösteriyor. Diğer taraftan sektörlerin ortalama yakınlık merkeziliğinin, yaklaşık 0,22-0.54 arasında değiştiği ve birbirlerine benzer hareket ettikleri görülmektedir. Sektörler arasındaki bu benzerlik, zaman serisi dinamiklerinin benzer karakteristiklere sahip olduklarını ve politika faizi gibi makro ekonomik değişkenlere karşı aynı güçte olmasa da benzer tepkiler verdiklerini işaret eder. Bu grafiklere göre sektörler kendi iç dinamikleriyle hareket ediyor olsa da politika faizindeki değişiklikler, sektörlerin kendi içlerindeki etkileşimlerini hızlandırabilir ya da yavaşlatabilir. Bu etkinin, pencere boyutunun üç aylık verilerle oluşması ve kaydırma adımının bir ay olması göz önüne alındığında en azından dört aylık bir süreç ile kendini gösterdiği söylenebilir. Ayrıca sektörlerin ortalama derece dağılımında, ortalama ara merkezilik dağılımında ve ortalama yakınlık merkeziliğinde benzer hareket etmesi, Türkiye ekonomisinde sektörel ayrışmanın sınırlı olduğuna ve sektörlerin benzer ekonomik faktörlerden etkilendiğine işaret eder. Dahası politika faizi gibi makro ekonomik etkenlerin sektörlerin bu yüksek entegrasyonu nedeniyle domino etkisi yaratabilme potansiyeli vardır.

Bir grafın kümelenme katsayısı, ağdaki tepelerin ne derece kümelendiğini gösterir. Yüksek değerler, bir tepenin komşu olduğu tepelerin birbirleriyle de komşu olma eğiliminde olduğunu gösterir. Böylece görünürlük graflarının kümelenme katsayısı, sektör fiyatlarının ve politika faizi oranlarının kümelenmesi hakkında bilgi verir. Şekil 4.7.'de politika faizi ve sektörlerin kayan pencereler boyunca elde edilen kümelenme katsayısı hareketleri gösterilmiştir. Şekil 4.8.'de kayan pencereler boyunca elde edilen görünürlük graflarının kümelenme katsayılarının dağılımı kutu grafiği ile gösterilmiştir.



Şekil 4.7. Kayan pencereler boyunca elde edilen kümelenme katsayıları



Şekil 4.8. Kayan pencereler boyunca kümelenme katsayısı dağılımı

Şekil 4.7. incelendiğinde politika faizi ve sektörlerin kümelenme katsayıları hareketleri arasında herhangi bir ilişki gözlemlenmemektedir. Bu durum politika faizi değişikliklerinin sektör içi kümelenmelere etki etmediğini göstermektedir. Diğer taraftan sektörlerin kümelenme katsayıları da yer yer benzer şekilde hareket etse de farklılıklar vardır. Bu durum sektörlerin her birinin nispeten kendilerine özgü bir biçimde kümelendiklerini gösterir. Başka bir deyişle sektörler için fiyat hareketlerinin birbirlerine bağlılığı çoğunlukla farklı dönemlerde ve farklı şiddetlerde kendini göstermiştir. Şekil 4.8. incelendiğinde politika faizinin kümelenme katsayısının yaklaşık 0-0.2 aralığında değerler aldığı ve sektörlerden oldukça düşük olduğu görülmektedir. Politika faizinin düşük kümelenme özelliği, merkez bankasının politika faizini, belli dönemlerde istikrarlı bir şekilde arttırdığını veya sabit bıraktığını ya da belli dönemlerde de istikrarlı bir şekilde azalttığını veya sabit bıraktığını gösterir. Diğer taraftan sektörlerin kümelenme katsayılarının dağılımı birbirlerine yakın olup yaklaşık 0.4-0.65 aralığında değişmektedir. Dağılımlar nispeten dar bir aralığa sıkışmış, bu da kümelenme özelliğinin zaman içinde istikrarlı olduğunu gösterir. Sektörlerin yüksek kümelenme katsayıları, bu sektörlerin kendi içlerinde daha düzenli, birbirine bağlı ve belirli bir ölçüde öngörülebilir davranış sergilediğini gösterir.

Tablo 4.1. ile bileşenlerin zaman serilerinin tamamı kullanılarak oluşturulan görünürlük graflarının topolojik ölçütleri sunulmaktadır. Bu tablo, sektörlerle ve politika faizine ait görünürlük graflarının genel yapısı hakkında bilgi sunmaktadır.

Tablo 4.1. Görünürlük grafları için topolojik ölçüt sonuçları

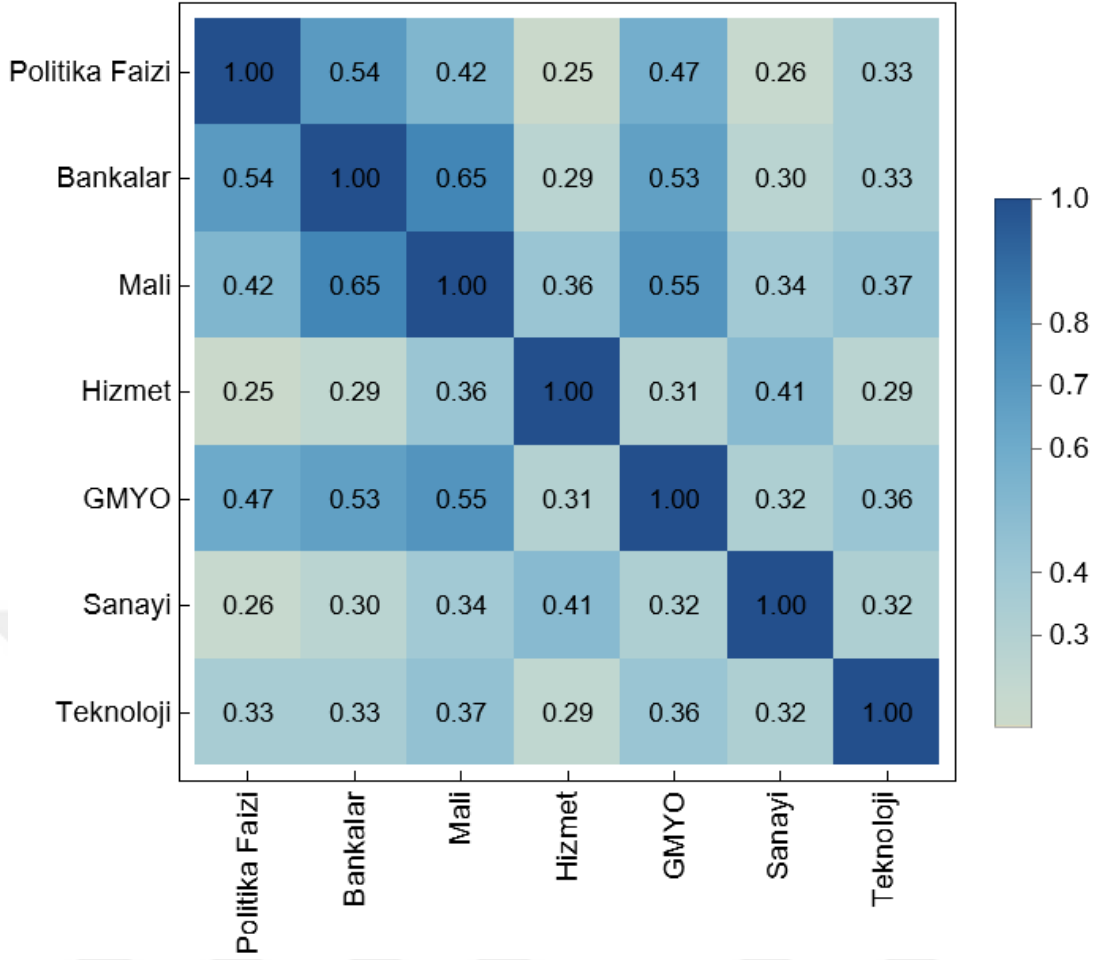
	Ayrıt Sayısı	Ortalama Derece	Yoğunluk	Yarıçap	Çap	Kümelenme Katsayısı	Derece Asortativliği
Politika Faizi	21.876	15,59	0,0055	33	65	0,0286	-0,5654
Bankalar	52.364	37,32	0,0133	5	9	0,0968	-0,3297
Mali	72.608	57,75	0,0185	4	7	0,0855	-0,4054
Hizmet	127.110	90,60	0,0323	4	8	0,0962	-0,5565
GMYO	63.292	45,11	0,0161	4	9	0,0749	-0,3177
Sanayi	122.266	87,15	0,0311	4	8	0,0749	-0,5032
Teknoloji	104.994	74,84	0,0267	4	8	0,0751	-0,4680

Tablo 4.1.'deki sonuçlar, politika faizine ait görünürlük grafinin diğer sektörlerle kıyasla belirgin şekilde daha az ayrıt içerdiğini göstermektedir. Buna karşın, Hizmet ve Sanayi sektörleri en yüksek ayrıt sayısına sahiptir. Benzer şekilde, politika faizinin ortalama tepe derecesi de diğer sektörlerden daha düşüktür, en yüksek ortalama tepe derecesi ise Hizmet ve Sanayi sektörlerinde görülmektedir. Ağ yoğunluğu açısından da politika faizi en düşük değere sahipken, Hizmet ve Sanayi sektörleri en yüksek yoğunluk değerlerine sahiptir. Ayrıca, politika faizine ait grafin yarıçapı 33 ve çapı 65 olarak hesaplanmış olup, bu değerler sektörlerle kıyasla oldukça yüksektir. Sektörlerin yarıçapı 4-5, çapı ise 7-9 aralığında değişmektedir. Kümelenme katsayısı açısından değerlendirildiğinde, politika faizi 0.02855 değeri ile en düşük kümelenme katsayısına sahiptir. Öte yandan, Bankalar 0.09683 ve GMYO 0.09623 ile en yüksek kümelenme katsayısına sahip sektörlerdir. Son olarak, tüm sektörlerde asortativlik negatif olsa da politika faizinin asortativlik değeri en düşük seviyelerden biri olarak öne çıkmaktadır. Tıpkı kayan pencerelerde olduğu gibi, politika faizi burada da sektörlerden ayrıışan bir ağ yapısı sergilemektedir. Politika faizi ile sektörler arasında belirgin yapısal farklılıklar bulunmaktadır. Politika faizi daha bağımsız ve izole bir karaktere sahipken, sektörler kendi içlerinde daha entegre ve güçlü bağlantılara sahiptir. Politika faizinin yüksek yarıçap ve çap değerleri, para politikası kararlarının ekonomiye aktarım

mekanizmasının uzun ve dolaylı olduğunu göstermektedir. Bu, politika faizindeki değişimlerin ekonomiye yayılmasının daha fazla zaman alabileceğini veya daha fazla aracı gerektirebileceğini düşündürmektedir. Hizmet ve Sanayi sektörleri, en yüksek ayrıt sayısı ve ortalama tepe derecesine sahip olup, bu durum onların ekonomide merkezi bir rol oynadığını göstermektedir. Bu sektörlerdeki değişimlerin, diğer sektörler üzerinde daha büyük bir etki yaratması muhtemeldir. Ayrıca, bu sektörlerin yüksek bağlantı yoğunluğuna sahip olması, kendi içlerinde daha dinamik ve karmaşık ilişkilere sahip olduklarına işaret etmektedir. Öte yandan, Bankalar ve GMYO sektörleri nispeten yüksek kümelenme katsayılarına sahiptir. Bu, bu sektörlerin birbirleriyle daha sıkı ilişkili alt ağlar oluşturma eğiliminde olduğunu göstermektedir. Negatif derece asortativliği, yüksek dereceli tepelerin düşük dereceli tepelerle bağlantı kurma eğiliminde olduğunu gösterir. Politika faizinin daha negatif değeri, merkez bankası kararlarının farklı büyüklükteki ekonomik aktörlerle heterojen ilişkiler kurduğunu göstermektedir.

Şekil 4.9., politika faizi ile sektörler için görünürlük graflarının yapısal benzerliğini gösteren çekirdek matrisini sunmaktadır. Bu matriste, benzerlik arttıkça renkler koyulaşmakta ve benzerlik değerleri 0 ile 1 arasında değişmektedir. Bileşenlerin kendileriyle olan benzerliği en yüksek seviyede olduğu için asal eksen boyunca 1 değerini almakta ve en koyu rengi oluşturmaktadır.

Şekil 4.9. incelendiğinde, politika faizi ile Bankalar sektörü arasında belirgin bir benzerlik olduğu gözlemlenmektedir. Benzer şekilde, Mali ve GMYO sektörleriyle de belirli bir benzerlik söz konusudur. Buna karşın, politika faizi ile Hizmet, Sanayi ve Teknoloji sektörleri arasındaki benzerlik daha düşüktür. Bu durum, para politikasının finansal sektörler üzerinde daha öngörülebilir bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Diğer sektörler için etkisi ise daha az öngörülebilirdir. Bu durum, klasik para politikası aktarım mekanizması teorisi ile açıklanabilir (Bernanke ve Gertler, 1995; Mishkin, 1996). Bu teoriye göre para politikası kararları, finansal sektörler aracılığı ile reel sektörleri etkiler.



Şekil 4.9. Graf çekirdeğinden elde edilen benzerlik matrisi

Finansal sektörlerin para politikasına duyarlılığı, yatırımcılar için kritik bir göstergedir. Faiz oranlarındaki değişimlerin bankalar ve mali piyasalar üzerindeki etkisini öngörmek, yatırım stratejileri açısından büyük önem taşımaktadır. Bankaların faiz oranlarına duyarlılığı, kredi verme eğilimlerini belirleyerek hem reel sektördeki yatırım ve büyüme süreçlerini hem de kendi kârlarını doğrudan etkileyebilir. TCMB'nin 2024-I Finansal İstikrar Raporu'na (Anonim, 2024) göre, faiz oranlarının yükselmesi bankaların öz kaynak kârlılığında düşüşe neden olan başlıca faktörlerden biridir. Bununla birlikte aynı raporda, uygulanan diğer ekonomik stratejilerin etkisiyle, gelecekte bu düşüşün önüne geçileceği de vurgulanmaktadır.

Hizmet sektörünün politika faizi ile benzerliği düşükken en yüksek benzerliği Sanayi sektörü ile göstermiştir. Bu durum politika faizinin hizmet sektöründeki gecikmeli

etkisi ve Hizmet sektörü ile Sanayi sektörü arasındaki arz-talep ilişkisini açıklamaktadır. Politika faizinin reel sektörlerle (Hizmet, Sanayi, Teknoloji) daha düşük benzerlik göstermesi, para politikasının bu sektörler üzerindeki etkisinin daha dolaylı ve gecikmeli olması ile açıklanmaktadır. Bu gecikmeli etki, Türkiye'deki yakın dönem deneyimleriyle de desteklenmektedir. TCMB'nin 2023 ortasında başlattığı sıkı para politikasının Sanayi sektörü üzerindeki etkisi, 2024'ün ikinci ve üçüncü çeyreğinde belirgin hâle gelmiştir. Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı'nın yayınladığı rapora göre (Anonim, 2024), 2024 yılının ikinci ve üçüncü çeyreğinde, Sanayi sektöründe sırasıyla %1.8 ve %2.2 daralma gerçekleşmiştir.

Bankalar, Mali ve GMYO sektörleri arasındaki yüksek benzerlik, bu sektörlerin ekonomik faktörlere benzer tepkiler verdiklerini göstermektedir. Politika faizi ile olan yüksek benzerlikleri de bu durum ile tutarlıdır. Aynı zamanda bu sektörler arasında güçlü bağlantılar vardır. Mali sektör şirketleri bankalardan finansman sağlarken GMYO şirketleri de hem bankacılık hizmetlerinden hem de mali sektörün sunduğu finansal kiralama ve faktoring hizmetlerinden yararlanmaktadır. Ayrıca düzenleyici kurumların yaptığı regülasyonlar da bu finansal sektörlerde benzer etkiler yaratarak birlikte hareket etmelerine neden olmaktadır. Bu durum, yatırımcılar açısından bu sektörlerin birbirine alternatif değil, risklerin yayılabileceği iç içe geçmiş alanlar olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla bu benzerlik, yalnızca sektörler arası korelasyonu değil, aynı zamanda sistemik risk potansiyelini de ortaya koymaktadır.

Son olarak benzerlik matrisi incelendiğinde Teknoloji sektörü, en düşük benzerliklere sahip sektör olarak öne çıkmaktadır. Bu durum, Teknoloji sektörünün kendine özgü dinamiklere sahip olduğunu ve geleneksel sektörel sınıflandırmaların dışında davrandığını göstermektedir. Bununla birlikte politika faizine benzerliği, Sanayi ve Hizmet sektörlerinden daha yüksektir. Teknoloji şirketleri genellikle gelecekteki nakit akışlarına dayalı olarak değerlendirilmektedir. Bu değerlemeler faiz oranı değişimlerine oldukça hassas olduğundan para politikası değişikliklerine Sanayi ve Hizmet sektörlerinden daha duyarlı olabilir.

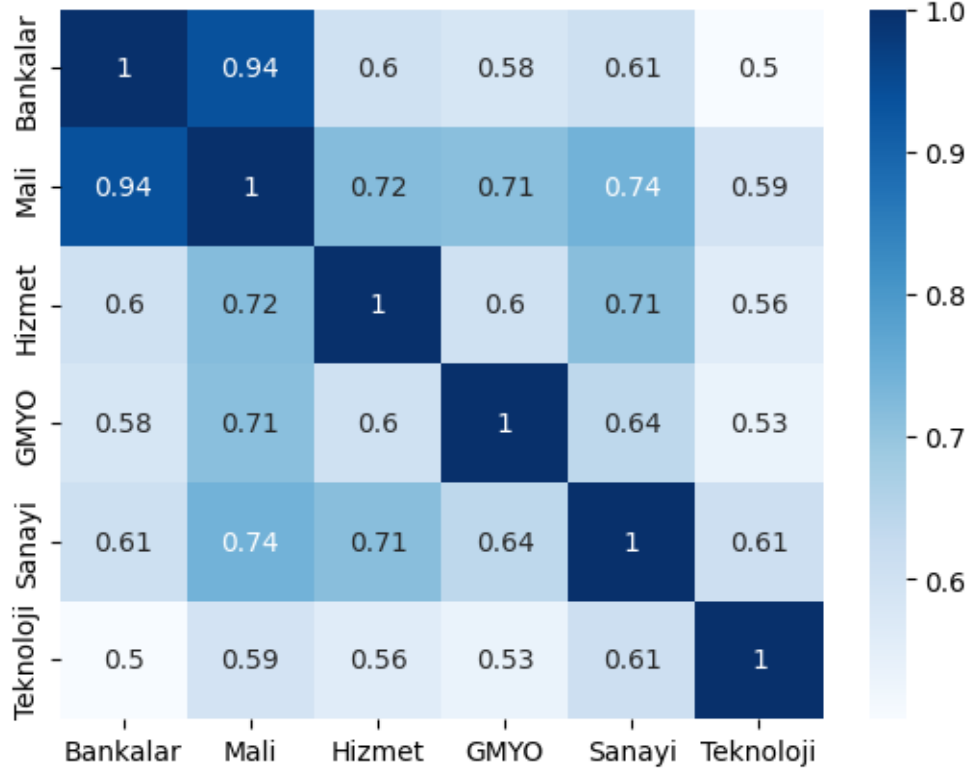
4.2. Diğer Yöntemlerden Elde Edilen Bulgular

Tablo 4.2'de politika faizi ile sektörler arasındaki Spearman korelasyon ilişkisi ve istatistiksel olarak anlamlılığını gösteren p değerleri sunulmuştur. Tablo incelendiğinde, Teknoloji sektörünün anlamlılık değeri sınırda olmakla birlikte, tüm sektörlerin korelasyon katsayıları istatistiksel olarak anlamlıdır. Korelasyon katsayılarının 0.05 civarında olması, politika faizi ile sektör getirileri arasında çok zayıf bir monoton ilişki olduğunu göstermektedir. Bu durum, politika faizi arttığında sektör getirilerinin her zaman artmadığını, ancak genel bir artış eğilimi bulunduğunu ifade eder. Klasik ekonomik beklentilerin aksine, faiz artışlarının sektör endeksleri üzerinde doğrudan negatif bir monoton etkisi olmadığı görülmektedir. Hatta, zayıf da olsa pozitif monoton bir ilişki söz konusudur. Bu pozitif monoton ilişkinin ortaya çıkmasının farklı nedenleri olabilir. Görünürlük graflarından elde edilen bulgular da dikkate alındığında, faiz artışlarının gecikmeli etkisinin bu durumun olası nedenlerinden biri olduğu söylenebilir. Ayrıca, politika faizlerinin ekonomik istikrarı sağlayarak yatırımcılara güven vermesi de bir diğer olası neden olarak değerlendirilebilir.

Tablo 4.2. Politika faizi ve sektörler arasındaki Spearman korelasyon ilişkisi

	Bankalar	Mali	Hizmet	GMYO	Sanayi	Teknoloji
Politika Faizi	0,0498	0,0599	0,0586	0,0506	0,0532	0,0383
p değerleri	0,0083	0,0015	0,0019	0,0073	0,0048	0,0426

Şekil 4.10'da sektörler arası Spearman korelasyon ilişkisini gösteren bir korelasyon matrisi sunulmuştur. Korelasyon katsayılarının anlamlılığını belirten p değerleri oldukça düşük olduğundan, bu değerler özel olarak ayrı ayrı belirtilmemiştir.



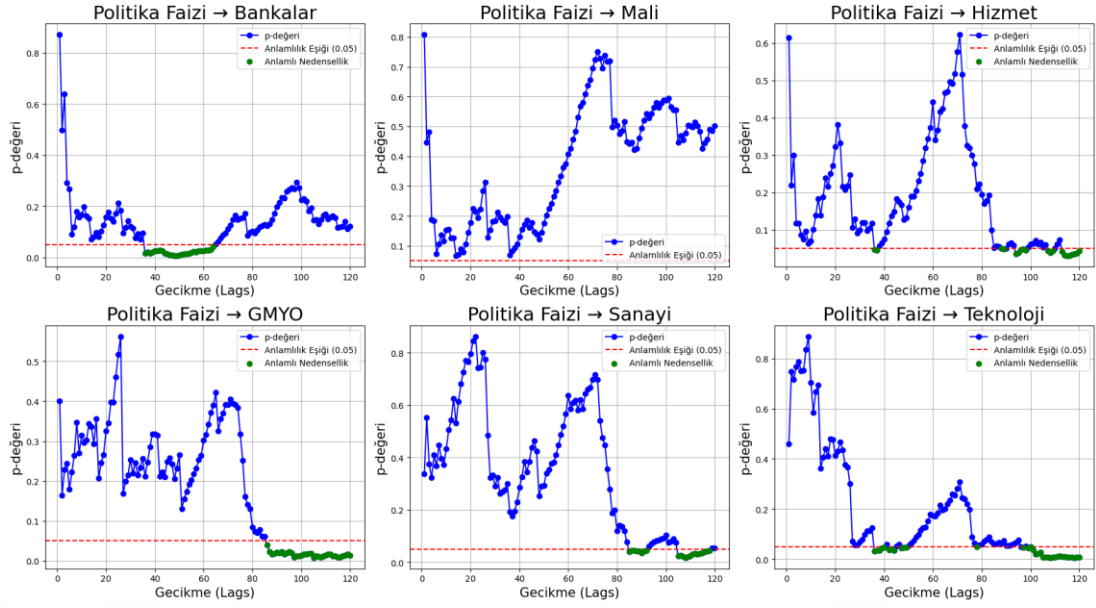
Şekil 4.10. Sektörler arasındaki Spearman korelasyon ilişkisi

Matris incelendiğinde, Bankacılık ve Mali sektörler arasında 0.94'lük yüksek bir korelasyon olduğu görülmektedir. Bu durum, finansal sektörlerin birbirine oldukça bağımlı hareket ettiğini göstermektedir. Ekonomik açıdan bu beklenen bir sonuçtur çünkü her iki sektör de faiz oranları, enflasyon ve ekonomik büyüme gibi makroekonomik faktörlerden benzer şekilde etkilenmektedir. Ayrıca, finansal kuruluşlar sıklıkla birbirlerinin müşterisi veya iş ortağıdır. Teknoloji sektörü ise diğer sektörlerle en düşük korelasyonlara sahiptir (0.5-0.61 aralığında). Bu, teknoloji sektörünün Türkiye piyasasında görece bağımsız hareket ettiğini ve yatırımcılar için portföy çeşitlendirmesi açısından fırsatlar sunduğunu göstermektedir. Teknoloji şirketleri genellikle küresel trendlere ve inovasyona bağlı olup, yerel ekonomik dalgalanmalardan daha az etkilenme eğilimindedir. Sanayi sektörünün Hizmet (0.71) ve Mali (0.74) sektörleriyle güçlü korelasyon göstermesi, sanayi üretiminin hem finansal sektörle hem de hizmet sektörüyle doğrudan bağlantılı olduğunu ortaya koymaktadır.

Sanayi şirketleri üretim süreçlerini finanse etmek için mali sektöre, dağıtım ve pazarlama faaliyetleri için ise hizmet sektörüne bağımlıdır. Benzer şekilde, GMYO (Gayrimenkul Yatırım Ortaklıkları) sektörünün Mali sektörle 0.71'lik yüksek bir korelasyon göstermesi, gayrimenkul sektörünün finansal piyasalardaki gelişmelere ve kredi koşullarına duyarlı olduğunu vurgulamaktadır. Mortgage faiz oranları ve diğer finansal faktörler, gayrimenkul sektörünün performansını doğrudan etkilemektedir. Hizmet sektörünün Mali (0.72) ve Sanayi (0.71) sektörleriyle güçlü korelasyon göstermesi ise ekonominin farklı segmentleri arasındaki entegrasyonu açıkça ortaya koymaktadır. Ekonomik büyüme dönemlerinde, finansal hizmetlerin artması ve sanayi üretiminin genişlemesi, hizmet sektöründeki büyümeyi de desteklemektedir.

Bu bulgular, kayan pencereler yöntemiyle elde edilen görünürlük grafi topolojik ölçütlerinin sonuçlarıyla da tutarlılık göstermektedir. Politika faizi ile sektörler arasındaki zayıf korelasyon ilişkisi, topolojik ölçütlerde politika faizinde meydana gelen ani artış ve düşüşler sırasında sektörlerin benzer ya da zıt yönlü tepkiler vermesiyle gözlemlenmiştir. Öte yandan, sektörler arasındaki yüksek korelasyon ilişkisi ise topolojik ölçütlerde sektörlerin aynı şiddette olmasa da genellikle birlikte hareket etmeleri şeklinde kendini göstermiştir. Bu durum, görünürlük grafi analizinin sadece statik ilişkileri değil, zaman içerisindeki dinamik örüntüleri de ortaya koyabildiğini göstermektedir. Kayan pencere tekniğiyle elde edilen topolojik metrikler, sektörler ve politika faizi arasındaki ilişkilerin zamanla nasıl değiştiğini izleme imkânı sunmakta; böylece korelasyon analizine kıyasla daha ayrıntılı ve duyarlı bir analiz sağlamaktadır. Sonuç olarak, görünürlük grafi yaklaşımı, para politikası etkilerinin sektörel düzeyde incelenmesinde hem tamamlayıcı hem de açıklayıcı bir araç olarak kullanılabilir bir yöntem olarak öne çıkmaktadır.

Şekil 4.11.'de politika faizi ile sektörler arasındaki Granger nedenselliği grafikleri sunulmuştur. Grafikler farklı gecikme uzunluklarında (x eksen) ρ - değerlerini (y eksen) göstermektedir. ρ -değerinin kritik seviye olan 0.05'in altında olduğu (yeşil noktalar) durumlar, istatistiksel olarak anlamlı bir nedensellik ilişkisinin varlığını gösterir.



Şekil 4.11. Politika faizinden sektörlere tek yönlü Granger nedenselliği grafikleri

Şekil 4.11. incelendiğinde, Bankalar sektörü için 35-65 gecikme aralığında anlamlı bir nedensellik ilişkisi gözlemlenmektedir. Bu, para politikası kararlarının Bankalar sektörüne etkisinin yaklaşık 2-3 ay gecikmeli olarak ortaya çıktığını göstermektedir. İstatistiksel olarak, bu dönemde H_0 hipotezi (Politika faizi, bankalar endeksinin Granger nedeni değildir) reddedilmektedir. Bu bulgu, daha önce belirttiğimiz Bankalar sektörünün politika faizi ile güçlü etkileşimini doğrular niteliktedir. Diğer taraftan beklenilenin aksine politika faizi Mali sektörün Granger nedeni değildir. Bu durum, Granger nedenselliğinin yalnızca gecikmeli ve doğrusal ilişkilere duyarlı olmasından kaynaklanabilir. Ayrıca Mali sektörün politika faizine dolaylı ve zamanla yayılmış tepkileri, Granger testi ile tespit edilememiş olabilir. Hizmet sektörü, yaklaşık 40 gecikme anlamlı ve çok kısa süreli bir nedensellik gösterse de çoğunlukla 90-120 arası anlamlı ve yine kısa süreli nedensellikler göstermiştir. Bu da politika faizi ile Hizmet sektörü arasındaki ilişkinin hem oldukça gecikmeli hem de oldukça zayıf veya dolaylı olduğunu göstermektedir. GMYO sektörü, 90-120 gecikme aralığında uzun süreli bir nedensellik ilişkisi göstermektedir. Bu bulgu, GMYO'nun faiz değişikliklerine en geç tepki veren sektörlerden biri olduğunu göstermektedir. Gayrimenkul projelerinin uzun vadeli olması, yatırım kararlarının yavaş değişmesi ve politika faiz kararlarının, faiz

koridoruyla reel sektörlere yansımadaki süreç bu gecikmeyi açıklayan temel faktörlerden biridir. Bu sonuç, GMYO sektörünün finansal piyasalara bağımlı olduğunu gösteren korelasyon bulgularıyla da uyumludur. Ayrıca bu nedensellik ilişkisinin oldukça belirgin olması, politika faizi ile GMYO sektörü arasındaki ilişkinin güçlü ancak oldukça gecikmeli olduğunu belirtmektedir. Bu da çekirdek matrisindeki benzerlik ile örtüşmektedir. Sanayi sektörü için 90-120 gecikme aralığında anlamlı ve kısa süreli nedensellik ilişkileri tespit edilmiştir. Bu durum, sanayi sektöründeki yatırım ve üretim kararlarının politika faizine uzun vadeli bir gecikme ile tepki verdiğini göstermektedir. Sanayi yatırımları, genellikle uzun vadeli finansmana bağlı olduğu için, faiz oranlarındaki değişikliklerin etkileri zaman içinde kademeli olarak ortaya çıkmaktadır. Teknoloji sektörü, 25-45 gecikme aralığında oldukça kısa süreli nedensellik ilişkileri ve 90-120 gecikme aralığında ise uzun süreli bir nedensellik ilişkisi göstermiştir. Bu, teknoloji sektörünün hem kısa hem de uzun vadede para politikası değişimlerinden etkilendiğini ortaya koymaktadır. Ayrıca çekirdek matrisindeki benzerlikler Teknoloji sektörünün Sanayi ve Hizmet sektörüne kıyasla politika faizi ile ilişkisinin daha güçlü olduğunu göstermektedir. Benzer ilişki Granger nedenselliği grafikleri incelendiğinde de görülmektedir. Genel olarak, Granger nedensellik test sonuçları, para politikası kararlarının ekonominin farklı sektörleri üzerinde heterojen etkilere sahip olduğunu göstermektedir. Bu heterojenlik hem etki büyüklüğü hem de zaman boyutunda gözlenmektedir. Bankalar ve Teknoloji sektörleri nispeten daha hızlı tepki verirken, GMYO ve Sanayi sektörleri daha uzun vadede bir tepki göstermektedir. Özellikle Bankalar sektörünün politika faizine hızlı tepki vermesi, finansal istikrar açısından kritik öneme sahiptir. Merkez Bankası'nın finansal istikrarı korumaya yönelik kararlarının Bankalar sektörü üzerinde diğer sektörlerle kıyasla daha hızlı etkiler yaratacağı söylenebilir. Son olarak, merkez bankasının faiz politikalarının sektörler üzerindeki etkisi 20 ile 120 gecikme arasında değişmektedir. Bu da para politikalarının hedeflenen sektörler üzerinde istenen etkiyi yaratması için zaman gerektiğini ve politikacıların sabırlı olması gerektiğini ortaya koymaktadır. Özellikle Bankalar sektörü dışındaki sektörlerde belirgin etkiler daha geç ortaya çıkmaktadır. Bu durum, para politikasının ekonomi üzerindeki etkisinin dengeli ve eşzamanlı olmadığını göstermektedir.

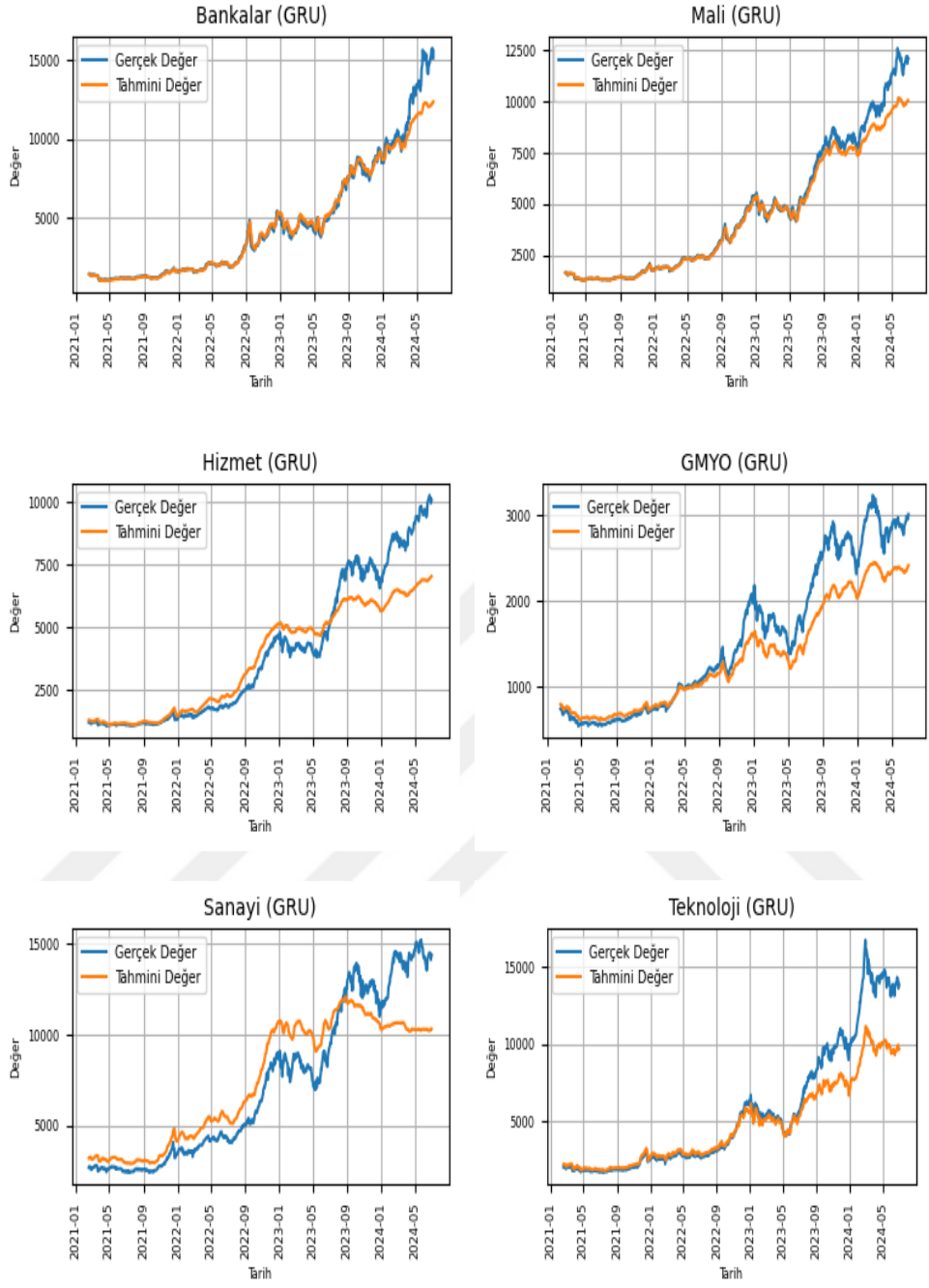
GRU modeli ile yapılan tahmin grafikleri Şekil 4.12.'de, LSTM modeli ile yapılan tahmin grafikleri Şekil 4.13.'de ve CNN - LSTM hibrit modeli ile yapılan tahmin grafikleri ise Şekil 4.14.'te sunulmuştur. Ayrıca Tablo 4.3. ile modellerin performanslarını ölçen metrik değerleri sunularak karşılaştırma yapılmıştır.

Elde edilen bulgular, para politikası faiz değişikliklerinin farklı sektörler üzerindeki etkilerinin hem yoğunluk hem de karmaşıklık açısından önemli ölçüde farklılaştığını ortaya koymaktadır. Bankalar ve Mali sektör, nispeten daha basit yapıdaki GRU modeli ile gerçekleştirilen tahminlemelerde daha düşük hatalar ve daha yüksek R^2 değerleri göstermiştir. Bu sonuç, söz konusu sektörlerin politika faizindeki değişimlere karşı daha öngörülebilir tepkiler verdiğini göstermekte olup, graf çekirdeğinden elde edilen yüksek benzerlik oranları ile de tutarlılık göstermektedir. Buna karşılık, düşük benzerlik oranlarına sahip Sanayi, Hizmet ve Teknoloji sektörleri, daha karmaşık ve derin mimari yapıya sahip CNN-LSTM hibrit modelinde daha başarılı tahminlemeler yapmıştır. Bu bulgu, söz konusu sektörlerin faiz değişikliklerine verdikleri tepkilerin doğrusal olmayan, yüksek zamansal bağımlılık içeren ve çok boyutlu karakteristiğe sahip olduğunu kanıtlamaktadır. Gayrimenkul Yatırım Ortaklıkları (GMYO) sektörü ise hem LSTM hem de CNN-LSTM modellerinde daha iyi tahminleme sonuçlarına ulaşmıştır. Bu durum, GMYO sektörünün politika faizi ile Sanayi, Hizmet ve Teknoloji sektörleri kadar karmaşık olmasa da orta düzeyde bir ilişki yapısına sahip olduğuna ve bu ilişkinin güçlü zamansal bağımlılık gösterdiğine işaret etmektedir.

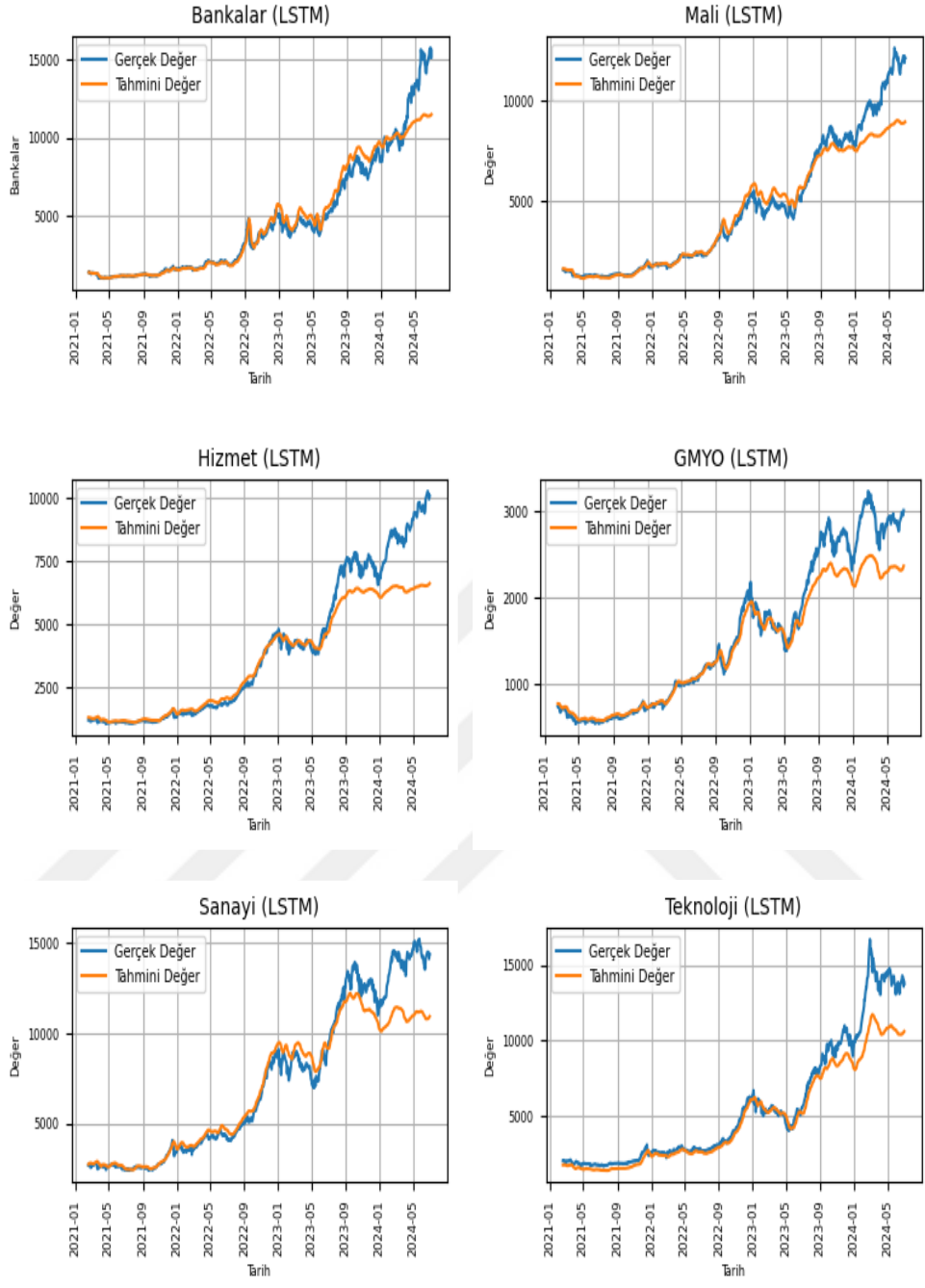
Tablo 4.3.'teki sonuçlar, modellerin eğitim ve test performansları arasında dikkat çekici farklar olduğunu ortaya koymaktadır. Bu durumun nedeni, zamansal veri bölünmesinin doğal sonucu olarak test periyodunda yaşanan yapısal değişimler (COVID-19 sonrası makroekonomik şoklar, 2022 enflasyon krizi vb.) olabilir. Yani test döneminde modelin eğitim sırasında maruz kalmadığı aşırı oynaklık (volatilité) içermesinden dolayı olabilir. Gupta ve Steinbach (2020), makroekonomik verilerle yapılan derin öğrenme tahminlerinde, özellikle kriz dönemlerinde test performansının eğitime kıyasla belirgin şekilde düştüğünü göstermiştir. Pesaran ve Timmermann(2002), yaptıkları çalışma ile model performanslarının zaman

serilerindeki yapısal kırılmalar nedeniyle olumsuz etkilendiğini ortaya koymuşlardır. Bu anlamda derin öğrenme modelleri bazı sınırlar içeriyor olsa da test verilerinden elde edilen yüksek R^2 değerleri, politika faizi ve sektörler arasındaki temel ilişkinin yakalandığını göstermektedir.

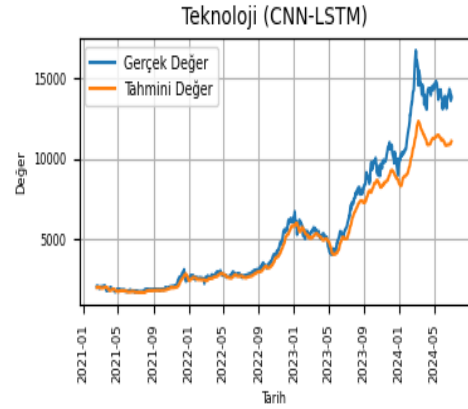
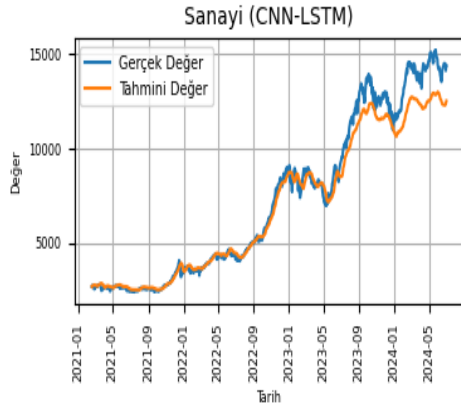
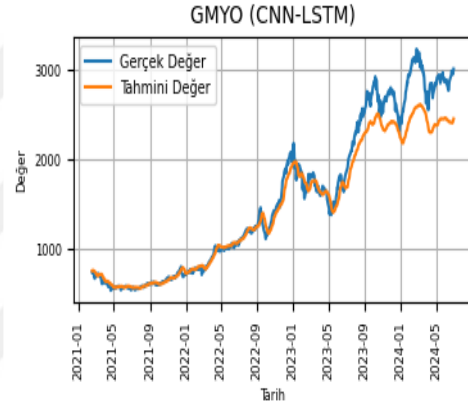
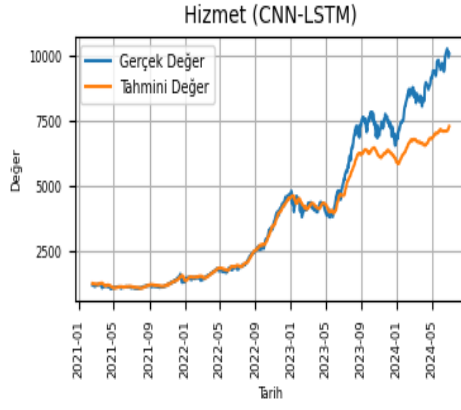
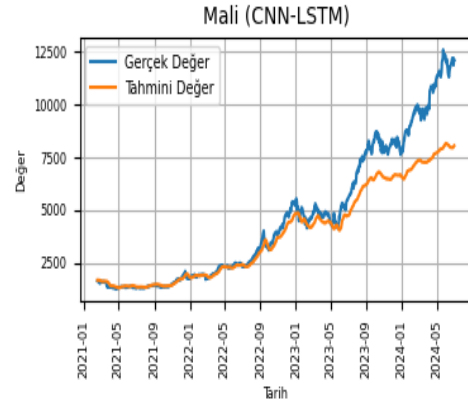
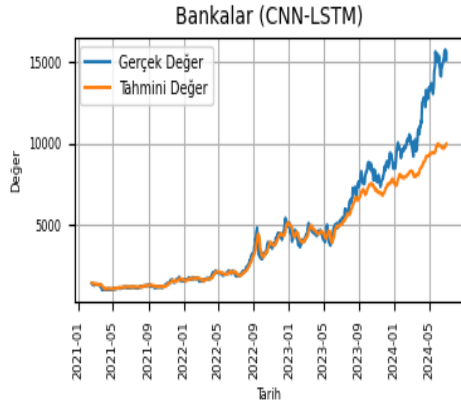




Şekil 4.12. GRU modeli tahmin grafikleri



Şekil 4.13. LSTM modeli tahmin grafikleri



Şekil 4.14. CNN-LSTM modeli tahmin grafikleri

Tablo 4.3. Derin öğrenme modellerinin performans karşılaştırması

Yöntemler	Sektörler	RMSE (eğitim)	RMSE (test)	MAE (eğitim)	MAE (test)	R ² (eğitim)	R ² (test)
GRU	Bankalar	40,877	647,478	32,660	279,831	0,958	0,97
	Mali	23,019	576,372	17,093	294,659	0,978	0,967
	Hizmet	29,843	1056,954	22,085	731,637	0,97	0,85
	GMYO	28,0695	335,207	18,981	248,047	0,882	0,845
	Sanayi	146,094	1783,69	109,279	1440,15	0,844	0,824
	Teknoloji	135,949	1719,039	122,258	980,73	0,81	0,81
LSTM	Bankalar	48,001	870,824	37,068	452,564	0,947	0,946
	Mali	44,225	858,343	32,75	468,041	0,919	0,928
	Hizmet	42,074	1004,592	29,777	563,021	0,941	0,873
	GMYO	14,88	253,532	11,526	159,157	0,96	0,911
	Sanayi	69,708	1265,179	50,491	767,356	0,951	0,911
	Teknoloji	101,988	1306,101	77,058	772,507	0,951	0,896
CNN-LSTM	Bankalar	52,727	1356,191	40,42	660,182	0,921	0,868
	Mali	39,093	1294,884	29,215	760,794	0,901	0,836
	Hizmet	26,324	884,764	18,874	493,636	0,978	0,901
	GMYO	15,139	213,894	11,256	136,901	0,983	0,907
	Sanayi	40,571	798,207	30,529	513,834	0,988	0,965
	Teknoloji	49,487	1192,054	34,071	692,564	0,988	0,913

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma, Türkiye'deki politika faizi kararlarının Borsa İstanbul'daki çeşitli sektörler üzerindeki etkilerini görünürlük grafi yöntemi ve ileri analiz teknikleriyle kapsamlı şekilde incelemiştir.

Araştırma sonuçları, ekonomik ilişkileri anlamada önemli bulgular ortaya koymuştur. Görünürlük grafi ile yapılan dinamik analizler, politika faizinin finansal sistemde nispeten izole bir değişken olduğunu gösterirken, sektörlerin kendi içlerinde entegre bir yapıya sahip olduğunu ortaya koymuştur. Önemli bir bulgu olarak, politika faizi sektörlerle doğrudan etki etmekten ziyade, diğer ekonomik faktörler üzerinden dolaylı bir etki yaratarak ekonomik düzenleyici olarak köprü görevi üstlenmektedir. Ayrıca, politika faizindeki değişikliklerin sektörler üzerindeki etkisi anlık değil, zaman içerisinde kademeli olarak ortaya çıkmaktadır.

Graf çekirdeğinden elde edilen benzerlikler, politika faizinin finansal sektörlerle etkisinin daha öngörülebilir olduğunu, reel sektörlerle etkisinin ise daha dolaylı olduğunu göstermektedir. Analizler sonucunda özellikle Bankalar, Mali ve GMYO sektörleri arasında güçlü bir etkileşim olduğu tespit edilmiştir. Görünürlük grafi analizinden elde edilen bu bulgular, diğer analiz yöntemlerinden elde edilen sonuçlarla ve ekonomik varsayımlarla uyumludur.

Korelasyon analizleri, politika faizinin sektörler üzerinde doğrudan etkisinin oldukça düşük ancak pozitif yönde olduğunu göstermiştir. Bu analiz aynı zamanda, sektörler arasındaki güçlü etkileşimi de doğrulamıştır. Granger nedensellik testleri ise, faiz değişikliklerinin sektörlerle gecikmeli olarak yansıdığını ancak Bankalar sektörünün diğer sektörlerle kıyasla hızlı tepki verdiğini ortaya koymuştur. Çalışmada kullanılan derin öğrenme modelleri, sektörlerin faiz değişikliklerine olan tepkilerini farklı yapısal düzeylerde değerlendirmiştir. Bu modeller, finansal sektörlerin faiz değişimlerine karşı daha öngörülebilir hareket ettiğini, reel sektörlerin ise daha karmaşık dinamiklere sahip olduğunu göstermiştir.

Bu çalışma, politika faizinin ekonomi üzerindeki etkilerini yalnızca doğrudan değil, dolaylı yansımalar üzerinden de değerlendirerek literatüre ağ analizi ve derin öğrenme teknikleriyle yeni bir perspektif kazandırmaktadır. Bununla birlikte, bu çalışmanın yöntemsel ve veri kaynaklı bazı sınırları bulunmaktadır. İlk olarak, veri setinde yalnızca sektörlerin günlük kapanış değerleri ve politika faizi kullanılmış olup, işlem hacmi, volatilité ve döviz kuru gibi diğer ekonomik değişkenler analize dahil edilmemiştir. Bu kısıtlama, hem veri boyutunun artmasının model karmaşıklığını aşırı derecede yükselteceği hem de ek değişkenlerin veri kalitesi ve eksik veri sorunu yaratma potansiyeli nedeniyle bilinçli olarak tercih edilmiştir. Böylece tezin uygulanabilirliği ve odak bütünlüğü korunmuştur. Bu çalışma, görünürlük grafi temelli yöntemlerin politika faizi-sektör ilişkisine uygulanabilirliğini göstermek amacıyla yapılandırıldığından, modelde değişken sayısının kontrollü tutulması sonuçların yorumlanabilirliğini ve yapının anlaşılabilirliğini sağlamıştır. İkinci önemli sınırlama, derin öğrenme modellerinde yalnızca temel performans metriklerine (RMSE, MAE, R^2) yer verilmesidir. Çapraz doğrulama veya istatistiksel anlamlılık testleri (bootstrap, Diebold-Mariano gibi) uygulanmamıştır. Bu tercih, derin öğrenme modellerinin hem zaman hem de işlem gücü açısından yoğun kaynak gerektirmesi nedeniyle yapılmıştır. Tezde kullanılan modellerin her biri için çapraz doğrulama veya bootstrap testleri çalıştırmak, aşırı hesaplama yükü ve zaman baskısı oluşturmaktadır.

Gelecek çalışmalarda, daha geniş zaman dilimi ayrılarak bu modellerin çok değişkenli versiyonları ve ileri istatistiksel karşılaştırmaları gerçekleştirilebilir. Ancak bu tezde sunulan yaklaşım, belirtilen sınırlılıklara rağmen zaman serisi analizinde graf teorisine dayalı yöntemlerin ve derin öğrenme modellerinin başarılı bir şekilde bir arada kullanılabileceğini göstermiştir.

KAYNAKLAR

- Ahmadlou, M. ve Adeli, H. ve Adeli, A. (2012) Improved visibility graph fractality with application for the diagnosis of autism spectrum disorder, *Phys. A Stat. Mech. Its Appl.*, 115 (2), 4720-4726.
- Akgüller, Ö., Balcı, M.A., Batrancea, L.M. ve Gaban, L. (2023) Path-Based Visibility Graph Kernel and Application for the Borsa Istanbul Stock Network, *Mathematics*, 11 (16), 2227-7390.
- Aldous, J.M.ve Wilson,R.J. (2006) *Graphs and applications an introductory approach*, Springer, Great Britain, 444s.
- Anonim, *Finansal İstikrar Raporu*, TCMB, Mayıs 2024, 38, 77s.
- Anonim, *2024 Büyüme ikinci çeyrek* T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, <https://www.sbb.gov.tr/buyume/>, 2024.
- Anonim, *2024 Büyüme üçüncü çeyrek* T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, <https://www.sbb.gov.tr/buyume/>, 2024.
- Aranburu-Imatz, A., Jiménez-Hornero, J.E., Morales-Cané, I. ve López-Soto, P.J. (2023) Environmental pollution in North-Eastern Italy and its influence on chronic obstructive pulmonary disease: time series modelling and analysis using visibility graphs, *Air Qual. Atmos. Health.*, 16 (4), 793-804.
- Beineke, L.W. (2004) Families of grafs and digrafs 20-28 Gross J.L. ve Yellen J. (editörler), *Handbook of graph theory*, CRC. Press, United Kingdom, 1192s.
- Bernanke, B. S. ve Gertler, M. (1995) Inside the black box: The credit channel of monetary policy transmission, *J. Econ. Perspect.*, 9 (4), 27-48.
- Bezsudnov, I. ve Snarskii, A. (2014) From the time series to the complex networks: The parametric natural visibility graph, *Physica A*, 414, 53-60.

- Buckley, F ve Harary, F (1990) *Distance in graph*, Addison-Westey Publishing Comp., Newyork, 335s.
- Chai, T. ve Draxler, R. R. (2014) Root mean square error (RMSE) or mean absolute error (MAE)? – Arguments against avoiding RMSE in the literature, *Geosci. Model Dev.*, 7 (3), 1247–1250.
- Chartrand, G. ve Zhang, P. (2004) Graphical measurement, 873-888, Gross J.L. ve Yellen J. (editörler), *Handbook of graph theory*, CRC. Press, United Kingdom, 1192s.
- Cho, K., Van Merriënboer, B., Gulcehre, C., Bahdanau, D., Bougares, F., Schwenk, H. ve Bengio, Y. (2014) Learning phrase representations using RNN encoder-decoder for statistical machine translation, *arXiv preprint arXiv:1406.1078*.
- Dai, P.F., Xiong, X. ve Zhou, W. X. (2019) Visibility graph analysis of economy policy uncertainty indices, *Phys. A Stat. Mech. Its Appl.*, 531, 121748.
- Diestel, R. (2005) *Graph theory*, Electronic edition, Springer-Verlag Heidelberg, New York, 408s.
- Donahue, J., Anne Hendricks, L., Guadarrama, S., Rohrbach, M., Venugopalan, S., Saenko, K. ve Darrell, T. (2015) Long-term recurrent convolutional networks for visual recognition and description, *In Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*, 2625-2634.
- Geng, Z., Wang, Z., Hu, H., Han, Y., Lin, X. ve Zhong, Y. (2019) A fault detection method based on horizontal visibility graph-integrated complex networks: Application to complex chemical processes, *Can. J. Chem. Eng.*, 97 (5), 1129-1138.
- Gibbons, A. (1985) *Algorithmic graph theory*, Cambridge University Press, New York, 259s.
- Granger, C.W.J. (1969) Investigating causal relations by econometrics models and cross-spectral methods, *Econometrica*, 37 (3), 424-438.

- Gross, J. ve Yellen J. (1998) *Graph theory and its applications*, CRC.Press, U.S.A. 600s.
- Gross, J.L. ve Yellen J. (2004) Fundamentals of graf theory, 2-19, Gross J.L. ve Yellen J. (editörler), *Handbook of graph theory*, CRC. Press, United Kingdom, 1192s.
- Guo, C., Wang, J., Zhang, Y., Zhang, H.ve Yang, H. (2024) Ground air pollutants explanation based on multiple visibility graph of complex network by temporal community division, *PLoS ONE*, 19 (3), 1-15.
- Gupta, R. ve Steinbach, R. (2020) Deep learning for macroeconomic forecasting: A comparative study, *Int. J. Forecast.*, 36(4), 1387–1401.
- Hastie, T., Tibshirani, R. ve Friedman, J.H. (2009) *The elements of statistical learning: data mining, inference, and prediction*, Springer, 745s.
- Hochreiter, S. ve Schmidhuber, J. (1997) Long short-term memory, *Neural computation*, 9 (8), 1735-1780.
- Hu, J., Chu, C., Criado, R., Chen, J., Hao, S. ve Wang, M. (2023) Visibility graph and graph convolution networks-based segmentation of carbon emission in China, *Ann. Oper. Res.*, 1-22.
- Iacovacci, J. ve Lacasa, L. (2020) Visibility graphs for image processing, *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell*, 42 (4), 974-978.
- Kriege, N. M., Johansson, F. D., ve Morris, C. (2019). A survey on graph kernels, *Appl. Netw. Sci.*, 5 (2020).
- Lacasa, L., Lague, B., Ballesteros, F., Luque, J. ve Nuño, J.C. (2008) From time series to complex networks: the visibility graph, *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A*, 105 (13), 4972-4975.
- Li, Y., Snavely, N. ve Huttenlocher, D.P. (2010) Location recognition using prioritized feature matching, *In Computer Vision–ECCV 2010: 11th European Conference on Computer Vision*, Berlin, Springer, 791-804.

- Liu, F., Wang, N. ve Wei, D. (2017) Analysis of chinese stock market by using the method of visibility graph, *Open Cybern. Syst. J.*, 11, (21).
- Liu, K., Weng, T., Gu, C. ve Yang, H. (2020) Visibility graph analysis of Bitcoin price series, *Phys. A Stat. Mech. Its Appl.*, 538, 122952.
- Long, Y. (2013) Visibility graph network analysis of gold price time series, *Phys. A Stat. Mech. Its Appl.*, 393 (16), 3374-3384.
- Luque, B., Lacasa L., Ballesteros, F. ve Luque, J. (2009) Horizontal visibility graphs: exact results for random time series, *Phys. Rev. E*, 80 (4), 046103.
- Mishkin, F.S. (1996) The channels of monetary transmission: Lessons for monetary policy, *NBER Working Paper*, 5464.
- Mohammadpoory, Z., Nasrolahzadeh, M., Mahmoodian, N., Sayyah, M. ve Haddadnia, J. (2019) Complex network based models of ECoG signals for detection of induced epileptic seizures in rats, *Cogn. Neurodyn.*, 13, 325-339.
- Nagelkerke, N. J. (1991) A note on a general definition of the coefficient of determination, *Biometrika*, 78 (3), 691-692.
- Newman, E.M.J. (2009) Assortative mixing in networks, *arXiv Preprint*, 89, 208701.
- Pesaran, M. H. ve Timmermann, A. (2002) Market timing and return prediction under model instability, *J. Econom.*, 109 (2), 239–263.
- Schölkopf, B., Smola, A. ve Müller, K.R. (1997) Kernel principal component analysis, *In International Conference on Artificial Neural Networks*, Springer, 583–588.
- Songtao, L., Zhenshuo, L., Yang, G. ve Zhenming, W. (2021) Automatic radar antenna scan type recognition based on unlimited penetrable visibility graph, *J. Syst. Eng. Electron.*, 32 (2), 437-446.
- Spearman, C. (1904) The proof and measurement of association between two things, *Am. J. Psychol.*, 15(1), 72–101.

- Sun, M., Wang, Y. ve Gao, C. (2016) Visibility graph network analysis of natural gas price: The case of North American market, *Phys. A Stat. Mech. Its Appl.*, 462, 1-11.
- Steen, M.V. (2010) *Graph theory and complex networks an introduction*, Maarten van Steen, New York 299s.
- Vishwanathan, S.V.N., Schraudolph, N.N., Kondor, R., ve Borgwardt, K.M. (2010), Graph kernels, *J. Mach. Learn. Res.*, 40 (11), 1201-1242.
- Wang, F., Tian, L., Du, R. ve Dong, G. (2021) Universal law in the crude oil market based on visibility graph algorithm and network structure, *Res. Pol.*, 70, 101961.
- West, D. B. (2001) Introduction to graph theory, Second edition, *Upper Saddle River: Prentice hall*, 512s.
- Willmott, C. J. ve Matsuura, K. (2005) Advantages of the mean absolute error (MAE) over the root mean square error (RMSE) in assessing average model performance, *Clim. Res.*, 30 (1), 79-82.
- Xingjian, S. H. I., Chen, Z., Wang, H., Yeung, D. Y., Wong, W. K. ve Woo, W. C. (2015) Convolutional LSTM network: A machine learning approach for precipitation nowcasting, Cortes C., Lawrence N., D. Lee D., M. Sugiyama M. ve R. Garnett R., (editörler) *Advances in Neural Information Processing Systems*, Curran Associates Inc., 28.
- Zhu, G., Li, Y. ve Wen, P.P. (2014) Epileptic seizure detection in EEGs signals using a fast weighted horizontal visibility algorithm. *Comput. Methods Programs Biomed.*, 115 (2), 64-75.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: D***z R*****a E*****n

EĞİTİM BİLGİLERİ

- **Lisans:** Aksaray Üniversitesi, Matematik Bölümü (2020–2023) – Bölüm Birinciliği
- **Yüksek Lisans:** Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Matematik Anabilim Dalı (2023–2025)

BURSLAR

- YÖK Temel Bilimleri Destekleme Bursu
- TÜBİTAK 2210 – A Yurtiçi Yüksek Lisans Bursu

BİLGİ VE BECERİLER

- MS Office programları (Word, Excel, PowerPoint)
- Python programlama dili
- Orta düzey İngilizce (B1)