Tarsus Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Fakültesi Dergisi 2026, 6(1): 1-21
Tarsus University Faculty of Applied Sciences Journal 2026, 6(1): 1-21
Available online at: https://ubfdergisi.tarsus.edu.tr/tr
e-ISSN:2757-9948

Makale Türü: *Araştırma Makalesi*

BIST 100 ENDEKSİNDE BİLGİSEL ETKİNLİK VE AŞIRI NEGATİF GETİRİ OLASILIĞI

Informational Efficiency and the Probability of Extreme Negative Returns in the BIST 100 Index

Serkan ALKAN*

Yazar Bilgileri

* *Dr. Öğr. Üyesi, Tarsus Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Finans ve Bankacılık Bölümü, e-mail: serkanalkan@tarsus.edu.tr*

Anahtar Kelimeler:
Bilgisel Etkinlik,
Shannon Entropisi,
Logit Modeli,
Aşırı Negatif Getiri Olasılığı,
BIST 100 Endeksi

ÖZ

Bu çalışmanın amacı, BIST 100 endeksinde bilgisel etkinlik ile aşırı negatif getiri olasılığı arasındaki ilişkiyi incelemektir. Çalışmada 5 Ocak 2015–12 Mart 2026 dönemine ait günlük BIST 100 kapanış verileri kullanılmıştır. Bilgisel etkinlik, farklı kayan pencere ve blok uzunlukları için hesaplanan normalize Shannon entropisi ile ölçülmüş, aşırı negatif getiri olasılığı ise logit modelleri aracılığıyla analiz edilmiştir. Ana modelde günlük getiri dağılımının alt %1'lik kısmı aşırı negatif getiri göstergesi olarak tanımlanmış, alt %5 eşiği ise sağlamlık analizi amacıyla kullanılmıştır. Ayrıca volatilite ve Amihud illikidite değişkenleri kontrol değişkenleri olarak modele dahil edilmiş, katsayı anlamlılıkları heteroskedastisite ve otokorelasyona tutarlı HAC standart hatalarla değerlendirilmiştir. Bulgular, entropi değişkenine ait katsayının temel ve kontrol değişkenli modellerde negatif ve istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir. Alt %5 eşiğine dayalı sağlamlık analizi de bu ilişkinin daha geniş negatif getiri tanımı altında devam ettiğini ortaya koymaktadır. Genel bulgular, BIST 100'de bilgisel etkinlikteki zayıflamaların aşağı yönlü uç risk açısından anlamlı bilgi taşıdığını göstermektedir.

Author Information

* *Asst. Prof., Tarsus University, Faculty of Applied Sciences, Department of Finance and Banking, e-mail: serkanalkan@tarsus.edu.tr*

Keywords:
Informational Efficiency,
Shannon Entropy,
Logit Model,
Probability of Extreme Negative Returns,
BIST 100 Index

ABSTRACT

This study aims to examine the relationship between informational efficiency and the probability of extreme negative returns in the BIST 100 Index. The analysis uses daily BIST 100 closing data for the period from January 5, 2015 to March 12, 2026. Informational efficiency is measured using normalized Shannon entropy calculated for different rolling window and block lengths, while the probability of extreme negative returns is analyzed through logit models. In the main model, observations in the lower 1% tail of the daily return distribution are defined as extreme negative returns, whereas the lower 5% threshold is used for robustness analysis. Volatility and Amihud illiquidity are also included as control variables, and coefficient significance is evaluated using heteroskedasticity and autocorrelation consistent HAC standard errors. The findings show that the coefficient of the entropy variable is negative and statistically significant in both the baseline and control-variable models. The robustness analysis based on the lower 5% threshold also indicates that this relationship continues under a broader definition of negative returns. Overall, the findings suggest that deteriorations in informational efficiency contain meaningful information about downside tail risk in the BIST 100 Index.

Makale Gönderim Tarihi: 08.06.2026
Revizyon Tarihi: 11.07.2026
Kabul Tarihi: 02.09.2026

1.GİRİŞ

Finansal piyasalarda fiyatların mevcut bilgileri ne ölçüde yansıttığı sorusu, modern finans literatürünün temel tartışma alanlarından birini oluşturmaktadır. Bu tartışmanın kuramsal çerçevesi, Etkin Piyasalar Hipotezi ile sistematik biçimde şekillenmiştir. Etkin Piyasalar Hipotezi'ne göre piyasaya ulaşan tüm ilgili bilgiler menkul kıymet fiyatlarına yansımakta, dolayısıyla yatırımcıların kamuya açık bilgilerden hareketle sürekli biçimde piyasa üstü getiri elde etmeleri mümkün olmamaktadır (Fama, 1970). Bu yaklaşımda özellikle bilgisel etkinlik ön plana çıkmakta, fiyatların yeni bilgiye hızlı tepki verdiği ve fiyat değişimlerinin rassal yürüyüş özelliği gösterdiği kabul edilmektedir. Fama (1970), piyasa etkinliğini zayıf, yarı güçlü ve güçlü form olmak üzere üçe ayırmakta ve bu ayrımı, fiyatların geçmiş bilgiler, kamuya açık bilgiler ve tüm özel bilgiler karşısındaki duyarlılığı temelinde açıklamaktadır.

Etkin Piyasalar Hipotezi'ne yönelen en önemli eleştirilerden biri davranışsal finans literatüründen gelmiştir. Bu yaklaşım, yatırımcı davranışlarının yalnızca rasyonel hesaplamalarla açıklanamayacağını, karar süreçlerinde psikolojik önyargılar, duygular ve sezgisel değerlendirmelerin önemli rol oynadığını vurgulamaktadır (Baker ve Nofsinger, 2002; Kanapickienė vd., 2024). Bu çerçevede, yatırımcıların her zaman rasyonel olmadığı, irrasyonel davranışların birbirini tam olarak dengelemediği ve sınırlı arbitraj nedeniyle fiyatların her zaman temel değerlere hızla dönemediği savunulmaktadır (Shleifer, 2000). Bu tartışmalar, piyasa etkinliğinin sabit ve mutlak bir durum olmaktan ziyade, piyasa koşullarına bağlı olarak değişebileceği yönündeki görüşleri güçlendirmiştir.

Bu tartışmaların bir uzantısı olarak Lo (2004) tarafından geliştirilen adaptif piyasalar hipotezi, etkin piyasa yaklaşımı ile davranışsal finansı uzlaştırmaya çalışan alternatif bir çerçeve sunmaktadır. Adaptif piyasalar hipotezine göre piyasa etkinliği mutlak ve değişmez bir özellik değildir. Aksine, rekabet, uyum, öğrenme, çevresel değişim ve yatırımcı davranışları gibi unsurlara bağlı olarak zaman içinde zayıflayıp güçlenebilen dinamik bir yapıdır (Lo, 2004; Lo, 2005). Bu yaklaşım, piyasalarda zaman zaman trendlerin, paniklerin, balonların ve çöküşlerin görülebileceğini, dolayısıyla bazı dönemlerde arbitraj fırsatlarının ve öngörülebilir örüntülerin ortaya çıkabileceğini kabul etmektedir. Bu yönüyle adaptif piyasalar hipotezi, özellikle kriz, şok ve belirsizlik dönemlerinde piyasa etkinliğinin neden bozulabildiğini açıklamak açısından güçlü bir teorik dayanak sağlamaktadır (Erer, Erer ve Güngör, 2023; Cruz-Hernández ve Mora-Valencia, 2024).

Piyasa etkinliğinin zamanla değişen yapısını ölçmede bilgi teorisi ve entropi temelli yaklaşımlar önemli avantajlar sunmaktadır. Entropi, finansal serilerdeki belirsizlik, düzensizlik ve bilgi içeriğini ölçmeye imkân veren esnek bir araçtır. Bu nedenle yalnızca piyasa etkinliğinin değerlendirilmesinde değil, aynı zamanda portföy seçimi, risk ölçümü, varlık fiyatlama, opsiyon değerleme ve doğrusal olmayan bağımlılıkların analizi gibi alanlarda da kullanılmaktadır (Zhou, Cai ve Tong, 2013; Chortane ve Naoui, 2022). Entropi temelli yöntemlerin en önemli üstünlüğü, klasik finans modellerinin çoğu zaman dayandığı normal dağılım, doğrusal ilişki ve varyans temelli risk ölçümü gibi sınırlayıcı varsayımları gevşetebilmesidir. Bu nedenle entropi, finansal piyasaların karmaşık, doğrusal olmayan ve zaman içinde değişen yapısını incelemede uygun bir analitik zemin sunmaktadır (Alvarez-Ramirez, Rodriguez ve Alvarez, 2012; Patra ve Hiremath, 2022).

Entropi yaklaşımının bir diğer önemli kullanım alanı, piyasa etkinliğindeki bozulmalar ile aşırı negatif getiri olasılığı arasındaki ilişkinin incelenmesidir. Risso (2008), Japonya, Malezya, Rusya, Meksika ve ABD piyasalarını kapsayan çalışmasında, bilgisel etkinlik azaldıkça aşırı negatif getiri olasılığının arttığını göstermiştir. Benzer bulgular, farklı gelişmiş ve gelişmekte olan piyasalarda entropi ile ölçülen etkinlik kayıplarının aşağı yönlü uç riskle

ilişkili olabileceğini göstermektedir (Boubaker ve Lamia, 2010; Adel ve Lamia, 2011; Pele, 2011; Boubaker ve Sahli, 2012).

Türkiye gibi gelişmekte olan ve dönemsel olarak yüksek oynaklık, makroekonomik belirsizlik ve dışsal şoklara maruz kalan bir piyasada, bilgisel etkinlik ile aşırı negatif getiri olasılığı arasındaki ilişkinin incelenmesi ayrıca önem taşımaktadır. Borsa İstanbul (BIST), özellikle son yıllarda para politikası değişimleri, kur şokları, küresel finansal dalgalanmalar, pandemi ve doğal afetler gibi çok sayıda iç ve dış gelişmeden etkilenmiştir. Bu durum, piyasa etkinliğinin zaman içinde sabit bir özellik göstermeyebileceğini ve belirli dönemlerde zayıflayabileceğini düşündürmektedir. Buna rağmen BIST 100 özelinde bilgisel etkinliğin Shannon entropisi ile ölçülerek aşağı yönlü aşırı getiri riskiyle ilişkilendirildiği çalışmalar sınırlı kalmaktadır. Özellikle etkinlikteki bozulmaların volatilite ve likidite koşulları dikkate alındığında da aşırı negatif getiri olasılığıyla ilişkili olup olmadığının incelenmesi, Borsa İstanbul literatürü açısından önemli bir araştırma alanı sunmaktadır.

Bu çalışmanın temel amacı, 5 Ocak 2015–12 Mart 2026 döneminde BIST 100 endeksinde bilgisel etkinlik ile aşırı negatif getiri olasılığı arasındaki ilişkiyi incelemektir. Bu doğrultuda, BIST 100'e ait günlük logaritmik getiri serisi kullanılarak piyasa etkinliği normalize Shannon entropisine dayalı bir yaklaşımla ölçülmekte ve etkinlik düzeyindeki değişimlerin aşırı negatif getiri olasılığı üzerindeki etkisi logit modeli aracılığıyla test edilmektedir. Ana modelde günlük getiri dağılımının alt %1'lik kısmı aşırı negatif getiri göstergesi olarak tanımlanmakta, alt %5 eşiği ise sağlamlık analizi amacıyla kullanılmaktadır. Ayrıca volatilite ve Amihud illikidite değişkenleri modele kontrol değişkenleri olarak dahil edilmektedir. Kayan pencere yöntemiyle oluşturulan serilerde ardışık gözlemler arasında bağımlılık ortaya çıkabileceği dikkate alınarak, katsayıların anlamlılığı heteroskedastisite ve otokorelasyona dayanıklı (heteroskedasticity and autocorrelation consistent, HAC) standart hatalar kullanılarak değerlendirilmektedir.

Çalışma, Borsa İstanbul'da piyasa etkinliğinin zaman içinde değişen yapısını dikkate alması bakımından adaptif piyasalar hipoteziyle uyumlu bir çerçeve sunmaktadır. Bu kapsamda araştırma, bir yandan BIST 100'de bilgisel etkinliğin düzeyini entropi temelli bir yöntemle değerlendirmekte, diğer yandan etkinlikteki bozulmaların aşağı yönlü piyasa riskiyle ilişkisini doğrudan test etmektedir. Bu yönüyle çalışma, Shannon entropisi ile ölçülen bilgisel etkinliği yalnızca piyasa işleyişine ilişkin bir gösterge olarak değil, aynı zamanda aşırı negatif fiyat hareketleri açısından bilgi taşıyabilecek tamamlayıcı bir risk göstergesi olarak ele almaktadır. Volatilite ve Amihud illikidite kontrollerinin kullanılması ise entropi etkisinin temel piyasa koşulları altında korunup korunmadığını değerlendirmeye imkân vermektedir. Bu bakımdan araştırma, BIST 100 özelinde bilgisel etkinlik ile aşağı yönlü uç risk arasındaki ilişkiyi inceleyerek hem Borsa İstanbul literatürüne hem de entropi temelli finans uygulamalarına katkı sunmaktadır.

Çalışmanın geri kalanı şu şekilde düzenlenmiştir. İkinci bölümde konuya ilişkin literatür özetlenmektedir. Üçüncü bölümde veri seti, değişkenler ve uygulanan yöntem ayrıntılı olarak açıklanmaktadır. Dördüncü bölümde ampirik bulgular sunulmakta ve değerlendirilmektedir. Son bölümde ise çalışmadan elde edilen temel sonuçlar özetlenmekte, bulguların literatürle ilişkisi tartışılmakta ve gelecekte yapılabilecek araştırmalara yönelik önerilere yer verilmektedir.

2.LİTERATÜR

Borsa İstanbul'da piyasa etkinliğine ilişkin literatür, kullanılan yöntem, veri frekansı, dönem seçimi ve dikkate alınan yapısal kırılmalara bağlı olarak farklı sonuçlar ortaya koymaktadır. Zayıf formda etkinliği test eden çalışmaların bir bölümü, Borsa İstanbul'da fiyatların rassal yürüyüş özelliği sergilediğini ve geçmiş fiyat bilgilerinden hareketle sistematik biçimde aşırı getiri elde edilemeyeceğini savunmaktadır. Bu doğrultuda Bektur ve Aydın (2019), BIST 100 ile hizmet, teknoloji, sınai ve mali endeksleri üzerinde yaptıkları analizde, hem geleneksel doğrusal birim kök testleri hem de yapısal değişimleri dikkate alan Fourier KPSS testi sonucunda endekslerin birim kök içerdiğini ve zayıf formda etkinliğin geçerli olduğunu göstermektedir. Benzer biçimde Özdemir (2022), BIST 100 endeksini günlük, haftalık ve aylık frekanslarda incelemiş; runs testi, varyans oranı testi, ADF, PP, KPSS ve yapısal kırılmalı birim kök testleri yardımıyla serilerin rassal yürüyüş özelliği taşıdığını ve piyasanın zayıf formda etkin olduğunu ortaya koymuştur. Oğuz (2021) da BIST 100'de doğrusal ve doğrusal olmayan yöntemleri birlikte kullandığı çalışmasında, farklı trend dönemlerinde ulaşılan sonuçların yöntem ve alt örneklem yapısına duyarlı olmakla birlikte, genel olarak piyasanın zayıf formda etkin olduğuna işaret ettiğini belirtmektedir.

Buna karşılık literatürde Borsa İstanbul'un zayıf formda etkin olmadığına işaret eden çok sayıda bulgu da bulunmaktadır. Malcıoğlu ve Aydın (2016), BIST 100 ile hizmet, mali, sınai ve teknoloji endekslerinin günlük getiri serilerinde doğrusal olmayan yapı tespit etmiş ve doğrusal olmayan birim kök testi sonuçlarına dayanarak serilerin durağan olduğunu, dolayısıyla geçmiş fiyat bilgilerinden yararlanılarak tahmin yapılabileceğini ileri sürmüştür. Benzer şekilde Günbay Yılmaz ve Karaaslan (2025), BIST 100, BIST 50, BIST 30 ve BIST Tüm endekslerinde uzun hafıza modelleri kullanarak özellikle volatilite yapısında kalıcılık bulunduğunu, şokların etkisinin kısa sürede ortadan kalkmadığını ve bu nedenle zayıf formda etkinliğin tam olarak sağlanmadığını göstermektedir. Varol ve Kıran Baygın (2025) da 27 sektör endeksi üzerinde uyguladıkları Fourier kantil birim kök testi sonucunda, endekslerin önemli bir kısmında rassal yürüyüş özelliğinin bulunmadığını ve piyasa etkinliğinin sektörler arasında farklılaştığını ortaya koymaktadır. Türkiye piyasasını daha geniş ülke grupları içinde değerlendiren Sezen (2025) ise E7 ülkeleri için volatilitede uzun hafıza ve yüksek kalıcılık bulmuş, bu sonucun ilgili piyasaların zayıf formda etkin olmadığını gösterdiğini ifade etmiştir. Bu çalışmalar birlikte değerlendirildiğinde, Borsa İstanbul'da piyasa etkinliğinin sabit ve tek yönlü bir sonuç üretmediği, aksine kullanılan yönteme ve incelenen döneme göre değişebildiği anlaşılmaktadır.

Piyasa etkinliğinin zaman içinde değişebileceği düşüncesi, özellikle adaptif piyasalar hipotezi çerçevesindeki çalışmalarla daha görünür hale gelmiştir. Borsa İstanbul üzerine yapılan bu çalışmaların ortak noktası, piyasa etkinliğinin durağan bir özellik taşımadığı ve farklı dönemlerde güçlenip zayıflayabildiği yönündeki bulgulardır. Eyüboğlu ve Eyüboğlu (2020), BIST 100, BIST Sınai ve BIST Mali endekslerini iki yıllık alt dönemler itibarıyla değerlendirmiş ve etkin ile etkin olmayan dönemler arasında geçişlerin bulunduğunu ortaya koymuştur. Köse İçigen ve Kayalı (2022), BIST 100'de getiri öngörülebilirliğinin zaman içinde değiştiğini ve bu değişimin altın fiyatları, döviz kuru, para arzı ve kriz dönemleri gibi piyasa koşullarından etkilendiğini göstermiştir. Ertaş ve Özkan (2018) ise BIST 100 ve S&P 500 endekslerini karşılaştırmalı olarak inceleyerek her iki piyasada da etkinliğin sabit değil dönemsel olarak değişen bir yapı sergilediğini, bu nedenle adaptif piyasalar hipotezinin açıklayıcılığının etkin piyasalar hipotezine kıyasla daha yüksek olduğunu ileri sürmüştür.

Son yıllarda yapılan çalışmalar, bu zamanla değişen etkinlik yapısının yalnızca genel piyasa endekslerinde değil, sektörler ve kriz dönemleri boyunca da izlenebildiğini göstermektedir. Aytekin ve Doğan (2023), XU100 ile

seçili sektör endekslerinde Asya krizi, Dotcom krizi, mortgage krizi, Avrupa borç krizi ve COVID-19 dönemi boyunca etkinliğin dalgalandığını ve krizlerin niteliğine göre farklı yoğunlukta sapmalar oluştuğunu belirtmektedir. Şenol ve Koç (2025), BIST 30 endeksi için çok sayıda doğrusal ve doğrusal olmayan testi birleştirerek oluşturdukları bileşik piyasa etkinlik endeksiyle, özellikle finansal krizler, jeopolitik belirsizlikler ve siyasi stres dönemlerinde etkinliğin zayıfladığını göstermektedir. Karaca (2025) da BRICS-T ülkeleri için yaptığı analizde Türkiye dâhil olmak üzere bazı piyasalarda etkinliğin zamanla değişen bir örüntü sergilediğini ve jeopolitik risklerin piyasa tahmin edilebilirliği üzerinde belirleyici olabildiğini ortaya koymuştur. Buna karşılık Kılıç (2020), XU100 endeksinde kullandığı farklı testler sonucunda hem tam örneklem hem de kayan pencere analizlerinde getirilerin zamanla değişen biçimde öngörülebilir olduğuna dair yeterli kanıt bulamamış ve incelenen dönem için daha çok zayıf formda etkinlik yönünde bulgu elde etmiştir. Bu farklılıklar, adaptif yapı tartışmalarının da yöntem ve örneklem seçimine duyarlı olduğunu göstermektedir.

Borsa İstanbul'da piyasa etkinliğini belirleyen unsurlara odaklanan çalışmalar ise etkinliğin yalnızca fiyat dinamikleriyle değil, likidite, yatırımcı yapısı ve volatilite gibi faktörlerle de yakından ilişkili olduğunu göstermektedir. Kır Gümüş ve Süsay Alkan (2025), XU100 volatilitesinin belirleyicilerini inceledikleri çalışmada likidite azlığı ve yerli yatırımcı portföyündeki artışların volatiliteyi yükselttiğini, yabancı yatırımcı portföy değerlerinin ise volatiliteyi azalttığını göstermiştir. Alkan (2024), Borsa İstanbul'da işlem gören 397 hisse senedinin piyasa etkinliğini sample entropy ile ölçmüş ve yüksek likiditeli hisselerin daha yüksek etkinlik düzeyi sergilediğini ortaya koymuştur. Benzer şekilde Süsay Alkan (2024), yerli ve yabancı yatırımcıların piyasa etkinliği üzerindeki etkisini XU100 üzerinden incelemiş; yabancı yatırımcı portföy değerlerinin etkinliği artırdığını, yerli yatırımcı portföy değerlerinin ise etkinliği azalttığını tespit etmiştir. Bu çalışmalar, Borsa İstanbul'da bilgisel etkinliğin yatırımcı kompozisyonu ve piyasa derinliği gibi yapısal unsurlardan bağımsız düşünülemeyeceğini göstermektedir.

Entropi temelli çalışmalar ise piyasa etkinliğinin zaman içinde nasıl dalgalandığını daha esnek ve doğrudan izlemeye imkân vermektedir. Alkan ve Süsay Alkan (2025), XU100 ile çeşitli sektör endekslerinde sample entropy ve multiscale entropy yöntemlerini kullanarak etkinliğin zaman içinde değiştiğini, kısa vadede daha güçlü, uzun vadede ise daha zayıf bir etkinlik görünümünün ortaya çıktığını göstermektedir. Aynı çalışmada COVID-19'un başlangıç döneminde, Rusya-Ukrayna savaşı sırasında ve 2023 Şubat depremleri sonrasında etkinliğin belirgin biçimde zayıfladığı bulgulanmıştır. Bu sonuç, entropi temelli ölçümlerin yalnızca piyasa etkinliğinin düzeyini değil, aynı zamanda dışsal şoklara karşı piyasanın ne ölçüde kırılganlaştığını da gösterebildiğini ortaya koymaktadır.

Bu noktada entropi yaklaşımının bir diğer önemli kullanım alanı, piyasa etkinliğindeki bozulmalar ile finansal çöküş olasılığı arasındaki ilişkinin incelenmesidir. Risso (2008), Japonya, Malezya, Rusya, Meksika ve ABD piyasalarını kapsayan çalışmasında, bilgisel etkinlik azaldıkça finansal çöküş olasılığının arttığını göstermiştir. Söz konusu çalışmada finansal çöküş, günlük getiri dağılımının alt kuyruğunda yer alan aşırı negatif gözlemler üzerinden tanımlanmış ve alt %1'lik dilimde bulunan getiriler çöküş göstergesi olarak kabul edilmiştir. Benzer biçimde Tunus, Çin, Hindistan ve Romanya piyasalarına ilişkin çalışmalar da entropi ile ölçülen etkinlikteki zayıflamaların aşırı negatif getiri olaylarıyla ve piyasa kırılganlığıyla ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır (Boubaker ve Lamia, 2010; Adel ve Lamia, 2011; Pele, 2011; Boubaker ve Sahli, 2012). Bu çalışmaların ortak sonucu, entropinin yalnızca bilgi işleme kapasitesini yansıtan bir etkinlik ölçüsü değil, aynı zamanda finansal stresin ve çöküş riskinin izlenmesinde kullanılabilecek işlevsel bir gösterge olduğudur.

Genel olarak değerlendirildiğinde, BIST literatürü piyasa etkinliğine ilişkin tek yönlü ve kesin bir tablo sunmamaktadır. Bir grup çalışma zayıf formda etkinliği desteklerken, diğer çalışmalar uzun hafıza, doğrusal olmayan yapı, likidite yetersizliği, yatırımcı kompozisyonu, volatilite kalıcılığı ve kriz dönemleri nedeniyle etkinliğin zayıflayabildiğini göstermektedir. Adaptif piyasalar hipotezi ve entropi temelli çalışmalar, bu farklı bulguları piyasa etkinliğinin zaman içinde değişebilen yapısı üzerinden açıklamaya imkân vermektedir. Bununla birlikte, BIST 100 özelinde entropiyle ölçülen bilgisel etkinlik düzeyi ile aşırı negatif getiri olasılığı arasındaki doğrudan ilişkiyi inceleyen çalışmalar sınırlıdır. Özellikle etkinlikteki bozulmaların aşağı yönlü uç riskle ilişkisi ve bu ilişkinin volatilite ile likidite koşulları altında devam edip etmediği yeterince ele alınmamıştır. Bu çalışma, söz konusu boşluğa odaklanarak BIST 100'de bilgisel etkinliği normalize Shannon entropisiyle ölçmekte ve etkinlik düzeyindeki değişimlerin aşırı negatif getiri olasılığı üzerindeki etkisini logit modelleriyle test etmektedir. Ayrıca volatilite ve Amihud illikidite değişkenlerinin kontrol edilmesi, entropi temelli etkinlik göstergesinin aşağı yönlü piyasa riski açısından bağımsız bilgi taşıyıp taşımadığını değerlendirmeye imkân vermektedir.

3.YÖNTEM

3.1.Veri Seti

Bu çalışmada BIST 100 endeksinde bilgisel etkinlik ile aşırı negatif getiri olasılığı arasındaki ilişki Shannon entropisi ve logit modeli kullanılarak incelenmiştir. Çalışmada 5 Ocak 2015–12 Mart 2026 dönemi esas alınmıştır. Başlangıç yılı olarak 2015'in seçilmesi, yakın dönem Borsa İstanbul dinamiklerini ve son yıllarda artan makro-finansal belirsizlikleri kapsayan güncel bir örneklem oluşturma amacıyla ilişkilidir. Bitiş tarihi ise veri setinde analiz sırasında erişilebilen son işlem gününü yansıtmaktadır. Söz konusu dönem, COVID-19 pandemisi, kur şokları, para politikası değişimleri, yüksek enflasyon süreci, 2023 deprem felaketi, Rusya-Ukrayna savaşı ve Orta Doğu kaynaklı jeopolitik gerilimler gibi piyasa dinamikleri üzerinde etkili olabilecek farklı iç ve dış gelişmeleri kapsamaktadır. Bu nedenle örneklem dönemi, BIST 100'de bilgisel etkinliğin zamanla değişen yapısını ve aşırı negatif getiri olasılığıyla ilişkisini değerlendirmek için uygun bir zaman aralığı sunmaktadır.

Analiz iki aşamada yürütülmüştür. İlk aşamada günlük kapanış fiyatlarından logaritmik getiri serisi elde edilmiş, bu seri sembolik biçime dönüştürülmüş ve hareketli pencere yöntemiyle normalize Shannon entropisi hesaplanmıştır. İkinci aşamada ise entropi ile ölçülen bilgisel etkinlik düzeyinin aşırı negatif getiri olasılığı üzerindeki etkisi logit modelleri aracılığıyla test edilmiştir.

İlk olarak BIST 100 endeksine ait günlük kapanış fiyatlarından logaritmik getiri serisi aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

$$r_t = \ln(P_t) - ln(P_{t-1}) \quad (1)$$

Burada P_t, t günündeki kapanış fiyatını, r_t ise aynı güne ait logaritmik getiriyi göstermektedir. Logaritmik getirilerin kullanılması, fiyat düzeylerindeki mutlak değişimler yerine oransal değişimlerin dikkate alınmasına olanak sağlamaktadır. Bu yöntem, farklı fiyat düzeylerine sahip finansal varlıkların karşılaştırılmasını kolaylaştırmakta ve fiyat serilerine kıyasla daha durağan bir yapı sergileme eğiliminde olduğu için zaman serisi analizlerinde yaygın olarak tercih edilmektedir.

3.2.Sembolik Dönüşüm ve Shannon Entropisi

Logaritmik getiri serisi, Shannon entropisi hesaplanmadan önce sembolik yapıya dönüştürülmüştür. Bu dönüşümde pozitif getiriler 1, negatif veya sıfır getiriler ise 0 olarak kodlanmıştır:

$$s_t = \begin{cases} 0, & r_t \leq 0 \\ 1, & r_t > 0 \end{cases} \quad (2)$$

Bu sembolleştirme ile sürekli yapıdaki getiri serisi, fiyat hareketlerinin yön bilgisini taşıyan ikili bir zaman serisine indirgenmiştir. Bu yaklaşım, getiri büyüklüğünden çok fiyat hareketlerindeki yönsel örüntüleri ve bu örüntülerin rastlantısallık düzeyini incelemeyi amaçlamaktadır. Benzer biçimde entropi temelli piyasa etkinliği çalışmalarında da sembolik zaman serisi yaklaşımı, finansal serilerdeki örüntüleşme ve rastlantısallık düzeyini değerlendirmek amacıyla kullanılmaktadır (Risso, 2008; Boubaker ve Lamia, 2010; Boubaker ve Sahli, 2012).

Bilgisel etkinlik Shannon entropisi yardımıyla ölçülmüştür. Shannon entropisi, serideki belirsizlik ve düzensizlik düzeyini gösteren bir bilgi teorisi ölçüsüdür (Shannon, 1948). Çalışmada farklı uzunluktaki sembolik dizilerin olasılıkları kullanılarak normalize entropi hesaplanmıştır:

$$H_t = -\frac{1}{\log_2(n)} \sum_{i=1}^{n} p_i \log_2(p_i) \quad (3)$$

Burada p_i, ilgili pencere içinde gözlenen i. sembolik dizinin gerçekleşme olasılığını, n ise mümkün olan toplam dizi sayısını göstermektedir. İkili sembolik yapıda bu sayı, blok uzunluğu m'ye bağlı olarak 2^m olmaktadır. Normalize edilmiş bu ölçü 0 ile 1 arasında değer almaktadır. Entropi değerinin 1'e yaklaşması, fiyat değişimlerinin daha rastlantısal bir yapı sergilediğini ve bilgisel etkinliğin güçlendiğini göstermektedir. Entropi değerinin 0'a yaklaşması ise belirli yönsel örüntülerin güçlendiğine ve etkinliğin zayıfladığına işaret etmektedir (Risso, 2008; Alvarez-Ramirez vd., 2012; Patra ve Hiremath, 2022; Papla ve Siedlecki, 2024).

Piyasa etkinliğinin zaman içinde değişen yapısını izleyebilmek amacıyla entropi serileri hareketli pencere yöntemiyle hesaplanmıştır. Bu kapsamda 100, 240, 350 ve 420 günlük pencere uzunlukları ile (m=2), (m=3), (m=4) ve (m=5) blok uzunlukları kullanılmıştır. Pencere uzunluklarının seçiminde, yerel piyasa dinamiklerini yakalayabilecek ölçüde sınırlı pencerelerin kullanılması gerektiği yönündeki yaklaşım dikkate alınmıştır (Grech ve Mazur, 2004; Risso, 2008). Her pencere ve blok uzunluğu kombinasyonu için ayrı bir entropi serisi elde edilmiştir. Böylece etkinliğin tüm örneklem boyunca sabit olmadığı, dönemsel olarak değişebildiği varsayımı altında yerel etkinlik düzeyleri hesaplanmıştır. Bu sayede farklı pencere ve blok uzunluklarına dayalı entropi ölçülerinin göreli model uyumu karşılaştırılabilmiştir.

3.3.Aşırı Negatif Getiri Göstergesi ve Logit Modeli

Çalışmanın ikinci aşamasında bağımlı değişken olarak aşırı negatif getiri göstergesi tanımlanmıştır. Literatürde bu tür olaylar çoğunlukla "finansal çöküş" kavramı altında ele alınmakla birlikte, bu çalışmada söz konusu kavram günlük getiri dağılımının alt kuyruğunda yer alan aşırı negatif gözlemleri ifade eden ampirik bir gösterge olarak değerlendirilmektedir. Ana modelde, günlük getiri dağılımının alt % 1'lik kısmında yer alan gözlemler 1, diğer günler ise 0 olarak kodlanmıştır. Bu yaklaşım, finansal çöküş veya aşırı negatif getiri olaylarını getiri dağılımının alt kuyruğu üzerinden tanımlayan entropi temelli çalışmalarla uyumludur (Risso, 2008; Adel ve Lamia, 2011; Pele, 2011).

$$y_t = \begin{cases} 1, & r_t \leq q_{0.01} \\ 0, & r_t > q_{0.01} \end{cases} \quad (4)$$

Burada $q_{0.01}$, getiri dağılımının %1'lik alt kuyruk eşiğini göstermektedir. Ayrıca bulguların farklı eşik değerlerine duyarlılığını sınamak amacıyla, alt %5'lik eşik kullanılarak alternatif bir aşırı negatif getiri göstergesi de oluşturulmuştur.

Bilgisel etkinlik ile aşırı negatif getiri olasılığı arasındaki ilişki logit modeli ile tahmin edilmiştir. Model aşağıdaki şekilde kurulmuştur:

$$y_t^* = \alpha + \beta H_t + \varepsilon_t \tag{5}$$

Burada y_t^*, gözlenemeyen gizli değişkeni ifade etmektedir. Gözlenen ikili değişken ise şu şekilde tanımlanmaktadır:

$$y_t = \begin{cases} 0, & y_t^* \leq 0 \\ 1, & y_t^* > 0 \end{cases} \tag{6}$$

Buna karşılık, aşırı negatif getiri gerçekleşme olasılığı şu şekilde ifade edilmektedir:

$$P(y_t = 1) = \frac{\exp(\alpha + \beta H_t)}{1 + \exp(\alpha + \beta H_t)} \tag{7}$$

Burada y_t, aşırı negatif getiri göstergesini, H_t ise ilgili gün için hesaplanan normalize Shannon entropisini göstermektedir. Model maksimum olabilirlik yöntemiyle tahmin edilmiştir. Entropi katsayısının negatif bulunması, bilgisel etkinlik arttıkça aşırı negatif getiri olasılığının azaldığı şeklinde yorumlanmaktadır.

3.4.Kontrol Değişkenleri ve Model Karşılaştırması

Temel modelin yanı sıra kontrol değişkenli modeller de tahmin edilmiştir. Bu modellerde volatilite ve Amihud illikidite değişkenleri kullanılmıştır. Volatilite, ilgili kayan pencere içindeki günlük logaritmik getirilerin standart sapması olarak hesaplanmıştır. Amihud illikidite değişkeni ise günlük mutlak getirinin işlem hacmine oranı olarak elde edilmiş, ardından ilgili pencere içindeki ortalaması alınmıştır (Amihud, 2002):

$$Amihud_t = \frac{|r_t|}{Volume_t} \tag{8}$$

Amihud değerleri oldukça küçük ölçekli olduğundan, model tahminlerinde 10^9 ile çarpılarak kullanılmıştır. Kontrol değişkenleri, entropi hesaplamasında kullanılan pencere uzunluklarıyla uyumlu biçimde oluşturulmuştur. Buna göre 100 günlük entropi serisinin kullanıldığı modellerde kontrol değişkenleri de 100 günlük pencere üzerinden, 240, 350 ve 420 günlük entropi serilerinin kullanıldığı modellerde ise aynı pencere uzunlukları esas alınarak hesaplanmıştır. Böylece entropi, volatilite ve Amihud illikidite değişkenlerinin aynı tarihsel bilgi setine dayanması sağlanmıştır.

Kontrol değişkenli logit modeli genel olarak aşağıdaki şekilde ifade edilmiştir:

$$y_t^* = \alpha + \beta_1 H_t + \beta_2 VOL_t + \beta_3 AMIHUD_t + \varepsilon_t \tag{9}$$

Bu modelde VOL_t ilgili pencere içinde hesaplanan volatiliteyi, $AMIHUD_t$ ise ölçeklendirilmiş Amihud illikidite değişkenini göstermektedir. Bu model aracılığıyla entropi temelli bilgisel etkinlik göstergesinin aşırı negatif getiri olasılığı üzerindeki etkisinin volatilite ve likidite koşulları dikkate alındığında da devam edip etmediği incelenmiştir.

Kayan pencere yöntemiyle oluşturulan entropi ve kontrol değişkenlerinde ardışık gözlemler arasında bağımlılık oluşabileceği dikkate alınarak, tüm logit modellerinde katsayı anlamlılıkları heteroskedastisite ve otokorelasyona tutarlı HAC standart hatalarla değerlendirilmiştir (Newey ve West, 1987). Model karşılaştırmalarında McFadden pseudo-R^2değerleri esas alınmış, AIC ve BIC bilgi kriterleri tamamlayıcı ölçütler olarak raporlanmıştır.

McFadden pseudo-R^2 değerleri, farklı pencere ve blok uzunluklarına dayalı logit modellerinin göreli uyumunu karşılaştırmak amacıyla kullanılmıştır. Ayrıca bağımlı değişkenin alt %1 ve alt %5 eşikleriyle ayrı ayrı tanımlanması sayesinde bulguların farklı eşik değerlerine karşı dayanıklılığı da test edilmiştir.

4.ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1.Betimsel Bulgular

BIST 100 endeksine ait günlük logaritmik getiri serisine ilişkin betimsel istatistikler, serinin finansal zaman serilerine özgü temel özellikler taşıdığını ortaya koymaktadır. Analiz döneminde günlük ortalama getiri 0.000977, medyan değer ise 0.001361 olarak hesaplanmıştır. Ortalama ve medyanın pozitif olması, örneklem döneminde günlük getirilerin merkezi eğiliminin pozitif tarafta yer aldığını göstermektedir.

Getiri serisinin standart sapması 0.015729'dur. Minimum ve maksimum değerler sırasıyla -0.103068 ve 0.094219 olarak gerçekleşmiştir. Bu değerler, örneklem döneminde hem aşağı hem de yukarı yönlü belirgin fiyat hareketlerinin bulunduğuna işaret etmektedir. Çarpıklık katsayısının -0.629 olması, negatif getirilerin dağılımın sol kuyruğunda daha belirgin olduğunu göstermektedir. Basıklık katsayısının 7.922 gibi yüksek bir değer alması ise getiri serisinin kalın kuyruklu bir yapı sergilediğini ortaya koymaktadır.

Jarque-Bera test istatistiği 3019.255 olarak hesaplanmış ve p-değeri 0.000 olarak bulunmuştur. Bu sonuç, normal dağılım temel hipotezinin güçlü biçimde reddedildiğini göstermektedir. Dolayısıyla BIST 100 günlük getirilerinin asimetrik, kalın kuyruklu ve uç gözlemlere duyarlı bir dağılım yapısına sahip olduğu söylenebilir. Bu bulgu, aşırı negatif getirilerin alt kuyruk üzerinden incelenmesini desteklemektedir.

Getiri serisinin durağanlığı ADF birim kök testi ile değerlendirilmiştir. ADF test istatistiği -13.323 olarak elde edilmiş ve test sonucunda birim kök temel hipotezi reddedilmiştir. Bu sonuç, BIST 100 endeksine ait günlük logaritmik getiri serisinin durağan olduğunu göstermektedir. Bu nedenle getiri serisi, sonraki ampirik analizler açısından istatistiksel olarak uygun bir yapı sergilemektedir.

4.2.Temel Logit Model Bulguları

Bu aşamada BIST 100 endeksine ait günlük logaritmik getiriler, pozitif getiriler için 1, negatif ve sıfır getiriler için 0 olacak şekilde ikili sembolik seriye dönüştürülmüştür. Bu dönüşüm, getiri büyüklüğünü değil, fiyat hareketlerinin yönsel örüntüsünü ve bu örüntülerin rastlantısallık düzeyini incelemeyi amaçlamaktadır. Entropi değerinin yükselmesi, fiyat hareketlerinin daha rastlantısal bir yapı sergilediğini ve bilgisel etkinliğin güçlendiğini ifade etmektedir. Entropi değerinin düşmesi ise yönsel tekrarların belirginleştiğine ve bilgisel etkinliğin zayıfladığına işaret etmektedir.

Bu kapsamda 100, 240, 350 ve 420 günlük pencere uzunlukları ile m=2, m=3, m=4 ve m=5 blok uzunlukları için normalize Shannon entropisi hesaplanmıştır. Her bir entropi serisi, aşırı negatif getiri olasılığını açıklamak amacıyla logit modelde bağımsız değişken olarak kullanılmıştır. Ana modelde bağımlı değişken, günlük logaritmik getiri dağılımının alt %1'lik kısmında yer alan gözlemler için 1, diğer gözlemler için 0 değerini alacak şekilde tanımlanmıştır. Alt %5 eşiği ise daha geniş kapsamlı olumsuz piyasa koşullarına karşı bulguların duyarlılığını değerlendirmek amacıyla kullanılmıştır.

Model karşılaştırmalarında McFadden pseudo-R^2 değerleri esas alınmıştır. Bu değerler, farklı pencere ve blok uzunluklarına dayalı logit modellerinin göreli uyumunu değerlendirmek amacıyla kullanılmıştır. Ayrıca AIC ve BIC

bilgi kriterleri tamamlayıcı ölçütler olarak raporlanmıştır. Kayan pencere yöntemiyle oluşturulan entropi serilerinde ardışık gözlemler arasında bağımlılık oluşabileceği dikkate alınarak, logit modellerinde heteroskedastisite ve otokorelasyona dayanıklı standart hatalar kullanılmıştır.

Tablo 1. Alt %1 Tanımı İçin Farklı Pencere ve Blok Uzunluklarına Göre McFadden Pseudo-R^2 Değerleri

Pencere Uzunluğu	m=2	m=3	m=4	m=5
100	0.0592	0.0643	**0.0674**	0.0634
240	0.0294	0.0325	0.0335	0.0286
350	0.0370	0.0382	0.0397	0.0373
420	0.0379	0.0387	0.0390	0.0360

Not: Değerler temel logit modellerine ait McFadden pseudo-R^2 değerleridir. En yüksek değer koyu gösterilmiştir.

Tablo 1, alt %1 eşiğine göre tanımlanan aşırı negatif getiri olasılığı için farklı pencere ve blok uzunluklarına ait temel logit model sonuçlarını göstermektedir. Sonuçlara göre en yüksek McFadden pseudo-R^2 değeri 100 günlük pencere ve m=4 blok uzunluğunda elde edilmiştir. Bu modelde McFadden pseudo-R^2 değeri 0.0674'tür. Söz konusu değer sınırlı olmakla birlikte, karşılaştırılan temel logit modelleri içinde göreli olarak en yüksek model uyumunun bu yapıda sağlandığını göstermektedir.

Aynı pencere uzunluğu altında m=3, m=5 ve m=2 blok uzunluklarının da görece yüksek değerler üretmesi, alt %1 düzeyindeki aşırı negatif getiri olaylarının daha kısa pencere uzunluklarıyla hesaplanan yerel bilgi ölçüleriyle ilişkili olabileceğini düşündürmektedir. Buna karşılık 240, 350 ve 420 günlük pencerelerde McFadden pseudo-R^2 değerleri daha düşük kalmaktadır. Bu bulgu, en uç negatif fiyat hareketlerinin açıklanmasında yakın dönemli bilgi örüntülerinin daha fazla bilgi taşıyabileceğine işaret etmektedir.

Tablo 2. Alt %5 Tanımı İçin Farklı Pencere ve Blok Uzunluklarına Göre McFadden Pseudo-R^2 Değerleri

Pencere Uzunluğu	m=2	m=3	m=4	m=5
100	0.0082	0.0105	0.0113	0.0115
240	0.0069	0.0080	0.0080	0.0072
350	0.0141	0.0153	0.0163	0.0160
420	0.0162	0.0170	**0.0179**	0.0174

Not: Değerler temel logit modellerine ait McFadden pseudo-R^2 değerleridir. En yüksek değer koyu gösterilmiştir.

Tablo 2'de alt %5 eşiğine göre oluşturulan alternatif aşırı negatif getiri göstergesi için temel logit model sonuçları sunulmaktadır. Bu eşik, alt %1 tanımına kıyasla daha geniş bir negatif getiri kümesini kapsamaktadır. Sonuçlara göre en yüksek McFadden pseudo-R^2 değeri 420 günlük pencere ve m=4 blok uzunluğunda elde edilmiştir. Bu modelde McFadden pseudo-R^2 değeri 0.0179'dur. Söz konusu değer sınırlı olmakla birlikte, alt %5 tanımı altında karşılaştırılan temel logit modelleri içinde göreli olarak en yüksek model uyumunun bu yapıda sağlandığını göstermektedir.

Alt %5 tanımında daha uzun pencere uzunluklarının görece daha yüksek model uyumu sağlaması, daha geniş kapsamlı olumsuz piyasa günlerinin yalnızca kısa dönemli bilgi bozulmalarıyla değil, daha uzun dönemli bilgi yapısıyla da ilişkili olabileceğini düşündürmektedir. Buna karşılık McFadden pseudo-R^2 değerlerinin alt %1 modeline kıyasla daha düşük kalması, alt %5 tanımının daha heterojen bir negatif getiri kümesini kapsamasından

kaynaklanabilir. Bu nedenle alt %5 sonuçları, ana modelin yerine geçen bir bulgu olarak değil, alternatif eşik değerine dayalı tamamlayıcı bir sağlamlık analizi olarak değerlendirilmelidir.

Tablo 1 ve Tablo 2 birlikte değerlendirildiğinde, en uygun pencere uzunluğunun aşırı negatif getiri tanımına bağlı olarak değiştiği görülmektedir. Alt %1 tanımı altında 100 günlük pencere ve m=4 blok uzunluğu öne çıkarken, alt %5 tanımı altında 420 günlük pencere ve m=4 blok uzunluğu daha yüksek göreli model uyumu sağlamaktadır. Her iki eşikte de m=4 blok uzunluğunun öne çıkması, dört günlük sembolik örüntülerin BIST 100'de bilgisel etkinlik ile aşağı yönlü fiyat hareketleri arasındaki ilişkinin incelenmesinde ayırt edici bir yapı sunduğunu düşündürmektedir.

Tahmin modellerinde elde edilen McFadden pseudo-R^2 değerlerinin en yüksek 0.0674 ve 0.0179 düzeyinde kalması, finansal çöküşleri ve aşırı piyasa hareketlerini tahmin etmenin doğal zorluğunu yansıtmaktadır. Bu değerler, klasik doğrusal regresyondaki R^2 gibi açıklanan varyans oranı olarak değil, sabit terimli modele kıyasla sağlanan göreli uyum iyileşmesi olarak değerlendirilmelidir. Elde edilen sınırlı uyum değerleri, entropi temelli aşırı negatif getiri literatürüyle genel olarak uyumludur. Nitekim benzer yaklaşımla yapılan çalışmalarda pseudo-R^2 değerlerinin piyasa yapısına ve incelenen döneme bağlı olarak farklı ve çoğu zaman sınırlı düzeylerde gerçekleştiği görülmektedir (Risso, 2008; Boubaker ve Lamia, 2010; Adel ve Lamia, 2011; Boubaker ve Sahli, 2012). Bu nedenle bulgular, entropi temelli bilgisel etkinlik göstergesinin aşağı yönlü uç riskin tüm belirleyicilerini açıklayan tekil bir gösterge olmaktan ziyade, piyasa kırılganlığına ilişkin tamamlayıcı bilgi sunduğunu göstermektedir. Bu çerçevede entropi katsayısının farklı eşik ve model tanımlamalarında tutarlı biçimde negatif ve istatistiksel olarak anlamlı kalması, düşük pseudo-R^2 değerlerine rağmen çalışmanın temel bulgusunu desteklemektedir.

4.3.Kontrol Değişkenli Logit Model Bulguları

Temel model sonuçlarının ardından, entropi temelli bilgisel etkinlik göstergesinin aşırı negatif getiri olasılığı üzerindeki etkisi volatilite ve likidite koşulları altında yeniden incelenmiştir. Bu amaçla logit modellerine volatilite ve Amihud illikidite değişkenleri eklenmiştir.

Volatilite ve Amihud illikidite değişkenlerinin kontrol değişkeni olarak seçilmesinin temel nedeni, aşırı negatif getiri olasılığının yalnızca bilgisel etkinlik düzeyiyle değil, piyasanın risk ve likidite koşullarıyla da ilişkili olabilmesidir. Volatilite, ilgili pencere içindeki günlük logaritmik getirilerin standart sapması olarak hesaplanmış ve piyasa oynaklığını temsil etmiştir. Yüksek oynaklık dönemlerinde fiyat hareketlerinin genişlemesi, aşağı yönlü uç getirilerin gerçekleşme olasılığını artırabilir. Amihud illikidite değişkeni ise mutlak getirinin işlem hacmine oranı üzerinden hesaplanmış ve işlem hacmi başına fiyat etkisini ölçmek amacıyla kullanılmıştır. Bu değişkenin yüksek değerleri, daha düşük piyasa likiditesine ve fiyatların işlem akışına daha duyarlı hale geldiğine işaret etmektedir. Bu nedenle söz konusu iki değişken, entropi katsayısının temel piyasa koşulları dikkate alındığında da geçerliliğini koruyup korumadığını değerlendirmek amacıyla modele dahil edilmiştir.

Kontrol değişkenleri, entropi hesaplamasında kullanılan pencere yapısıyla uyumlu biçimde oluşturulmuştur. Bu doğrultuda, 100 günlük entropi serisi kullanılan modellerde volatilite ve Amihud illikidite değişkenleri de 100 günlük pencere üzerinden hesaplanmıştır. Benzer şekilde 240, 350 ve 420 günlük entropi serilerinin kullanıldığı modellerde kontrol değişkenleri aynı pencere uzunlukları esas alınarak oluşturulmuştur. Böylece entropi, volatilite ve Amihud illikidite değişkenlerinin aynı tarihsel bilgi setine dayanması sağlanmıştır. Amihud illikidite değerleri oldukça küçük ölçekli olduğundan, model tahminlerinde bu değişken 10^9 ile çarpılarak ölçeklendirilmiştir. Ayrıca kayan pencere yöntemiyle oluşturulan entropi ve kontrol değişkenlerinde ardışık gözlemler arasında bağımlılık

oluşabileceği dikkate alınarak, tüm logit modellerinde katsayı anlamlılıkları heteroskedastisite ve otokorelasyona tutarlı HAC standart hatalarla değerlendirilmiştir.

Tablo 3. Alt %1 Tanımı İçin Temel ve Kontrol Değişkenli Logit Model Sonuçları

Değişken	Model 1: Temel Model	Model 2: Kontrol Değişkenli Model
Entropi	-14.4597***	-11.7221***
	(2.5867)	(3.2442)
Volatilite	—	67.9027*
	—	(37.7077)
Amihud illikidite	—	-8.7815
	—	(54.8194)
McFadden pseudo-R^2	0.0674	0.0741
AIC	303.20	305.07
BIC	315.01	328.69
N	2709	2709

Not: Parantez içindeki değerler HAC standart hataları göstermektedir. ***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeylerini ifade etmektedir.

Tablo 3, alt %1 eşiğine dayalı ana model için temel ve kontrol değişkenli logit sonuçlarını sunmaktadır. Temel modelde, 100 günlük pencere ve m=4 blok uzunluğu ile hesaplanan entropi değişkenine ait katsayı -14.4597 olarak tahmin edilmiştir. Katsayının negatif ve %1 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı olması, BIST 100'de bilgisel etkinlik düzeyi arttıkça alt %1 düzeyindeki aşırı negatif getiri olasılığının azaldığını göstermektedir. Başka bir ifadeyle, fiyat hareketlerinin daha rastlantısal hale geldiği ve yönsel örüntülerin zayıfladığı dönemlerde, aşırı uç negatif getirilerin gerçekleşme olasılığı düşmektedir.

Kontrol değişkenli modelde de aynı entropi ölçüsü kullanılmıştır. Bu modelde volatilite ve Amihud illikidite değişkenleri modele dahil edildiğinde entropi değişkenine ait katsayı -11.7221 olarak tahmin edilmiştir. Katsayının negatif yönünü koruması ve %1 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı kalması, entropi temelli bilgisel etkinlik göstergesinin aşırı negatif getiri olasılığı üzerindeki etkisinin yalnızca piyasa oynaklığı veya likidite koşullarından kaynaklanmadığını göstermektedir. Bu bulgu, çalışmanın ana sonucunu güçlendirmektedir.

Odds oranları üzerinden yapılan değerlendirme de entropi değişkeninin aşağı yönlü uç risk üzerindeki azaltıcı etkisini desteklemektedir. Alt %1 eşiğine dayalı temel modelde entropi değişkeninin katsayısı -14.4597'dir. Buna göre entropideki 0.01 birimlik artış, aşırı negatif getiri odds'unu yaklaşık %13.5 oranında azaltmaktadır. Entropideki 0.05 birimlik artış dikkate alındığında ise odds'taki azalış yaklaşık %51.5'e ulaşmaktadır. Kontrol değişkenli modelde de benzer bir görünüm elde edilmektedir. Bu modelde entropi katsayısının -11.7221 olması, entropideki 0.01 birimlik artışın aşırı negatif getiri odds'unu yaklaşık %11.1, 0.05 birimlik artışın ise yaklaşık %44.4 oranında azalttığını göstermektedir. Bu sonuç, volatilite ve Amihud illikidite koşulları dikkate alındığında dahi bilgisel etkinlikteki iyileşmenin BIST 100'de aşağı yönlü uç riskleri azaltıcı bilgi taşıdığını ortaya koymaktadır.

Volatilite katsayısı 67.9027 olarak tahmin edilmiştir. Katsayının pozitif olması, oynaklık arttıkça alt %1 düzeyindeki aşırı negatif getiri olasılığının yükseldiğini göstermektedir. Odds oranı açısından değerlendirildiğinde, volatilitedeki 0.001 birimlik artış aşırı negatif getiri odds'unu yaklaşık %7.0 oranında artırmaktadır. Volatilitedeki 0.005 birimlik artış için ise odds artışı yaklaşık %40.4'e ulaşmaktadır. Bu bulgu finansal açıdan beklenen yöndedir. Çünkü yüksek oynaklık dönemlerinde fiyat hareketlerinin daha geniş bir aralığa yayılması, aşağı yönlü uç getirilerin

gerçekleşme olasılığını artırabilmektedir. Bununla birlikte, volatilite değişkeninin %5 düzeyinde değil, yalnızca %10 düzeyinde istatistiksel anlamlılık taşıması nedeniyle bu sonuç temkinli yorumlanmalıdır.

Amihud illikidite değişkeninin katsayısı -8.7815 olarak tahmin edilmiştir. Katsayı negatif olmakla birlikte istatistiksel olarak anlamlı değildir. Bu nedenle alt %1 modelinde Amihud illikidite değişkeni için bağımsız ve güçlü bir açıklayıcı etki tespit edilememektedir. Odds oranı bakımından değerlendirildiğinde, ölçeklendirilmiş Amihud illikidite değişkenindeki 0.01 birimlik artış aşırı negatif getiri odds'unu yaklaşık %8.4 oranında azaltmaktadır. Ancak katsayının istatistiksel olarak anlamlı olmaması nedeniyle bu etki güçlü bir ampirik bulgu olarak yorumlanmamalıdır.

Amihud illikidite değişkeninin istatistiksel olarak anlamlı bulunmaması, BIST 100 düzeyinde likidite ile aşağı yönlü uç risk arasındaki ilişkinin beklenenden daha sınırlı olduğunu göstermektedir. Likidite literatürü, özellikle kriz ve sistemik risk bağlamında likiditenin yalnızca fiyat etkisiyle sınırlı olmayan; piyasa likiditesi, fonlama likiditesi, yükümlülük yapısı ve stres senaryolarına bağlı çok boyutlu bir kavram olduğunu göstermektedir (Brunnermeier, Gorton ve Krishnamurthy, 2013; Naik ve Reddy, 2021). Bu çalışmada kullanılan Amihud illikidite ölçütü ise likiditenin özellikle fiyat etkisi boyutunu temsil etmektedir (Amihud, 2002). Chollete ve Lu (2012), getiri kuyruk riski ile likidite kuyruk riskinin aynı dönemlerde ortaya çıkabildiğini, ancak Amihud ölçüsüne dayalı likidite kuyruk riskinin her durumda bağımsız ve anlamlı bir risk primi üretmediğini göstermektedir. Bu bulgu, likidite etkisinin kullanılan ölçüye, analiz düzeyine ve model yapısına bağlı olarak değişebileceğine işaret etmektedir. Ayrıca BIST 100'ün görece yüksek işlem hacmine sahip paylardan oluşması ve analizde endeks düzeyinde toplulaştırılmış veri kullanılması, firma bazında ortaya çıkabilecek geçici likidite sıkışmalarının Amihud değişkeni aracılığıyla yakalanmasını sınırlamış olabilir. Bu nedenle elde edilen sonuç, BIST 100 düzeyinde aşağı yönlü uç riskin açıklanmasında Amihud illikidite göstergesinin entropi ve volatiliteye kıyasla sınırlı ek bilgi taşıdığı şeklinde değerlendirilmelidir. Buna karşılık, Amihud değişkeninin modele dahil edilmesine rağmen entropi katsayısının negatif ve istatiksel olarak anlamlı kalması, ana bulgunun likidite koşulları dikkate alındığında da korunduğunu göstermektedir.

Model uyum ölçütleri değerlendirildiğinde, McFadden pseudo-R^2 değeri temel modelde 0.0674 iken kontrol değişkenli modelde 0.0741'e yükselmektedir. Bu artış sınırlı olmakla birlikte, kontrol değişkenlerinin modele eklenmesiyle göreli model uyumunda kısmi bir iyileşme sağlandığını göstermektedir. Buna karşılık AIC ve BIC değerleri kontrol değişkenli modelde yükselmektedir. Bu durum, modele eklenen değişken sayısına bağlı olarak bilgi kriterlerinin daha cezalandırıcı hale gelmesiyle ilişkilidir. Bu nedenle kontrol değişkenli model, temel modelin yerine geçen mutlak olarak daha üstün bir model olarak değil, entropi katsayısının volatilite ve Amihud illikidite koşulları altında dayanıklılığını sınayan tamamlayıcı bir model olarak değerlendirilmelidir.

Alt %1 bulguları genel olarak değerlendirildiğinde, BIST 100'de bilgisel etkinlik ile aşırı negatif getiri olasılığı arasında belirgin ve ters yönlü bir ilişki bulunduğu görülmektedir. Bu ilişki, volatilite ve Amihud illikidite değişkenleri modele dahil edildiğinde de korunmaktadır. Bu nedenle ana model bulguları, etkinlikteki zayıflamaların aşağı yönlü uç risk açısından anlamlı bilgi taşıdığını göstermektedir.

Tablo 4. Alt %5 Tanımı İçin Temel ve Kontrol Değişkenli Logit Model Sonuçları

Değişken	Model 1: Temel Model	Model 2: Kontrol Değişkenli Model
Entropi	-18.3024***	-15.7658***
	(4.4788)	(6.0308)
Volatilite	—	-3.2172
	—	(45.9431)
Amihud illikidite	—	-38.0594
	—	(31.9798)
McFadden pseudo-R^2	0.0179	0.0191
AIC	961.71	964.53
BIC	973.26	987.64
N	2389	2389

Not: Parantez içindeki değerler HAC standart hataları göstermektedir. ***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeylerini ifade etmektedir.

Tablo 4, alt %5 eşiğine göre tanımlanan alternatif aşırı negatif getiri göstergesine ilişkin temel ve kontrol değişkenli model sonuçlarını sunmaktadır. Temel modelde, 420 günlük pencere ve m=4 blok uzunluğu ile hesaplanan entropi değişkenine ait katsayı -18.3024 olarak tahmin edilmiş ve %1 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Bu bulgu, daha geniş negatif getiri tanımı altında da bilgisel etkinlik düzeyi arttıkça olumsuz getiri olasılığının azaldığına işaret etmektedir.

Kontrol değişkenli modelde aynı entropi ölçüsü korunmuştur. Volatilite ve Amihud illikidite değişkenleri modele dahil edildiğinde entropi değişkenine ait katsayı -15.7658 olarak tahmin edilmiş ve HAC standart hatalara göre %1 düzeyinde anlamlılığını sürdürmüştür. Bu sonuç, alt %5 eşiği altında da entropi ile olumsuz getiri olasılığı arasında ters yönlü bir ilişkinin devam ettiğini göstermektedir. Bununla birlikte, alt %5 modelinde McFadden pseudo-R^2 değerlerinin alt %1 modeline göre daha düşük olması, bu eşik altında tanımlanan negatif getiri günlerinin daha heterojen bir yapı taşıdığını düşündürmektedir.

Odds oranları üzerinden yapılan değerlendirme de alt %5 eşiği için entropi değişkeninin aşağı yönlü riskle ters yönlü ilişkisini desteklemektedir. Temel modelde entropi değişkeninin katsayısı -18.3024'tür. Buna göre entropideki 0.01 birimlik artış, alt %5 kapsamında tanımlanan olumsuz getiri odds'unu yaklaşık %16.7 oranında azaltmaktadır. Entropideki 0.05 birimlik artışta ise odds'taki azalış yaklaşık %60.0'a ulaşmaktadır. Kontrol değişkenli modelde entropi değişkeninin katsayısının -15.7658 olması, entropideki 0.01 birimlik artışın odds'u yaklaşık %14.6, 0.05 birimlik artışın ise yaklaşık %54.5 oranında azalttığını göstermektedir. Bu sonuç, entropi temelli bilgisel etkinlik göstergesinin daha geniş negatif getiri tanımı altında da aşağı yönlü risk açısından anlamlı bilgi taşıdığını ortaya koymaktadır.

Kontrol değişkenleri açısından bakıldığında, alt %5 modelinde volatilite katsayısı negatif olmakla birlikte istatistiksel olarak anlamlı değildir. Bu nedenle volatilite değişkeni için alt %5 eşiği altında bağımsız ve güçlü bir açıklayıcı etki tespit edilememektedir. Benzer şekilde Amihud illikidite katsayısı da negatif işaretlidir, ancak istatistiksel anlamlılık taşımamaktadır. Odds oranı bakımından her iki değişkenin katsayısı negatif bir etkiye işaret etse de katsayıların istatistiksel olarak anlamlı olmaması nedeniyle bu etkiler güçlü ampirik bulgular olarak yorumlanmamalıdır. Alt %5 eşiğine dayalı modelde de Amihud illikidite değişkeninin istatistiksel olarak anlamlı bulunmaması, Tablo 3 kapsamında yapılan değerlendirmeyi desteklemektedir. Bu bulgu, BIST 100 düzeyinde

Amihud illikidite göstergesinin aşağı yönlü uç riskin açıklanmasında sınırlı ek bilgi taşıdığı yönündeki yorumu güçlendirmektedir.

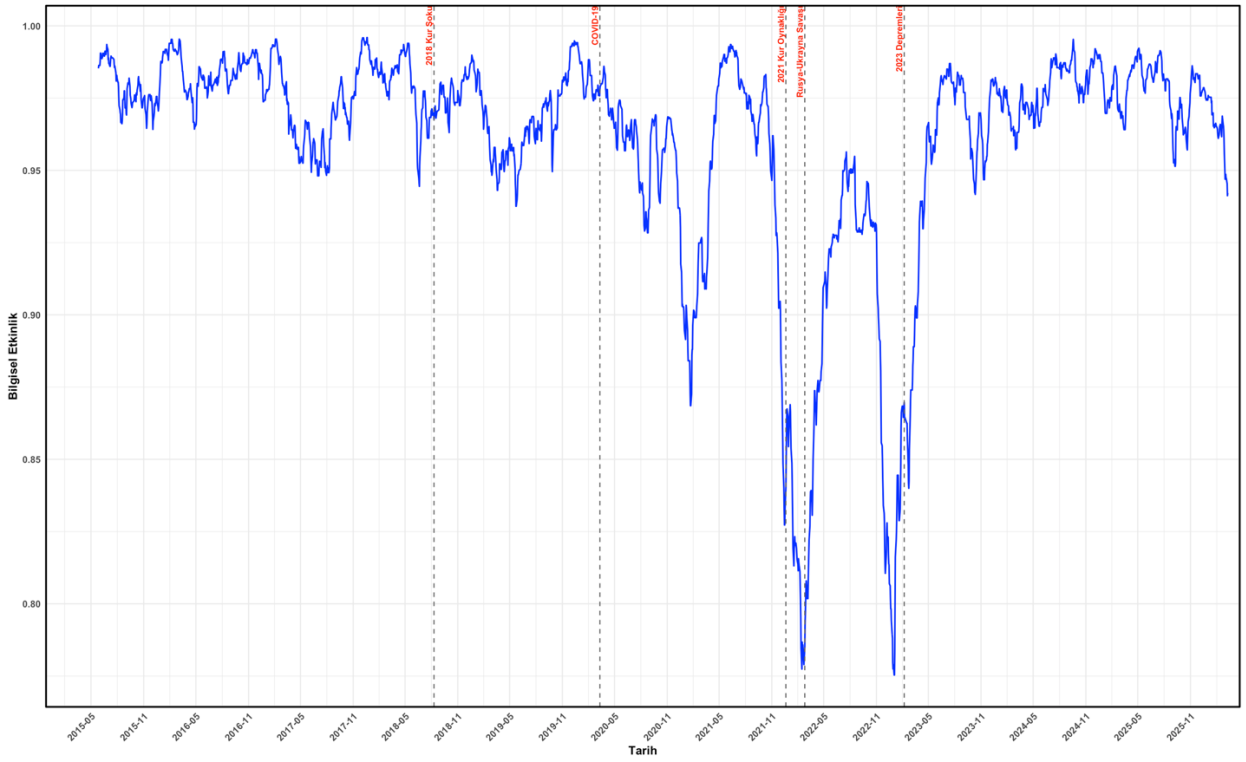
Alt %5 eşiği, ana modelden farklı biçimde değerlendirilmelidir. Alt %1 tanımı daha nadir ve daha sert aşağı yönlü fiyat hareketlerini temsil ederken, alt %5 tanımı daha geniş kapsamlı olumsuz piyasa günlerini içermektedir. Bu nedenle alt %5 sonuçları, doğrudan uç negatif getiri olasılığına ilişkin ana bulgu olarak değil, bulguların alternatif eşik değerine duyarlılığını gösteren tamamlayıcı bir analiz olarak değerlendirilmelidir.

Tablo 3 ve Tablo 4 birlikte değerlendirildiğinde, entropi değişkenine ait katsayıların her iki eşik altında da negatif olduğu görülmektedir. Bu sonuç, BIST 100'de bilgisel etkinlik arttıkça aşırı negatif getiri olasılığının azaldığını göstermektedir. Ana model olan alt %1 tanımında bu ilişki daha belirgin görünmektedir. Alt %5 tanımında ise ilişki devam etmekle birlikte model uyum değerleri daha sınırlıdır. Bu bulgu, entropi temelli bilgisel etkinlik göstergesinin özellikle en uç negatif getiri olaylarında daha güçlü bir açıklayıcı rol oynadığını düşündürmektedir.

4.4.Bilgisel Etkinliğin Zaman İçindeki Değişimi

Şekil 1'de, BIST 100 endeksine ait günlük logaritmik getiri serisinden kayan pencere yöntemiyle elde edilen normalize Shannon entropisi serisi sunulmaktadır. Bu serinin oluşturulmasında günlük getiriler pozitif ise 1, negatif veya sıfır ise 0 olarak kodlanmış, ardından 100 günlük kayan pencere ve m=4 blok uzunluğu kullanılarak her dönem için entropi değeri hesaplanmıştır. Dolayısıyla şekilde yer alan her gözlem, ilgili tarihten geriye doğru 100 işlem gününü kapsayan yerel bilgisel etkinlik düzeyini yansıtmaktadır. Entropi değerinin yükselmesi, fiyat hareketlerinin daha rastlantısal bir yapı sergilediğine ve bilgisel etkinliğin görece güçlendiğine işaret etmektedir. Entropi değerinin düşmesi ise getirilerde yönsel örüntülerin belirginleştiğini ve bilgisel etkinliğin zayıfladığını göstermektedir.

Şekil 1, BIST 100 endeksinde bilgisel etkinliğin zaman içinde sabit olmadığını ve dönemsel olarak belirgin dalgalanmalar gösterdiğini ortaya koymaktadır. Entropi değerlerinin örneklem döneminin büyük bölümünde yüksek seviyelerde seyretmesi, fiyat hareketlerinin genel olarak yüksek bir rastlantısallık düzeyine sahip olduğunu göstermektedir. Buna karşılık bazı dönemlerde gözlenen keskin düşüşler, fiyat hareketlerinde yönsel tekrarların güçlendiğine ve piyasa etkinliğinin zayıfladığına işaret etmektedir. Bu görünüm, bilgisel etkinliğin zamana bağlı olarak değişebilen dinamik bir özellik taşıdığını göstermektedir.



Şekil 1. BIST 100 Endeksinde Bilgisel Etkinliğin Zaman İçindeki Değişimi

Şekil 1'de yer alan dikey kesikli çizgiler, analiz döneminde BIST 100 üzerinde etkili olabilecek başlıca makro-finansal ve jeopolitik olaylara ilişkin referans tarihlerini göstermektedir. Bu işaretlemeler, bilgisel etkinlikteki dönemsel değişimlerin tarihsel piyasa koşullarıyla birlikte değerlendirilmesine katkı sağlamaktadır. Şekilde ilk belirgin zayıflama 2020 yılı sonları ile 2021 yılı başlarında görülmektedir. Bu dönem, COVID-19 pandemisinin küresel ekonomik etkilerinin devam ettiği ve Türkiye'de finansal piyasalara ilişkin belirsizliklerin arttığı bir zaman aralığıyla örtüşmektedir. 2021 yılında para politikasındaki değişimler, faiz kararları, kur oynaklığı ve enflasyon görünümündeki bozulma finansal piyasalar üzerinde baskı oluşturmuştur. Entropideki daha belirgin düşüşlerin ise 2021 yılı sonları ile 2022 yılı başlarında ve 2022 yılı sonları ile 2023 yılı başlarında yoğunlaştığı görülmektedir. 2022 yılında Rusya-Ukrayna savaşıyla birlikte enerji, emtia ve küresel risk algısında önemli dalgalanmalar yaşanmıştır. 2023 yılı başındaki düşüş ise Kahramanmaraş merkezli depremlerle aynı döneme denk gelmektedir. Bu dönemlerde entropi değerlerinde görülen zayıflama, fiyat hareketlerinin daha az rastlantısal ve daha örüntülü bir yapı sergilediğini düşündürmektedir.

2023 yılı sonrasında entropi değerlerinin yeniden yükselerek 0.95–0.99 bandına yaklaşması, bilgisel etkinlik düzeyinde göreli bir toparlanmaya işaret etmektedir. Buna karşılık örneklem döneminin son kısmında yeniden aşağı yönlü hareketlerin görülmesi, bilgisel etkinlikteki bozulmaların kalıcı olmaktan ziyade dönemsel olarak ortaya çıkabildiğini göstermektedir. Genel olarak Şekil 1, BIST 100 endeksinde bilgisel etkinliğin kriz, belirsizlik ve makro-finansal stres dönemlerinde zayıflayabildiğini, daha sakin dönemlerde ise yeniden güçlenebildiğini göstermektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, piyasa etkinliğinin zaman içinde sabit bir özellik taşımadığı, aksine piyasa koşullarına bağlı olarak güçlenip zayıflayabildiği görülmektedir. Entropi değerlerinin kriz, belirsizlik ve piyasa stresinin arttığı dönemlerde düşmesi, buna karşılık daha sakin dönemlerde yeniden yükselmesi, BIST 100'de bilgisel etkinliğin dönemsel olarak değişen bir yapı sergilediğine işaret etmektedir. Bu sonuç, piyasa etkinliğini dinamik ve koşullara bağlı bir süreç olarak ele alan adaptif piyasalar hipoteziyle uyumludur.

5.SONUÇ

Bu çalışmada, BIST 100 endeksinde bilgisel etkinlik ile aşırı negatif getiri olasılığı arasındaki ilişki Shannon entropisi ve logit modeli yardımıyla incelenmiştir. Bu amaçla günlük logaritmik getiri serisi, pozitif getiriler için 1, negatif ve sıfır getiriler için 0 olacak şekilde ikili sembolik yapıya dönüştürülmüş ve farklı pencere uzunlukları ile blok yapıları altında normalize Shannon entropisi hesaplanmıştır. Entropi göstergesi, fiyat hareketlerinin yönsel örüntülerindeki rastlantısallık düzeyini temsil eden bir bilgisel etkinlik ölçüsü olarak kullanılmıştır. Ardından bu göstergenin aşırı negatif getiri olasılığı üzerindeki etkisi temel logit modelleri ve kontrol değişkenli logit modelleri aracılığıyla test edilmiştir.

Elde edilen bulgular, BIST 100 endeksinde bilgisel etkinlik ile aşırı negatif getiri olasılığı arasında ters yönlü bir ilişki bulunduğunu göstermektedir. Entropi düzeyinin yükseldiği, başka bir ifadeyle fiyat hareketlerinin daha rastlantısal hale geldiği dönemlerde aşırı negatif getiri olasılığı azalmaktadır. Buna karşılık entropi düzeyinin düştüğü ve fiyat hareketlerinde yönsel örüntülerin güçlendiği dönemlerde aşağı yönlü uç risk artmaktadır. Bu sonuç, bilgisel etkinlikteki zayıflamaların piyasa kırılganlığı açısından anlamlı bilgi taşıdığını ortaya koymaktadır.

Ana model olarak değerlendirilen alt %1 tanımı altında, karşılaştırılan temel logit modelleri içinde en yüksek McFadden pseudo-R^2 değeri 100 günlük pencere ve m=4 blok uzunluğu ile hesaplanan entropi serisinde elde edilmiştir. Bu modelde entropi değişkenine ait katsayı negatif ve istatistiksel olarak anlamlıdır. Odds oranları üzerinden yapılan değerlendirme de bu bulguyu desteklemektedir. Temel modelde entropideki 0.01 birimlik artış aşırı negatif getiri odds'unu yaklaşık %13.5 oranında azaltırken, 0.05 birimlik artış odds'u yaklaşık %51.5 oranında düşürmektedir. Kontrol değişkenli modelde de entropi katsayısının negatif ve anlamlı kalması, bilgisel etkinlik göstergesinin aşağı yönlü uç risk açısından volatilite ve likidite koşullarından bağımsız biçimde ek bilgi taşıdığını göstermektedir.

Volatilite ve Amihud illikidite değişkenlerinin modele dahil edilmesi, ana bulgunun dayanıklılığını değerlendirme imkânı sağlamıştır. Alt %1 modelinde volatilite katsayısının pozitif ve %10 düzeyinde anlamlı bulunması, yüksek oynaklık dönemlerinde aşağı yönlü uç riskin artabileceğine işaret etmektedir. Buna karşılık Amihud illikidite değişkeni istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Amihud illikidite değişkeninin istatistiksel olarak anlamlı bulunmaması, BIST 100 düzeyinde bu göstergenin aşırı negatif getiri olasılığına ilişkin sınırlı ek bilgi taşıdığına işaret etmektedir. Buna karşılık entropi katsayısının yönünü ve anlamlılığını koruması, bilgisel etkinlik göstergesinin volatilite ve likidite koşulları altında da açıklayıcı bilgi sunduğunu desteklemektedir.

Alt %5 eşiği, bulguların alternatif eşik değerine duyarlılığını değerlendirmek amacıyla kullanılmıştır. Bu eşik altında en yüksek McFadden pseudo-R^2 değeri 420 günlük pencere ve m=4 blok uzunluğu için elde edilmiştir. Entropi katsayısının bu modelde de negatif ve anlamlı bulunması, daha geniş negatif getiri tanımı altında da bilgisel etkinlik ile olumsuz getiri olasılığı arasında ters yönlü bir ilişki bulunduğunu göstermektedir. Bununla birlikte alt %5 modellerindeki McFadden pseudo-R^2 değerlerinin alt %1 modellerine kıyasla daha düşük olması, bu eşikte tanımlanan negatif getiri günlerinin daha heterojen bir yapı taşıdığını düşündürmektedir. Bu nedenle alt %5 sonuçları, ana bulgunun yerine geçen bir sonuç olarak değil, tamamlayıcı bir sağlamlık analizi olarak değerlendirilmelidir.

Model uyum ölçütleri birlikte değerlendirildiğinde, elde edilen sonuçların kapsamlı bir kriz tahmin modeli olarak değil, bilgisel etkinlik ile aşağı yönlü uç risk arasındaki ilişkiyi ortaya koyan açıklayıcı bulgular olarak yorumlanması daha uygundur. McFadden pseudo-R^2 değerlerinin sınırlı düzeyde kalması, aşırı negatif getiri

olaylarının tek bir göstergeyle yüksek düzeyde açıklanmasının güç olduğunu göstermektedir. Finansal piyasalarda aşağı yönlü uç riskler, piyasa oynaklığı, likidite koşulları, yatırımcı davranışları, makroekonomik gelişmeler, politika belirsizliği ve beklenmedik şoklar gibi çok sayıda unsurdan etkilenmektedir. Bu nedenle bulgular, entropi temelli bilgisel etkinlik göstergesinin aşağı yönlü uç riskin tüm belirleyicilerini açıklayan tekil bir gösterge olmaktan ziyade, piyasa kırılganlığına ilişkin tamamlayıcı bilgi sunduğunu göstermektedir.

Bu bulgular, Borsa İstanbul'da piyasa etkinliğine ilişkin literatürdeki karmaşık görünümle uyumludur. Bektur ve Aydın (2019), Oğuz (2021) ve Özdemir (2022) gibi çalışmalar Borsa İstanbul'da zayıf formda etkinliği destekleyen bulgular sunarken, Malcıoğlu ve Aydın (2016), Günbay Yılmaz ve Karaaslan (2025), Varol ve Kıran Baygın (2025) ve Sezen (2025) gibi çalışmalar piyasa etkinliğinin doğrusal olmayan yapı, uzun hafıza, volatilite kalıcılığı veya sektör farklılıkları nedeniyle zayıflayabildiğini göstermektedir. Bu çalışmanın bulguları, söz konusu farklı sonuçları tek yönlü biçimde reddetmek yerine, piyasa etkinliğinin dönemsel olarak değişebileceği görüşünü destekleyen daha esnek bir çerçeve sunmaktadır.

Elde edilen sonuçlar, adaptif piyasalar hipotezi çerçevesindeki bulgularla da örtüşmektedir. Ertaş ve Özkan (2018), Eyüboğlu ve Eyüboğlu (2020), Köse İçigen ve Kayalı (2022), Aytekin ve Doğan (2023), Karaca (2025) ve Şenol ve Koç (2025) gibi çalışmalar, Borsa İstanbul'da veya karşılaştırmalı piyasa örneklerinde etkinliğin sabit olmadığını, krizler, makroekonomik belirsizlikler ve jeopolitik riskler gibi koşullara bağlı olarak güçlenip zayıflayabildiğini göstermektedir. Bu çalışmada entropi serisinin zaman içinde dalgalanması ve özellikle stres dönemlerinde zayıflaması, piyasa etkinliğinin koşullara duyarlı dinamik bir özellik taşıdığı görüşüyle uyumludur. Ancak bu bulgu, adaptif piyasalar hipotezinin doğrudan kanıtı olarak değil, söz konusu yaklaşımla tutarlı bir ampirik görünüm olarak değerlendirilmelidir.

Çalışmanın sonuçları, entropi temelli finansal çöküş literatürüyle de paralellik göstermektedir. Risso (2008), farklı ülke piyasalarında bilgisel etkinlik azaldıkça finansal çöküş olasılığının arttığını ortaya koymuştur. Tunus, Çin, Hindistan ve Romanya piyasalarına ilişkin çalışmalar da entropi ile ölçülen etkinlikteki zayıflamaların aşırı negatif getiri olayları ve piyasa kırılganlığı ile ilişkili olduğunu göstermektedir (Boubaker ve Lamia, 2010; Adel ve Lamia, 2011; Pele, 2011; Boubaker ve Sahli, 2012). Bu çalışma, benzer ilişkinin BIST 100 özelinde de geçerli olabileceğini göstermekte ve Borsa İstanbul literatüründe piyasa etkinliğini aşağı yönlü uç risk bağlamında değerlendiren bir katkı sunmaktadır.

Bulgular, Borsa İstanbul'da etkinliği belirleyen unsurlara odaklanan çalışmalarla da ilişkilendirilebilir. Kır Gümüş ve Süsay Alkan (2025), volatilite üzerinde likidite ve yatırımcı yapısının etkili olduğunu gösterirken, Alkan (2024) yüksek likiditeli hisselerin daha yüksek etkinlik düzeyi sergilediğini ortaya koymuştur. Süsay Alkan (2024) ise yatırımcı kompozisyonunun piyasa etkinliği üzerinde belirleyici olabileceğini göstermektedir. Bu çalışma, entropi temelli bilgisel etkinlik göstergesinin volatilite ve Amihud illikidite kontrolleri altında da anlamlılığını koruduğunu ortaya koyarak, piyasa etkinliği ile aşağı yönlü uç risk arasındaki ilişkiye farklı bir açıdan katkı sağlamaktadır.

Çalışmanın bulguları, yatırımcılar ve piyasa izleyicileri açısından bazı çıkarımlar sunmaktadır. Entropi düzeyindeki düşüşler, fiyat hareketlerinde rastlantısallığın azaldığı ve yönsel örüntülerin güçlendiği dönemlere işaret ederek piyasa kırılganlığının izlenmesinde tamamlayıcı bir erken uyarı göstergesi olarak değerlendirilebilir. Bu nedenle portföy yöneticileri, risk birimleri, kurumsal yatırımcılar ve piyasa gözetim otoriteleri, geleneksel volatilite ve likidite göstergelerinin yanında entropi temelli etkinlik ölçülerinden de yararlanabilir. Ancak bu göstergelerin

karar alma süreçlerinde tek başına kullanılmaması, volatilite, likidite, işlem hacmi, yatırımcı davranışı ve makroekonomik belirsizlik göstergeleriyle birlikte yorumlanması daha sağlıklı olacaktır.

Çalışmanın bazı sınırlılıkları da dikkate alınmalıdır. İlk olarak analiz yalnızca BIST 100 endeksi üzerinden yürütülmüştür. Bu nedenle sektör endeksleri veya farklı hisse grupları arasında bilgisel etkinlik ile aşağı yönlü risk ilişkisine dair olası heterojenlik bu çalışmanın kapsamı dışında kalmıştır. İkinci olarak, entropi hesabında kullanılan ikili sembolleştirme fiyat hareketlerinin yönsel örüntülerini ölçmekte, ancak getiri büyüklüğünü doğrudan dikkate almamaktadır. Bu nedenle bulgular, getiri şiddetinden çok yönsel rassallık ve örüntüleşme bağlamında değerlendirilmelidir. Üçüncü olarak, modelde sınırlı sayıda kontrol değişkeni kullanılmıştır. Gelecek çalışmalarda döviz kuru, CDS primi, yatırımcı duyarlılığı, yabancı yatırımcı işlemleri veya makroekonomik belirsizlik göstergeleri gibi ek değişkenlerin modele dahil edilmesi, aşağı yönlü riskin daha kapsamlı biçimde açıklanmasına katkı sağlayabilir. Ayrıca alternatif sembolleştirme kuralları, farklı entropi ölçüleri ve sektör bazlı analizler gelecekteki araştırmalar için yararlı genişleme alanları sunmaktadır.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Bu çalışma bilimsel araştırma ve yayın etiği kurallarına uygun olarak hazırlanmıştır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar açısından ya da üçüncü taraflar açısından çalışmadan kaynaklı çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Etik Kurul Onayı

Bu araştırma Etik Kurul Onayı gerektirmemektedir.

KAYNAKÇA

Adel, B. ve Lamia, S. (2011). Crash occurrence probability and stock market efficiency: The Chinese stock exchange via Shannon entropy. *International Journal of Management Science and Engineering Management*, *6*(4), 243-246.

Alkan, S. (2024). Liquidity and market efficiency in Borsa Istanbul. *Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, *42*(3), 371-384.

Alkan, S. ve Süsay Alkan, A. (2025). Time-Varying Market Efficiency in the Turkish Stock Market: Evidence from an Entropy-Based Analysis. *Journal of Mehmet Akif Ersoy University Economics and Administrative Sciences Faculty*, *12*(2), 477-500.

Alvarez-Ramirez, J., Rodriguez, E. ve Alvarez, J. (2012). A multiscale entropy approach for market efficiency. *International Review of Financial Analysis*, 21, 64-69.

Amihud, Y. (2002). Illiquidity and stock returns: cross-section and time-series effects. *Journal of Financial markets*, *5*(1), 31-56.

Aytekin, S. ve Doğan, S. (2023). Testing the adaptive market hypothesis in equity markets in global financial crisis periods: An application on Borsa Istanbul indices. *İktisadi İdari ve Siyasal Araştırmalar Dergisi*, *8*(21), 377-402.

Baker, H. K. ve Nofsinger, J. R. (2002). Psychological biases of investors. *Financial Services Review*, *11*(2), 97-116.

Bektur, Ç. ve Aydın, M. (2019). Borsa İstanbul ve Alt Endekslerinde Zayıf Formda Piyasa Etkinliğinin Analizi: Fourier Yaklaşimi. *Akademik İncelemeler Dergisi*, *14*(2), 59-76.

Boubaker, A. ve Lamia, S. (2010). *Crash probability occurrence and stock market efficiency: The Tunisian stock exchange case via Shannon entropy*. *European Real Estate Society (ERES)*.

Boubaker, A. ve Sahli, L. (2012). Crash occurrence probability and stock market efficiency: The Indie stock exchange case via Shannon entropy. *International Journal of Accounting and Financial Reporting, 2*(2), 158–167.

Brunnermeier, M., Gorton, G., ve Krishnamurthy, A. (2013). Liquidity mismatch measurement. In *Risk topography: Systemic risk and macro modeling* (pp. 99-112). University of Chicago Press.

Chollete, L., ve Lu, C. (2012). *The price of tail risk in liquidity and returns*. Working paper, University of Stavanger.

Chortane, S. G. ve Naoui, K. (2022). Information entropy theory and asset valuation: A literature survey. *International Journal of Accounting, Business and Finance*, *2*(1), 42-60.

Cruz-Hernández, A. R. ve Mora-Valencia, A. (2024). Adaptive market hypothesis and predictability: Evidence in Latin American stock indices. *Latin American Research Review*, *59*(2), 292-314.

Erer, D., Erer, E. ve Güngör, S. (2023). The aggregate and sectoral time-varying market efficiency during crisis periods in Turkey: a comparative analysis with COVID-19 outbreak and the global financial crisis. *Financial Innovation*, *9*(1), 80.

Ertaş, F. C. ve Özkan, O. (2018). Piyasa etkinliği açısından adaptif piyasa hipotezi'nin test edilmesi: Türkiye ve ABD hisse senedi piyasaları örneği. *Finans Politik ve Ekonomik Yorumlar*, (642), 223-240.

Eyüboğlu, K. ve Eyüboğlu, S. (2020). Borsa İstanbul endekslerinde adaptif piyasa hipotezinin geçerliliğinin test edilmesi. *Yaşar Üniversitesi E-Dergisi*, *15*(59), 642-654.

Fama, E. F. (1970). Efficient capital markets: A review of theory and empirical work. *The Journal of Finance*, *25*(2), 383-417.

Grech, D. ve Mazur, Z. (2004). Can one make any crash prediction in finance using the local Hurst exponent idea?. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, *336*(1-2), 133-145.

Günbay Yılmaz, S. G. ve Karaaslan, İ. (2025). Analysis of efficent markets hypothesis in share market with long memory models. *Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, *27*(49), 611-627.

Kanapickienė, R., Vasiliauskaitė, D., Keliuotytė-Staniulėnienė, G., Špicas, R., Omeir, A. K. ve Kanapickas, T. (2024). A comprehensive review of behavioral biases in financial decision-making: from classical finance to behavioral finance perspectives. *Journal of Business Economics and Management. 25*(5), 1006-1029.

Karaca, C. (2025). BRICS-T Ülkelerinde Adaptif Piyasa Hipotezi: Jeopolitik Risklerin Dinamik Etkileri ve Piyasa Tahmin Edilebilirliği. *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, *26*(2), 421-441.

Kılıç, Y. (2020). Adaptive market hypothesis: Evidence from the Turkey stock market. *Journal of Applied Economics and Business Research*, *10*(1), 28-39.

Kır Gümüş, E. ve Süsay Alkan, A. (2025). Borsa İstanbul'da XU100 Endeksi Volatilitesinin Belirleyicileri: Likidite, Döviz Kuru ve Yatırımcı Dinamikleri. *Akademik Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi (AKAD)*, *17*(33), 503-518.

Köse İçigen, F. K. ve Kayalı, M. M. (2022). Adaptif Piyasa Hipotezi Kapsamında Getiri Öngörülebilirliği ile Piyasa Koşulları Arasındaki İlişkinin İncelenmesi: BIST 100 Endeksi Örneği. *Finans Politik ve Ekonomik Yorumlar*, *59*(659), 135-160.

Lo, A.W. (2004). The Adaptive Markets Hypothesis. *Journal of Portfolio Management*, 30, 15-29.

Lo, A. W. (2005). Reconciling efficient markets with behavioral finance: the adaptive markets hypothesis. *Journal of Investment Consulting*, *7*(2), 21-44.

Malcıoğlu, G. ve Aydın, M. (2016). Borsa İstanbul'da Piyasa Etkinliğinin Analizi: Harvey Doğrusallık Testi. *Journal of Accounting, Finance and Auditing Studies*, *2*(1), 112-122.

Naik, P., ve Reddy, Y. V. (2021). Stock market liquidity: A literature review. *Sage Open*, *11*(1), 2158244020985529.

Newey, W. K. ve West, K. D. (1987). A Simple, Positive Semi-Definite, Heteroskedasticity and Autocorrelation Consistent Covariance Matrix. *Econometrica*, *55*(3), 703–708.

Oğuz, O. (2021). BIST-100 Endeksinde Doğrusal ve Doğrusal Olmayan Yöntemlerle Zayıf Formda Piyasa Etkinliğinin Testi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Dergisi*, *5*(1), 107-123.

Özdemir, M. (2022). Etkin piyasa hipotezinin yapısal kırılmalı ve doğrusal olmayan birim kök testleri ile analizi: Borsa İstanbul üzerine bir uygulama. *EKOIST Journal of Econometrics and Statistics*, (37), 257-282.

Papla, D. ve Siedlecki, R. (2024). Entropy as a tool for the analysis of stock market efficiency during periods of crisis. *Entropy*, *26*(12), 1079.

Patra, S. ve Hiremath, G. S. (2022). An entropy approach to measure the dynamic stock market efficiency. *Journal of Quantitative Economics*, *20*(2), 337-377.

Pele, D. T. (2011). Information entropy and occurrence of extreme negative returns. *Journal of Applied Quantitative Methods*, *6*, 23-32.

Risso, W. A. (2008). The informational efficiency and the financial crashes. *Research in International Business and Finance*, *22*(3), 396-408.

Sezen, S. (2025). Gelişen Piyasalarda Zayıf Formda Piyasa Etkinliğinin Uzun Hafıza Modelleri ve Yapısal Kırılma Testi ile Analizi: E7 Ülkelerinden Kanıtlar. *Turkish Studies-Economics, Finance, Politics*, *20(Ö1).*

Shannon, C. E. (1948). A mathematical theory of communication. *The Bell System Technical Journal*, *27*(3), 379-423.

Shleifer, A. (2000). Inefficient Markets. Oxford University Press, NY.

Süsay Alkan, A. (2024). Yerli ve yabancı yatırımcıların Borsa İstanbul'un piyasa etkinliğine etkisi: Fourier eşbütünleşme yaklaşımı. *Trakya Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi E-Dergi*, *13*(1), 66-81.

Şenol, A. ve Koç, İ. (2025). Adaptif Piyasalar Teorisi: BIST-30 Endeksinin Etkinlik Analizi. *Pamukkale Üniversitesi İşletme Araştırmaları Dergisi*, *12*(2), 614-627.

Varol, G., ve Kıran Baygın, B. (2025). Borsa İstanbul Sektör Endekslerinde Zayıf Formda Piyasa Etkinliği: Fourier Kantil Birim Kök Testi Yaklaşımı. *EKOIST Journal of Econometrics and Statistics*, (43), 165-183.

Zhou, R., Cai, R. ve Tong, G. (2013). Applications of entropy in finance: A review. *Entropy*, *15*(11), 4909-4931