



KADİR HAS ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÖNETİM BİLİŞİM SİSTEMLERİ ANA BİLİM DALI

**İKİLİ ALIM SATIM YÖNTEMLERİNİN İSTANBUL BORSASI
HİSSE SENEDİ PİYASASINDA UYGULANABİLİRLİĞİNİN
ARAŞTIRILMASI**

CANSIN MEMİŞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TEMMUZ, 2017, İSTANBUL

**İKİLİ ALIM SATIM YÖNTEMLERİNİN İSTANBUL BORSASI
HİSSE SENEDİ PİYASASINDA UYGULANABİLİRLİĞİNİN
ARAŞTIRILMASI**

CANSIN MEMİŞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Yönetim Bilişim Sistemleri Anabilim Dalı Finans Mühendisliği Programı'nda
Yüksek Lisans için gerekli kısmi şartların yerine getirilmesi amacıyla Fen Bilimleri
Enstitüsü'ne teslim edilmiştir.

TEMMUZ, 2017, İSTANBUL

Ben, Cansın Memiş;

Hazırladığım bu Yüksek Lisans Tezinin tamamen kendi çalışmam olduğunu ve başka çalışmalardan yaptığım alıntıların kaynaklarını kurallara uygun biçimde tez içerisinde belirttiğimi onaylıyorum.

Çalışmamın basılı ve elektronik kopyalarının Kadir Has Üniversitesi Bilgi Merkezinde aşağıda belirttiğim koşullarda saklanmasına izin verdiğimi onaylarım:

- Tezimin tamamı her türlü erişime açılabilir.

CANSIN MEMİŞ



KABUL VE ONAY

Cansın Memiş tarafından hazırlanan İkili Alım Satım Yöntemlerinin İstanbul Borsası Hisse Senedi Piyasasında Uygulanabilirliğinin Araştırılması başlıklı bu çalışma 05/07/2017 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Ayşe Hümevra Bilge (Başkan-Danışman) Kadir Has Üniversitesi



Prof. Dr. Nurhan Davutyan (Üye)

Kadir Has Üniversitesi



Prof. Dr. Oktay Taş (Üye)

İstanbul Teknik Üniversitesi



Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

UNVAN, ADI VE SOYADI

Doc. Dr. Cafer alışkan

ONAY TARİHİ: 10.7.2017

İKİLİ ALIM SATIM YÖNTEMLERİNİN İSTANBUL HİSSE SENEDİ PİYASASINDA UYGULANABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

ÖZET

İKili hisse alım satımı kantitatif finans alanında, akademisyenler ve profesyonel finans çevrelerinin yıllardır ilgisini çekmiş fakat gerçek veri üzerinde çok az test edilmiş popüler tekniklerden biridir. Bu tezde, ikili alım satım stratejileri Borsa İstanbul BIST-100 endeksi hisse senetleri üzerinde sınanmıştır. Çalışmada, literatürde en çok alıntılanan üç farklı ikili alım satım yöntemi incelenmiştir. Bu yöntemlerden stokastik açıklık yöntemi daha önce İstanbul Borsası verisi üzerinde test edilmemiştir, ayrıca her üç yöntemin performansını İstanbul Borsası için karşılaştırmalı olarak veren başka bir çalışma da bulunmamaktadır. Çalışmada kullanılan yöntemler, orijinal formlarında herhangi bir iyileştirme veya değişiklik yapılmadan hisse senetlerine ait 10 yıllık günlük fiyat verisi üzerinde test edilmiştir. Test aşamasında oldukça basit işlem kriterleri ve alışlagelmiş parametre değerleri kullanılmış, böylece yöntemlerin performanslarına dair objektif sonuçlar elde edilmesi ve gerçekleştirilen simülasyonlarda aşırı uyum gibi bazı sorunlardan kaçınılması amaçlanmıştır. Çalışmada elde edilen bulgulara göre, her üç yöntemin de BIST-100 endeksine göre risk bakımından daha başarılı sonuçlar ürettiği; fakat bu yöntemlerden hiçbirinin endeksin üzerinde getiri sağlamadığı görülmüştür. Ayrıca kullanılan simülasyon metodolojisinin yöntem performanslarına olan bazı etkileri üzerine ampirik sonuçlar verilmektedir. Bu sonuçlar, literatürdeki başlıca ikili alım satım yöntemlerinin Borsa İstanbul hisse senedi piyasasında karlılık ve uygulanabilirlik açısından oldukça kısıtlı olduklarını göstermektedir.

A RESEARCH ON THE APPLICABILITY OF THE PAIRS TRADING
METHODS IN THE ISTANBUL STOCK EXCHANGE

ABSTRACT

Pairs trading is one of the popular techniques in quantitative trading which attracts academicians and financial professionals for years but still tested very little on real market data. In this thesis we examined pairs trading strategies on the Borsa Istanbul BIST-100 Index stocks. We choose the most cited three different pairs trading method in the literature. Among these methods, the stochastic spread method had never been tested on the Istanbul Stock Exchange data and there is no other study that gives comparative performances of all three methods for the Istanbul Stock Exchange. The methods used in the study defined in their original forms without any improvement or modification and tested on 10-years of daily historical stock prices. During the tests we used fairly simple trading rules and common parameter values, thus we aimed to ensure objectivity in the results and to avoid issues such as backtest overfitting. According to the findings of the study, all three methods produced better results than BIST-100 Index in terms of risk but none of them were able to generate excess returns. Also we provide some empirical evidences on effects of the backtesting methodology to the performance results. These results showed that major pairs trading methods in the literature are very limited in terms of profitability and practicality in the Borsa Istanbul stock market.

TEŞEKKÜR NOTU

Bu çalıŐmayı tamamlamamda akademik anlamda önemli emeği bulunan tez danıŐmanım AyŐe Hümeyra Bilge'ye ve Salim Kasap'a teŐekkürü her zaman bir borç bilirim.



İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR NOTU	iii
İÇİNDEKİLER	iv
TABLO LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ	vi
EK LİSTESİ	vii
BÖLÜM 1 GİRİŞ	1
BÖLÜM 2 LİTERATÜR TARAMASI VE TEMEL KAVRAMLAR	3
2.1 Literatür Taraması.....	3
2.2 Temel Finansal Kavramlar.....	5
2.3 Temel İstatistiksel Kavramlar	10
BÖLÜM 3 METODOLOJİ VE VERİ	19
3.1 En Küçük Kareler Yöntemi Ve Doğrusal Regresyon	19
3.2 Zaman Serileri	21
3.2.1 Durağanlık, Zaman Serileri Modelleri Ve Birim Kök Sınanması	21
3.2.2 Otoresif Süreçler (Ar).....	22
3.2.3 Birim Kök Kavramı Ve Durağanlığın Sınanması	23
3.2.4 Dickey-Fuller Testi (Df Test)	23
3.3 Koentegrasyon Analizi	24
3.3.1 Engle-Granger İki Adım Yöntemi	24
3.4 Kalman Filtresi	25
3.4.1 Kesikli Zaman Kalman Filtresi.....	25
3.5 Portföy Performans Metrikleri.....	27
3.6 Veri.....	32
3.7 İkili Alım Satım Yöntemleri İle İlgili Genel Kurallar.....	34
3.7.1 Uzaklık Yöntemi	34
3.7.2 Koentegrasyon Yöntemi.....	37
3.7.3 Stokastik Açıklık Yöntemi	39
BÖLÜM 4 TARİHSEL SİMÜLASYON SONUÇLARI	41
4.1 Uzaklık Yöntemi.....	41
4.2 Koentegrasyon Yöntemi	43
4.3 Stokastik Açıklık Yöntemi.....	45
4.4 Yöntemlerin Alt Örneklem Üzerinde Uygulanmasına Ait Sonuçlar	46
BÖLÜM 5 BULGULARIN TARTIŞILMASI	51
KAYNAKLAR	55
EKLER	57

TABLO LİSTESİ

Tablo 1: Çalışmada kullanılan BIST-100 hisselerinin kod ve adları	33
Tablo 2: Uzaklık yöntemi sonucu bazı metrikler	42
Tablo 3: Koentegrasyon yöntemi sonucu bazı metrikler	44
Tablo 4: Stokastik açıklık yöntemi sonucu bazı metrikler	45
Tablo 5 : Uzaklık yönteminin alt veri setleri için performansı	48
Tablo 6 : Uzaklık yönteminin alt veri setleri performansına ait bazı istatistikler	48
Tablo 7 : Koentegrasyon yönteminin alt veri setleri için performansı.....	49
Tablo 8 : Koentegrasyon yönteminin alt veri setleri performansına ait bazı istatistikler.....	49
Tablo 9 : Stokastik açıklık yönteminin alt veri setleri için performansı	50
Tablo 10 : Stokastik açıklık yönteminin alt veri setleri performansına ait bazı istatistikler ..	50

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1: Standart normal dağılım olasılık yoğunluk fonksiyonu.....	17
Şekil 2: Standart normal dağılım kümülatif dağılım fonksiyonu.....	18
Şekil 3 : Kesikli bir X stokastik süreci için iki farklı örnek iz simülasyonu.....	18
Şekil 4: Kalman filtresi	27
Şekil 5: Akbank için 2006-2016 yılları arasında en fazla erime oranı.....	29
Şekil 6: Etkin sınır ve rasgele üretilmiş 1000 adet portföy	32
Şekil 7: Kayan pencere formasyon ve işlem periyodları	33
Şekil 8: Akbank ve Sabancı holding 250 günlük fiyat grafiği	35
Şekil 9: Akbank ve Sabancı holding normalize edilmiş fiyat grafiği	35
Şekil 10: Akbank ve Sabancı holding model tahmin ve gözlem değerleri	37
Şekil 11: Akbank ve Sabancı holding örnek alım satım sinyal grafiği	38
Şekil 12: Stokastik açıklık yöntemi örnek alım satım sinyali	40
Şekil 13: İşlem maliyetleri eklenmeden uzaklık yöntemi performansı.....	42
Şekil 14: İşlem maliyetlerinden sonra uzaklık yöntemi performansı.....	43
Şekil 15: İşlem maliyetleri eklenmeden koentegrasyon yöntemi performansı	44
Şekil 16: İşlem maliyetlerinden sonra koentegrasyon yöntemi performansı	44
Şekil 17 : İşlem maliyetleri eklenmeden stokastik açıklık yöntemi performansı	45
Şekil 18: İşlem maliyetlerinden sonra stokastik açıklık yöntemi performansı	46
Şekil 19 : Alt veri setleri zaman akış şeması	47
Şekil 20 : Uzaklık yönteminin alt veri setleri için performansı	47
Şekil 21 : Koentegrasyon yönteminin alt veri setleri için performansı.....	48
Şekil 22: Stokastik açıklık yönteminin alt veri setleri için performansı	49

EK LİSTESİ

Ek 1: Uzaklık yöntemi ile oluşturulmuş ilk 5 hisse çiftinden oluşan portföyler ve işlem maliyetlerinden sonra dönemlik yüzdesel getiriler	57
Ek 2: Koentegrasyon yöntemi ile oluşturulmuş ilk 5 hisse çiftinden oluşan portföyler ve işlem maliyetlerinden sonra dönemlik yüzdesel getiriler	58
Ek 3: Stokastik açıklık yöntemi ile oluşturulmuş ilk 5 hisse çiftinden oluşan portföyler ve işlem maliyetlerinden sonra dönemlik yüzdesel getiriler	59
Ek 4: İlk 5 döneme ait alt veri seti için uzaklık yöntemi hisse çifti seçimleri	60
Ek 5: İlk 5 döneme ait alt veri seti için koentegrasyon yöntemi hisse çifti seçimleri	60
Ek 6: İlk 5 döneme ait alt veri seti için stokastik açıklık yöntemi hisse çifti seçimleri	60
Ek 7: İşlem maliyetlerinden önce ilk 20 hisseden oluşturulan portföylerin karşılaştırmalı performansları	61
Ek 8: İşlem maliyetlerinden sonra ilk 20 hisseden oluşturulan portföylerin karşılaştırmalı performansları	61
Ek 9: Koentegrasyon yöntemi KARSN-TSPOR ilk işlem periyodu	62
Ek 10: Koentegrasyon yöntemi BAGFS-SKBNK ilk işlem periyodu	62

BÖLÜM 1

GİRİŞ

1980 yılının ortalarında ilk olarak Morgan Stanley kantitatif analiz takımından Nunzio Tartaglia tarafından kullanılmaya başlanan ikili alım satım stratejileri günümüzde tüm finansal piyasalarda genellikle koruma amaçlı fon (ing. hedge fund) yöneticileri, yatırım bankaları ve profesyonel yatırımcılar tarafından uygulanan piyasa nötr bir alım satım tekniğidir.

İkili alım satım stratejileri, uzun dönemde fiyat hareketleri bakımından benzerlik gösteren farklı finansal varlıkların görece biçimde fiyatlanmasına dayalıdır. İkili alım satımın en temel varsayımı, varlıklar arasındaki fiyat benzerliğinde gerçekleşen kısa dönem bozulmaların uzun dönemde tekrar eski haline döneceği ve varlıkların tekrar benzer fiyat hareketleri göstereceği varsayımdır. Buna göre ilgili varlıklar üzerinde en az bir “uzun” ve bir “kısa pozisyon” almak suretiyle kar elde etmek amaçlanır.

Genel bir örnek ile belirtmek gerekirse, ikili alım stratejilerinde yatırımcı birlikte hareket ettiğini belirlediği iki finansal varlığın arasındaki mutlak fiyat farkının veya oranının belirli bir eşik değerden öteye geçmesi durumunda yüksek fiyatlı hissede “açığa satış”, düşük fiyatlı hissede ise alım işlemi yaparak, açılan fiyat farkının tekrar eşik değer altına geleceği varsayımıyla hareket eder ve bu işlemlerden kar elde etmeye çalışır. Ayrıca ikili alım satım stratejilerinde açığa satış yapılarak hem artan hem de azalan fiyat hareketlerinden kar elde etme amacı güdülür.

İkili alım satım stratejilerinin ilk uygulamalarında varlık çiftlerinin belirlenmesi için oransal benzerlikler ve tanımlayıcı istatistikler kullanılmış olup yıllar içerisinde akademik çevrelerin konuya olan ilgisinin artmasıyla çeşitli parametrik yaklaşımlar geliştirilmiştir.

Bu çalışmada günümüzde literatürde en çok alıntılanan üç farklı ikili alım satım tekniği Borsa İstanbul BIST-100 endeksi hisselerinin Kasım 2006, Aralık 2016 aralığındaki günlük geçmiş verisi üzerinde test edilmiştir. Kullanılan bu üç yöntem; “uzaklık”, “koentegrasyon” ve “stokastik açıklık” yöntemleridir. Bu yöntemler Bölüm 3’de ayrıntılı biçimde tanıtılmaktadır. Kullanılan yöntemlerden stokastik açıklık yöntemi, geçmişte Borsa İstanbul hisse senedi piyasası üzerinde sınanmamıştır. Borsa İstanbul

üzerinde birden çok ikili alım satım yönteminin performansını aynı çalışmada kıyaslamalı olarak ele alan başka bir çalışma da bulunmamaktadır.

Günümüzde ikili alım satım yöntemleri geçmişe göre çeşitlilik kazanmasına rağmen bu yöntemlerin performansları henüz az sayıda araştırmacı tarafından gerçek veriler ve farklı borsalar üzerinde test edilmiştir. Özellikle Borsa İstanbul ile ilgili geçmişte yapılmış ikili alım satım çalışmalar göz önüne alındığında genellikle tek bir yöntemin ele alındığı görülmektedir, bu çalışmada ise farklı ve güncel bazı yöntemlerin kullanılmış olması çalışmanın tamamlanması için önemli bir motivasyon kaynağı olmuştur. Yöntemler arası uygun bir kıyaslama yapılabilmesi için tüm yöntemler benzer koşullar altında test edilmiştir. Yöntemlerin uygulamasında geçmişte yapılmış bazı önemli çalışmalarda göz önünde bulundurularak söz konusu çalışmalara benzer kriterler içeren oldukça basit işlem kuralları belirlenmiştir ve yöntem performanslarını iyileştirme amacı ile işlem kurallarında herhangi bir özelleştirme yapılmamıştır. Yöntemlerde kullanılan parametrelerde de herhangi bir optimizasyon uygulanmamıştır. Böylece yöntemlerin benzer koşullar altında gösterdikleri performanslara dair bulgular elde edilmiştir. Ayrıca çalışmada yöntemlerin performanslarının test edilmesinin yanı sıra literatürdeki bazı diğer çalışmalarda da bu çalışmaya benzer biçimde uygulanmış olan tarihsel simülasyon metodolojisinin performansı da test edilmiş olup, bu metodolojinin ürettiği sonuçların değişken olabildiğine dair bazı ampirik sonuçlar verilmiştir. Bu aşamada, tüm yöntemler veri setinde gerçekleşen değişimlere göre tekrar test edilmiş olup yöntemlerin veri setindeki değişimlere olan hassasiyetleri araştırılmıştır. Buna göre yöntemlerin performansına dair farklı bulgular elde edilmiştir. Elde edilen bulgulara göre ikili alım satım yöntemlerinin İstanbul borsasında uygulanabilirliği ayrıca tartışılmıştır.

İkinci bölümde bu alanda yapılmış çalışmalarla ilgili literatür taraması ve yöntemlerin tanıtılması, üçüncü bölümde konuyla ilgili genel kavramlar ve bilgiler, dördüncü bölümde veri ile ilgili bilgiler, beşinci bölümde tarihsel simülasyon sonuçları ve son olarak altıncı bölümde bulguların tartışılması yer almaktadır.

BÖLÜM 2

LİTERATÜR TARAMASI VE TEMEL KAVRAMLAR

Bu bölümde ikili alım satım konusunda geçmişte yapılmış bazı önemli çalışmalar üzerinde durulacak ve devamında bu araştırmayı daha anlaşılabilir kılmak amacı ile araştırma konusu ile ilgili temel finansal ve istatistiksel kavramlar tanıtılacaktır. Buna göre, 2.1’de geçmişten günümüze ikili alım satım üzerine yapılmış çalışmalar için literatür taraması yer almaktadır, 2.2’de temel finansal kavramlar ve son olarak 2.3’de temel istatistiksel kavramlar okuyucuya tanıtılacaktır.

2.1 LİTERATÜR TARAMASI

Literatürde ikili alım satım stratejileri konusunda etki yaratmış ilk akademik çalışma Gatev, Goetzmann ve Rouwenhorst (1999, 2006) tarafından yayınlanmıştır. Çalışma, Amerikan şirketleri hisse senetlerinin 1962 ve 2002 yıllarına ait verisi üzerinde yapılmıştır. 12 aylık formasyon periyodu için normalize edilmiş hisse senedi fiyatları arasındaki karesel farklar toplamının minimize edilmesi ile uygun hisse çiftleri belirlenmiş ve kareler farkı en düşük 5 ve 20 hisse çifti için portföyler oluşturulmuştur. Bir sonraki 6 aylık periyod ise alım-satım periyodu olarak ele alınmış ve portföyler dahilindeki hisse çiftlerinin, normalize edilmiş fiyat farkının 2 standart sapmadan fazla açılması durumunda yüksek fiyatlı hissede “açığa satış” ve düşük fiyatlı hissede alım yapılmıştır. Açılan emirler normalize hisse fiyatlarının tekrar kesiştiği noktada kapatılmıştır. Strateji oldukça basit alım-satım kuralları ile simülasyon ortamında yıllık %11’e kadar getiri üretmiştir. Gatev, Goetzmann ve Rouwenhorst (1999, 2006) tarafından geliştirilen bu yöntem *uzaklık yöntemi* olarak da bilinmektedir.

Uzaklık yöntemi ile ilgili çalışmasında Nath (2003), hisse senetleri yerine ikincil piyasada işlem gören Amerikan hükümeti borçlanma araçları üzerinde bir çalışma gerçekleştirmiştir. Burada varlık çiftlerinin fiyatları arasındaki uzaklık ampirik bir dağılım formatında ele alınarak herhangi bir çift için uzaklık 15. yüzdellik değeri geçtiği anda ilgili çift için işlem açılmıştır. Açılan işlemler uzaklık değeri medyan değerine geri geldiğinde kapatılmıştır. Gatev’den (1999) farklı olarak Nath (2003), zarar durdurma yöntemi kullanmış ve uzaklık değerinin 5. yüzdellik değere kadar

gelmesi durumunda pozisyonlar zararda kapatılmıştır. Nath'in (2003) çalışmasının bir diğer farkı, bir varlığın birden çok varlık ile aynı işlem döneminde çift oluşturarak portföye alınmış olmasıdır. Nath (2003) çalışmasının sonucunda amerikan borçlanma araçlarının ikili alım satımı üzerine geliştirdiği yöntem ile S&P 500 ve Salomon Kardeşler Hazine Endeksi gibi önemli endeksler ile çok düşük korelasyona sahip ve getiri risk oranı bakımından daha başarılı bir strateji geliştirmenin mümkün olduğunu göstermiştir.

Vidyamurthy (2004), ilk olarak 1987'de ortaya çıkan ve 2003 yılında bu çalışmalarından dolayı Nobel ödülüne layık görülen Engle ve Granger'in koenteegrasyon analizi tekniğini ikili alım satım stratejilerinde kullanarak günümüzde *koenteegrasyon yöntemi* olarak da bilinen yeni bir yaklaşım geliştirmiştir. Vidyamurthy (2004) iki finansal varlığın doğal logaritması alınmış fiyatları arasında basit doğrusal regresyon modeli kurarak koenteegrasyon denklemi oluşturmuştur. Buna göre, modellenen sürecin koentege olması durumunda ikili alım satımın uygulanabileceğini göstermiştir. Koentege olduğu belirlenen sürecin (açıklık sürecinin) belirli bir eşik değerden fazla sapma göstermesi durumunda varlıklarda pozisyon açılmış ve bu değer ilk kez süreç ortalamasına döndüğünde pozisyonlar kapatılmıştır. Vidyamurthy (2004) çalışmasında ikili alım satım alanında kendinden önce yapılmış çalışmalara göre istatistiksel açıdan daha tutarlı bir yöntem ortaya koymuştur.

Elliot, Van Der Hoek ve Malcolm (2005), ikili alım satımda genellikle *stokastik açıklık yöntemi* olarak bilinen yöntemi geliştirmişlerdir. İki varlığın arasındaki fiyat farkını, tahmine dayalı bir stokastik süreç biçiminde modelleyen Elliot, Van Der Hoek ve Malcolm (2005) modelleme aşamasında fiyat farkı serisinin ortalamaya dönüşlülük özelliği gösterip göstermediğini piyasa fiyat gözlemlerine dayalı olarak araştırmışlar ve geçmişte ortalamaya dönüşlülük özelliği gösteren bir seri için gelecekte ortalamaya dönüşlülük özelliğinin beklenilmesi gerektiği varsayımında bulunmuşlardır. Buna göre oluşturdukları yöntemde, gözlenen açıklık değerinin model tahmin değerinden belirli bir eşik değeri kadar fazla veya az olması durumunda ilgili varlık çiftlerinde işlem açılarak ikili alım satımın uygulanabileceğini göstermişlerdir.

Perlin (2009) çalışmasında uzaklık yöntemini, farklı veri frekansları ve farklı eşik değerler kullanarak 2000-2006 yılları aralığı için Brezilya borsası üzerinde sınımıştır.

Uzaklık yönteminin, günlük veri frekansında ve 1.6-2 standart sapma eşik değeri aralığında endekse göre daha başarılı olduğu sonucuna ulaşmıştır

Bogomolov (2010) her üç yöntemi de Avustralya hisse senetleri üzerinde sınamıştır ve yöntemler arasında sadece uzaklık yönteminin başarılı olduğuna dair sonuçlar sunmuştur.

İstanbul borsası hisse senetleri üzerinde geçmişte yapılan başlıca çalışmalar ele alınırsa Muslumov, Yüksel ve Yüksel (2009) uzaklık yöntemini İstanbul borsası için 1990-2007 yıllarına ait veri üzerinde sınamış olup ilk 20 hisse çiftinden oluşturulan portföy ile endekse göre %5.4'e kadar fazladan getiri sağlanabildiği sonucuna ulaşmışlardır. Fakat çalışmada açığa satış maliyetleri, makas farkı ve işlem maliyetleri dikkate alınmamıştır.

Bolğün, Kurun ve Güven (2009), Borsa İstanbul BIST-30 Endeksi'nin 2002 ve 2008 yılları aralığındaki verisi üzerinde uzaklık yöntemine dair bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada hisse çiftleri, Gatev, Goetzmann ve Rouwenhorst'un (1999, 2006) çalışmasına benzer şekilde normalize fiyatlar arasındaki karesel fark toplamının minimize edilmesi ile belirlenmiştir fakat belirlenen çiftler arasından yalnızca birbiri ile ilişkili olduğunu düşündükleri hisse çiftlerini portföye almışlardır. Çalışmada, uzaklık yönteminin uygulanmasında kullanılan eşik değerlerini de geçmişte yapılan diğer çalışmalardan farklı olarak ele almışlardır. Buna göre, işleme giriş ve çıkış için eşik değerleri 2.5 ve 0.5 standart sapma olarak belirlenmiş, bir işlem için kar %3 ve üzeri olduğu durumda işlemlerden çıkılmıştır, zarar durdurma %2 olarak belirlenmiştir. Ayrıca çalışmada duran kapital faiz getirisi ile değerlendirilmiştir. Çalışma sonucuna göre komisyonların ve diğer işlem maliyetlerinin toplamının ikili alım satım karından yüksek olduğu ortaya konmuştur. İkili alım satımdan 7 yıllık periyod için elde edilen toplam kar %7.4 olarak karşımıza çıkmaktadır. Buna karşın aynı dönemde elde edilen faiz getirisi yaklaşık %87.7 değerine karşılık gelmektedir.

2.2 TEMEL FİNANSAL KAVRAMLAR

Piyasa Kavramı ve Piyasalar

Piyasalar, mal, hizmet veya mali ihtiyaçların karşılanması amaçlı alıcı ve satıcıların bir araya geldiği yerlerdir. Piyasalar Reel piyasalar ve Mali piyasalar olmak üzere ikiye ayrılır;

- **Reel piyasalar:** Üretilen mal ve hizmetlerin ve üretimde kullanılan faktörlerin dolaşımının gerçekleştiği piyasalardır.
- **Mali piyasalar:** Fon talep eden girişimciler ve fon arz eden tasarruf sahiplerini bir araya getiren piyasalardır. Mali piyasalar başlıca para piyasaları ve sermaye piyasaları olmak üzere kendi içinde iki gruba ayrılır;
 - **Para piyasası:** İşlemlerin genellikle 1 yıldan kısa süreli olduğu piyasalardır. Para piyasalarında, fon talep edenin kısa vadeli likidite açığı, fon arz eden tarafından faiz ödemesi karşılığında karşılanır. Para piyasası böylece piyasaların kısa vadeli likidite sorununu çözer.
 - **Sermaye Piyasaları:** Fon talep edenin, ihraç ettiği yatırım araçları aracılığıyla fon arz edenlerden finansman sağladığı piyasalardır.

Mali piyasalar tür bakımından organize ve tezgah üstü piyasalar olarak iki gruba ayrılmaktadır. Organize piyasalarda işlemler fiziki bir mekanda üyeler dahilinde ve belirli kurallara göre yapılırken, tezgah üstü piyasalarda fiziki bir mekan ve belirlenmiş kurallar bulunmamaktadır ve işlemler pazarlık yoluyla belirlenmektedir.

Borsalar

Dünya tarihinde borsaların ilk oluşumu 12. yy itibariyle Avrupa'da başlamıştır. Bu dönemde Fransa'da "Courretiers de Change" adlı bir grup, tarımsal borçların bankalar adına regülasyonuna ve yönetimine aracılık etmişlerdir. Borçlar üzerine gerçekleştirilmiş bu aracılık faaliyetleri dünya üzerindeki ilk ciddi finansal tüccarlık ve aracılık faaliyetlerine örnek olarak gösterilebilir. Dünyada ilk borsaların oluşumu 14. yy ve 17. yy arasında yine Avrupa'da gerçekleşmiştir. Bu dönemde Belçika'da Antwerp, Brugge, Flanders ve Ghent, Hollanda'da ise Rotterdam, Amsterdam gibi şehirlerin kendilerine ait borsaları bulunmaktaydı. Bu erken dönem borsalarını günümüz borsalarından ayıran en önemli farklılık bu borsalarda şirket hisselerinin işlem görmemesi, çoğunlukla fiziksel emtia işlemleri gerçekleştirilmesiydi. Şirket hisselerinin halka açık biçimde el değiştirme işlemleri Hollanda Doğu Hindistan Ticaret Şirketi'nin (Verenigde Oost-Indische Compagnie kısaca VOC) ortaya çıkışı ile birlikte olmuştur. Şirket hisseleri 1602 yılında yine Hollanda Doğu Hindistan Şirketi tarafından kurulan ve hisse senedi işlemlerinin dünya tarihinde ilk olarak gerçekleştirildiği borsa olarak kabul edilen Amsterdam Borsası'nda işlem görmüştür. Günümüzde ise borsalar, her tipten emtianın, şirket hisselerinin, para piyasası ve türev araçların takasının gerçekleştiği organize piyasalar haline gelmiştir.

Türkiye’de ilk olarak İMKB (İstanbul Menkul Kıymetler Borsası) 26 Aralık 1985 günü kurulmuş olup, 3 Ocak 1986 yılında faaliyete başlamıştır. Daha sonra 2013 nisan ayında “Borsa İstanbul A.Ş. Esas Sözleşmesi”nin ticaret siciline tescil edilmesiyle, İstanbul Menkul Kıymetler Borsası ve İstanbul Altın Borsası’nın tüzel kişilikleri son bularak, bu kurumlar Borsa İstanbul (BIST) çatısı altında birleşmiştir.

Sermaye piyasası tarafından resmi gazetede yayınlanan 19 Temmuz 2013 tarihli “Borsalar ve Piyasa İşleticilerinin Kuruluş, Faaliyet, Çalışma ve Denetim Esasları Hakkında Yönetmelik” isimli yönetmeliğe göre borsalar ;

“ Anonim şirket şeklinde kurulan, sermaye piyasası araçları, kambiyo ve kıymetli madenler ile kıymetli taşların ve Kurulca uygun görülen diğer sözleşmelerin, belgelerin ve kıymetlerin serbest rekabet şartları altında kolay ve güvenli bir şekilde alınıp satılabilmesini sağlamak ve oluşan fiyatları tespit ve ilân etmek üzere kendisi veya piyasa işleticisi tarafından işletilen ve/veya yönetilen, alım-satım emirlerini sonuçlandıracak şekilde bir araya getiren veya bu emirlerin bir araya gelmesini kolaylaştıran, Kamuna uygun olarak yetkilendirilen ve düzenli faaliyet gösteren sistemleri ve pazar yerlerini”

ifade etmektedir. Buna göre ; borsaların ve piyasa işleticilerinin kuruluşuna “Kurul”un (Sermaye Piyasası Kurulu) uygun görüşü üzerine Bakanlar Kurulu tarafından izin verilir.

Borsa İstanbul

30 Aralık 2012 tarihinde “6362 sayılı Sermaye Piyasası Kanunu” Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Kanun’un 138. maddesi uyarınca Borsa İstanbul A.Ş., borsacılık faaliyetleri yapmak üzere Kanun’un yürürlüğe girdiği tarihte kurulmuştur.

Borsaları tek çatı altında toplayan Borsa İstanbul, şirket esas sözleşmesinin Sermaye Piyasası Kurulu’nca hazırlanıp ilgili Bakanca onaylanması sonrasında 3 Nisan 2013 tarihinde doğrudan tescil ve ilan edilmesiyle faaliyet izni almıştır. Şirket Esas Sözleşmesine göre Borsa İstanbul’un amaç ve faaliyet konusu 3. Madde ile açıklanmaktadır. Buna göre;

“Şirketin başlıca amacı ve faaliyet konusu; Kanun hükümleri ve ilgili mevzuat çerçevesinde, sermaye piyasası araçlarının, kambiyo ve kıymetli madenler ile kıymetli

taşların ve Sermaye Piyasası Kurulunca uygun görölen diğer sözleşmelerin, belgelerin ve kıymetlerin serbest rekabet şartları altında kolay ve güvenli bir şekilde, şeffaf, etkin, rekabetçi, dürüst ve istikrarlı bir ortamda alınıp satılabilmesini sağlamak, bunlara ilişkin alım-satım emirlerini sonuçlandırarak şekilde bir araya getirmek veya bu emirlerin bir araya gelmesini kolaylaştırmak ve oluşan fiyatları tespit ve ilan etmek üzere piyasalar, pazarlar, platformlar ve sistemler ile teşkilatlanmış diğer pazar yerleri oluşturmak, kurmak ve geliş tirmek, bunları ve başka borsaları veyahut borsaların piyasalarını yönetmek ve/veya işletmektir.”

Hisse Senedi

Hisse senedi diğer bir deyişle pay senedi, şirketlerin kendilerine finansman sağlamak amacı ile fon arz edenlere sunduğu sermaye piyasası aracıdır. Hisse senedi bir şirketin sermayesinin eşdeğer paylarından herbiridir. Bir şirketin hisse senedine sahip olmak o şirket ile ortak olmak ile aynı anlama gelmektedir. Hisse senedinin sağladığı bazı haklar ve sorumluluklar şunlardır;

- **Temettü Hakkı:** Yatırımcı şirketin elde ettiği kârına hissesi oranında ortak olması hakkıdır.
- **Rüçhan Hakkı:** şirketin bedelli sermaye artırımında bulunması durumunda mevcut ortakların paylarını alma hakkıdır.
- **Yönetime Katılma ve Oy Hakkı:** Bir şirketin hisse senedine sahip olmak, ilgili şirketin yönetimine katılma ve oy hakkı vermektedir. Fakat bu hak yatırımcının elinde bulundurduğu payı oranının yeterli olması durumunda gerçekteşmektedir.
- **Sır Saklama Sorumluluğu:** Hisse senedi sahipleri şirket sırlarını her daim saklamak durumundadır.
- **Taahhütleri Yerine Getirme Sorumluluğu:** şirketin sermaye artırımında hisse senedi sahibi gerekli bedeli zamanında ve eksiksiz ödemek zorundadır.
- **Sözleşme Şartlarına Uyma Sorumluluğu:** Hisse senedi sahibi ortaklık sözleşmesinde belirtilmiş tüm kurallara uymak zorundadır.

Emir ve Emir Tipleri

- **Alım Emri** : Piyasada işlem gören bir finansal varlığın satın alınmasına yönelik emir tipidir. Emrin gerçekleşmesi sonucu varlık üzerinde alınan pozisyon *uzun pozisyon* olarak adlandırılır.
- **Açığa Satış Emri (Kısa Pozisyon)**: Yatırımcının, işlem anında elinde bulunmayan bir finansal varlığı önceden satarak daha sonra alıcıya teslim ettiği emir tipidir. Emrin gerçekleşmesi sonucu varlık üzerinde alınan pozisyon *kısa pozisyon* olarak adlandırılır. Açığa satış işlemi, fiyatlarda düşüş beklentisi taşıyan yatırımcılar tarafından uygulanır. Açığa satışta önceden yüksek fiyattan satılan hisse senetleri daha sonra düşük bir fiyattan alınmak koşulu ile kar elde etmek amaçlanır.

Yukarıda belirtilen emirler farklı emir tipleri kullanılarak gerçekleştirilebilir. Buna göre üç genel kategori aşağıda verilmiştir;

- **Piyasa Emri**: İşlemin piyasada o an geçerli olan en iyi fiyattan gerçekleştirilmeye çalışıldığı emir tipidir. Bu işlem tipinde sadece miktar girilmesi yeterlidir.
- **Limit Fiyatlı Emir**: İşlem fiyatının ve miktarın önceden yatırımcı tarafından belirlendiği emir tipidir. Limit fiyatlı emirler belirlenen fiyata ve zaman önceliğine göre karşı taraf ile eşleştirilirler. Aynı andaki emirler için fiyat önceliği, aynı fiyattaki emirler için zaman önceliği söz konusudur. Yatırımcı tarafından belirlenen fiyat o an için borsadaki en iyi fiyat (alımlarda en yüksek, satışlarda en düşük) ise veya aynı emir fiyatları için zamana göre daha önce gerçekleştirilmiş bir emir ise yatırımcı işlem önceliği kazanır. Emir iletildikten sonra gerçekleşmeyen miktar, fiyat ve zaman önceliğine göre bekleyen emirlere yazılır.
- **Koşullu Emirler**: Bu tip emirlerin aktif hale gelmesi, gerçekleşebilmesi veya geçerliğinin iptali bazı koşulların tanımlanması ile olur. Bu koşullar miktara, fiyata veya zamana bağlı olarak belirlenebilir.

Makas Farkı

Bir finansal varlığın piyasada o an gerçekleşen alım ve satım fiyatları arasındaki farktır. Varlığın likiditesine ve türüne göre makas farkı değişkenlik gösterir. Genellikle likit varlıklarda makas farkı, daha az likit varlıklara göre daha küçüktür.

Komisyon

Yatırımcının bir finansal varlığı almak veya satmak için işlem aracısına ödediği meblağdır. Bu meblağ, işlem başına sabit bir tutar veya oran olabileceği gibi işlem hacmine göre değişen sabit bir tutar veya oran biçiminde de belirlenebilir.

2.3 TEMEL İSTATİSTİKSEL KAVRAMLAR

Bu bölümde çalışmada kullanılan yöntemlerin metodolojisine dair bir ön bilgi sağlaması amacı ile aksiyomatik olasılık teorisi ve çeşitli istatistiksel kavramlar ile ilgili bilgi verilecektir.

Aksiyomatik Olasılık Tanımı

Olasılık, belirli bir olayın gerçekleşmesi ile ortaya çıkabilecek muhtemel sonuç veya bir grup sonucun gerçekleşme şansını ölçme anlamında kullanılan bir kavramdır. Aksiyomatik olasılık teorisinde, öncelikle olması muhtemel bütün sonuçlardan oluşan bir “örneklem uzayı”nın (ing. sample space) tanımlanmış olması gerekir. Örneğin para ile yazı tura oyunu oynandığında, örneklem uzayı {yazı, tura} kümesi seçilebildiği gibi, {yazı, tura, dikey duruş} olarak da seçilebilir. Örneklem uzayı verilen bu örneklerde sonlu ve kesiklidir. Öte yandan, bir istasyona trenin geliş süresini modellersek, örneklem uzayı süreklidir.

Örneklem uzayının elemanları “sonuç” (ing. outcome) olarak adlandırılır. Örneklem uzayının belirli alt koşulları sağlayan alt kümeleri ise “olay” (ing. Event) olarak adlandırılır.

Örneklem Uzayı

Örneklem uzayı, rasgele bir olayın tüm olası sonuçlarının kümesidir. Örneklem uzayı sonlu veya sonsuz elemanlı olabilir. Yukarıda belirtilen yazı tura örneği için örneklem uzayı verilirse, Y paranın üst yüzünün yazı olması durumunu ve T paranın üst yüzünün tura olması durumunu göstermek üzere ve S_i art arda gerçekleştirilen i . denemenin örneklem uzayını göstermek üzere;

$$S_1 = \{Y, T\}$$

$$S_2 = \{YY, YT, TY, TT\}$$

biçimindedir. Bu örnekte sonlu sayıda kesikli değerler alan (Y ve T) bir örneklem uzayı görülmektedir. Sonsuz sayıda kesikli bir örneklem uzayına örnek vermek gerekirse atılan paranın ilk kez yazı gelmesi olasılığı ele alınabilir böyle bir durumda örneklem uzayı;

$$S = \{Y, TY, TTY, TTTY, \dots\}$$

biçiminde sonsuz sayıda durumdan oluşur.

Sürekli örneklem uzayları ise olay sonuçlarının belirli bir aralıktaki tüm reel sayı değerlerini alabildiği durumlarda karşımıza çıkmaktadır. Örnek vermek gerekirse bir elektronik cihazın arızalanma süresi ele alınabilir, bu süre cihazın kullanımına ve kalitesine göre değişecektir. Buna göre cihaz sonsuza dek arızalanmayabilir veya ilk kullanıldığı anda dahi arızalanabilir. Burada t, cihazın arızalanması için geçen zamanı göstermek üzere örneklem uzayı aşağıdaki biçimde ifade edilir;

$$S = \{0 \leq t < \infty\}$$

Burada bilinmesi gereken önemli bir nokta, örneklem uzayındaki her bir sonucun (durumun) bir olasılığının olmasıdır.

Sonuç ve Olay Kavramları ve Olaylara Olasılık Atanması

Aksiyomatik olasılık teorisinde, her A olayına, aşağıdaki aksiyomları sağlayacak şekilde 0 ile 1 arasında bir reel sayı değeri alan P(A) olasılığı atanır.

- $P(A) \geq 0$.
- $P(S) = 1$.
- $P(A \cup B) = P(A) + P(B)$ A ve B karşılıklı dışlamalı olaylar (ing. mutually exclusive events) ise.

Yukarıda $A \cup B$ kümelerin bileşimini, $P(A)+P(B)$ ise reel sayı değerleri olmak üzere A ve B olaylarının olasılık değerleri toplamını belirtmektedir. Örneklem uzayının sonlu olması durumunda yukarıdaki tanımlar genellikle geçerlidir ve her “sonuç” bir “olay” olarak alınabilir. Örneklem olayının sonsuz olması durumunda ise 3. aksiyomu sonsuz toplamları da içerecek şekilde genellemek istersek, “olay” olarak seçeceğimiz alt kümelerin bir “Borel Cismi” meydana getirmesi istenir, ancak burada bu tanımları vermeyeceğiz.

Basit bir örnek olan yazı tura oyununa dönecek olursak, $S=\{\text{yazı,tura}\}$ olup, $A=\{\text{yazı}\}$ ve $B=\{\text{tura}\}$ kümeleri birer olaydır. Aksiyomatik olarak biz bu olaylara herhangi bir olasılık atayabiliriz ancak hilesiz bir bozuk para için her iki olaya da $\frac{1}{2}$ olasılık atamamız doğaldır. Bu çerçevede P olasılık değeri aşağıdaki gibidir.

$$P_{\text{yazı}} = 0.5 \text{ ve } P_{\text{tura}} = 0.5$$

$$P_{\text{yazı}} + P_{\text{tura}} = 1$$

Koşullu Olasılık

Bir olayın, başka bir olayın meydana geldiği bilindiği durumlarda gerçekleşmesi olasılığı koşullu olasılık olarak adlandırılır. Buna göre P olasılık değerini göstermek üzere $P(A|B)$ koşullu olasılığı, B olayının meydana geldiği bilindiğine göre A olayının gerçekleşme olasılığını temsil eder.

$$P(A|B) = \frac{P(A \cap B)}{P(B)}$$

Rasgele Değişken

Bir rasgele değişken, örneklem uzayından reel sayılar kümesine tanımlı bir fonksiyondur.

$$X : S \rightarrow \mathbb{R}$$

Bu fonksiyon tanımında aşağıdaki koşulun sağlanması gerekir.

$$s \in S : X(s) \in R$$

Buna göre her $s \in S$ için $X(s)$ bir reel sayı değeri alır. Bu sayıyı x ile gösterelim. Böylece $(-\infty, x]$ kümesinin X gönderimi altındaki ters görüntüsü, S içinde bir alt küme olacaktır. X gönderiminin bir rasgele değişken olabilmesi için, her s değerine karşılık gelen bu ters görüntü kümesinin bir olay kümesi olması gerekir. Bu ayrıntı her sonucun bir olay olmadığı durumlarda son derece önemlidir.

Dağılım Fonksiyonu (Kümülatif Dağılım Fonksiyonu)

Bir örneklem uzayı S, bunun (Borel cismi oluşturan) alt kümeleri olan A olayları, bu olaylara yukarıda verilen aksiyomlara uygun olarak atanmış $P(A)$ olasılıkları ve S üzerinde, yukarıdaki koşula uygun olacak şekilde tanımlı bir X rasgele değişkeni verilmiş olsun. Bu X rasgele değişkeninin dağılım fonksiyonu, reel sayılardan reel sayılara tanımlı bir fonksiyondur ve $F(x)$ ile gösterilir. Bir X rasgele değişkeninin

değer olarak aldığı herhangi bir x reel sayısını ele alalım. Buna göre $(-\infty, x]$, reel sayıların bir alt kümesidir. Bu kümenin X gönderimi altındaki ters görüntüsü ise A şeklinde bir olaydır. Bu olaya atanmış olan bir $P(A)$ olasılığı vardır. $F(x)$ dağılım fonksiyonunun x sayısındaki değeri $F(x)$ aşağıdaki biçimde belirlenir.

$$F(x) = P(A)$$

Ayrıca bir dağılım fonksiyonu aşağıdaki özellikleri sağlar;

- $\lim_{x \rightarrow -\infty} F(x) = 0$
- $\lim_{x \rightarrow +\infty} F(x) = 1$
- F azalan bir fonksiyon değildir

Olasılık Dağılımları

▪ Kesikli Olasılık Dağılımı

Örneklem uzayı sonlu ise bir kesikli X rasgele değişkeninin olasılık dağılımı, n örneklem uzayının büyüklüğünü göstermek üzere X değişkeninin alabileceği değerler, $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ 'dir ve bunlara karşılık gelen $P(X=x_1), P(X=x_2), P(X=x_3), \dots, P(X=x_n)$ olasılık değerleridir. Burada $P(X=x)$ olasılık fonksiyonudur.

Bir kesikli olasılık dağılımı aşağıdaki özellikleri sağlamalıdır;

$$0 \leq P(X = x) \leq 1$$

$$\sum P(X = x) = 1$$

▪ Sürekli Olasılık Dağılımı

Bir sürekli x rasgele değişkeni, örneklem uzayının tanımlı olduğu aralıktaki tüm değerleri alabilir. Kesikli dağılımlardan farklı olarak x rasgele değişkeni $x=a$ gibi tek bir noktada değer almaz. Değer aldığı aralığa göre olasılık değerini veren fonksiyon olasılık yoğunluk fonksiyonu olarak adlandırılır ve $f(x)$ ile gösterilir. Buna göre $f(x)$ olasılık yoğunluk fonksiyonu, $F(x)$ dağılım fonksiyonunun birinci türevi olarak tanımlanır.

$$f(x) = \frac{dF(x)}{dx}$$

Bir sürekli olasılık dağılımı aşağıdaki özelliği sağlamalıdır;

$$\int_{-\infty}^{+\infty} f(x) dx = 1$$

- **Bileşik Olasılık Dağılımı**

Bir rasgele değişkenin olasılık dağılımı başka bir rasgele değişkenin olasılık dağılımına bağlı olarak belirleniyorsa bu bir bileşik olasılık dağılımıdır, x ve y sürekli rasgele değişkenler olmak üzere f(x,y) bileşik olasılık yoğunluk fonksiyonunu göstermek üzere bir bileşik olasılık yoğunluk dağılımı aşağıdaki gerekliliği sağlamalıdır.

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} f(x,y) dx dy = 1$$

Buna göre marjinal olasılık dağılımlarını tanımlamak gerekirse, bir marjinal olasılık dağılımı, bileşik olasılık dağılımı içerisindeki bir rasgele değişkenin olasılık dağılımı olarak açıklanabilir. Buradada g(x) ve h(y) fonksiyonları marjinal olasılık yoğunluk fonksiyonlarını göstermek üzere;

$$g(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(x,y) dy$$

$$h(y) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(x,y) dx$$

biçiminde tanımlanır.

Beklenen Değer (Ortalama)

Kesikli bir olasılık dağılımı için beklenen değer $E[x]$ (veya ortalama μ), x_i rasgele değişkenin değerini ve $P(X=x_i)$ olasılık değerini göstermek üzere;

$$E[X] = \mu = \sum_{i=1}^n x_i P(X = x_i)$$

Sürekli bir olasılık dağılımı için f(x) olasılık yoğunluk fonksiyonunu göstermek üzere beklenen değer;

$$E[X] = \mu = \int_{-\infty}^{+\infty} xf(x) dx \quad a < x < b$$

Biçiminde tanımlanır.

- **Koşullu Olasılık ve Koşullu Beklenen Değer**

X ve Y rasgele değişkenlerinin bileşik olasılık dağılımına sahip olduğu ve Y'nin bilindiği durumda, $E[X|Y=y]$ X rasgele değişkeninin beklenen değerini, $f_{x|y}(x|Y=y)$ X'in koşullu olasılık yoğunluk fonksiyonunu, f(x,y) X ve Y'nin

bileşik olasılık yoğunluk fonksiyonunu ve $h(y)$ Y rasgele değişkeninin marjinal olasılık yoğunluk fonksiyonu göstermek üzere koşullu olasılık ve koşullu beklenen değer;

$$f_{x|y}(x|Y = y) = \frac{f(x, y)}{h(y)} \quad h(y) \neq 0$$

$$E[X|Y = y] = \int_{-\infty}^{+\infty} x f_{x|y}(x|Y = y) dx$$

biçiminde tanımlanır.

Standart Sapma ve Varyans

İstatistikte standart sapma, bir veri setinin ortalamasından ne kadar sapma gösterdiğinin bir ölçütüdür. Standart sapması daha düşük bir veriseti, ortalamaya daha yakın bir şekilde dağılım gösterirken, standart sapması yüksek bir dağılım da veri ortalamadan daha uzak değerlere yayılım gösterir. Standart sapma bir dağılımın ortalamaya göre ikincil momentinin karekökü alınarak hesaplanır. Kesikli bir X rasgele değişkeni için $P(X=x)$ olasılık fonksiyonunu, E ve μ beklenen değer operatörünü, σ standart sapmayı ve σ^2 varyansı göstermek üzere aşağıdaki eşitlik verilir;

$$\sigma^2 = E[X^2] - E[X]^2 = \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2 P(X = x_i)$$

Sürekli bir olasılık dağılımı için varyans aşağıdaki gibi hesaplanır;

$$\sigma^2 = \int_{-\infty}^{+\infty} (x - \mu)^2 f(x) dx \quad a < x < b$$

Örneklem Ortalaması

Örneklem ortalaması bir grup gözlem değeri için popülasyon ortalamasının bir tahmin değeridir. N büyüklüğündeki bir örneklem için örneklem ortalaması \bar{x} , X_i i. gözlem değerini göstermek üzere;

$$\bar{x} = \frac{1}{n} (X_1 + X_2 + \dots + X_n)$$

Örneklem Standart Sapması ve Varyansı

Örneklem standart sapması bir grup gözlem değeri için popülasyonun varyansının bir tahmin değeridir. N büyüklüğündeki bir örneklem için örneklem standart sapması S, X gözlem değerini ve \bar{x} örneklem ortalamasını göstermek üzere;

$$S = \sqrt{\frac{\sum(X - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

İstatistiksel Bağımsızlık

İstatistikte bir olayın gerçekleşmesi ile diğer bir olayın gerçekleşmesinin arasında herhangi bir etki veya ilişki bulunmaması istatistiksel bağımsızlık olarak adlandırılır. Bunun tam tersi durumda eğer bir olayın gerçekleşmesi diğer bir olaya etki ediyor veya diğer bir olayın gerçekleşmesi ile ilişki gösteriyor ise bu durumda istatistiksel bağımlılık söz konusudur. Buna göre X ve Y için, P olasılık değerini göstermek üzere X olayının Y'den bağımsız olduğu durumda aşağıdaki özellikler sağlanmalıdır;

$$P(X|Y) = \frac{P(X \cap Y)}{P(Y)}$$

$$P(X \cap Y) = P(X)P(Y)$$

$$P(X|Y) = P(X)$$

Kovaryans ve Korelasyon

Kovaryans, iki rasgele değişkenin birlikte değişimin bir ölçüsüdür. Eğer iki rasgele değişken birbiri ile bağımlı ise kovaryans;

$$Cov(X, Y) = E[(X - E[X])(Y - E[Y])]$$

Eğer rasgele değişkenler birbirinden bağımsız ise;

$$Cov(X, Y) = 0$$

Korelasyon iki rasgele değişken arasındaki istatistiksel bağımlılığın derecesini ve ilişkinin yönünü ölçmek için kullanılır. En yaygın kullanılan korelasyon ölçütlerinden biri *Pearson* korelasyon katsayısı'dır. Pearson korelasyon katsayısı, iki değişkenin kovaryansının, standart sapmalarının çarpımlarına bölünmesiyle elde edilir ve -1 ile 1 arasında değer alır. Rasgele değişkenler arasındaki bağımlılığın gücüne ve yönüne göre, eğer değişkenler arasında pozitif bir ilişki varsa ilişkinin büyüklüğü arttıkça pearson korelasyon katsayısı 1 değerine yaklaşır, bunun tersi olarak değişkenler arasında

negatif bir ilişki var ise ilişkinin büyüklüğü arttıkça bu değer -1 değerine yaklaşır. ρ X ve Y değişkenleri arasındaki pearson korelasyon katsayısını göstermek üzere;

$$\rho = \frac{Cov(X, Y)}{\sigma_x \sigma_y}$$

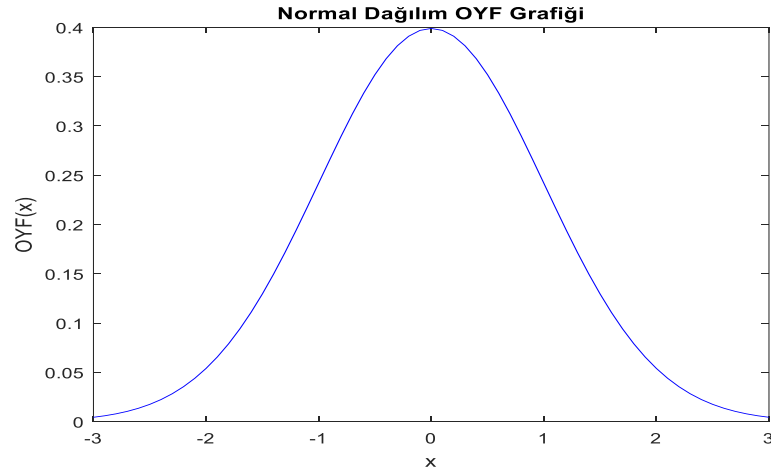
$$-1 \leq \rho \leq 1$$

Normal Dağılım (Gaussian Dağılım)

Normal dağılım diğer adı ile gaussian dağılım çok geniş bir uygulama alanına sahip bir sürekli olasılık dağılımıdır. Normal dağılım bir çok bilim dalında dağılımı bilinmeyen rassal değişkenleri tanımlamak için kullanılmaktadır. Finans alanında getirilerin dağılımının modellenmesinde, türev ürünlerin fiyatlanmasında ve risk yönetimi uygulamalarında sıklıkla normal dağılım ve standart normal dağılım kullanılmaktadır. Standart normal dağılım ortalaması 0 ve standart sapması 1 olan normal dağılımdır.

- **Normal Dağılım Olasılık Yoğunluk Fonksiyonu** : μ dağılım ortalamasını, σ dağılım standart sapmasını göstermek üzere normal dağılımın olasılık yoğunluk fonksiyonu (oyf) aşağıdaki denklemde verilmektedir;

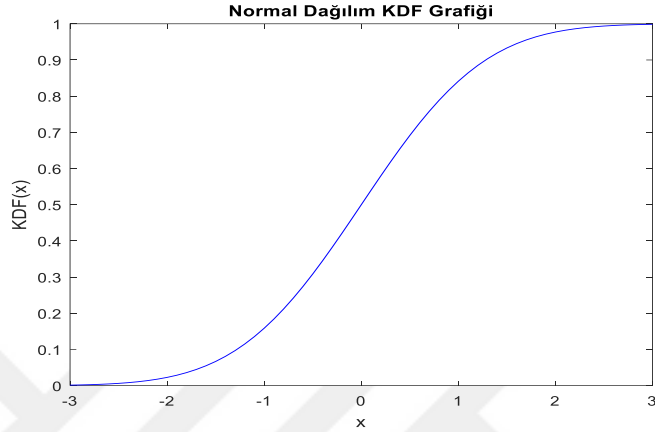
$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$



Şekil 1: Standart normal dağılım olasılık yoğunluk fonksiyonu

- **Normal Dağılım Kümülatif Dağılım Fonksiyonu** : μ dağılım ortalamasını, σ dağılım standart sapmasını göstermek üzere normal dağılım için kümülatif dağılım fonksiyonu (oyf) aşağıdaki gibi ifade edilir;

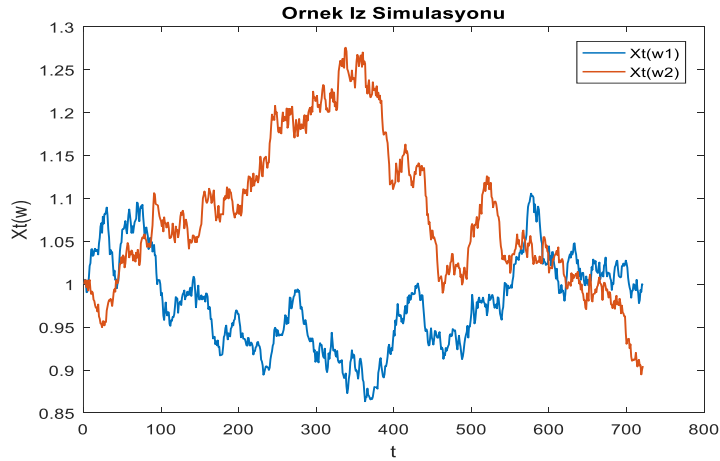
$$F(x) = \frac{1}{2} \left[1 + \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_{-\frac{x-\mu}{\sigma\sqrt{2}}}{\frac{x-\mu}{\sigma\sqrt{2}}} e^{-t^2} dt \right]$$



Şekil 2: Standart normal dağılım kümülatif dağılım fonksiyonu

Stokastik Süreçler (Rassal Süreçler)

Bir X stokastik süreci $X = \{X_t : t \in T\}$, bir S örneklem uzayından değer alan bir grup X_t rasgele değişkenlerinden oluşur. Burada t genellikle doğal sayılar kümesinde veya $[0, \infty)$ aralığında tanımlı bir T dizisinden değer alır ve sürecin içinde bulunduğu zamanı temsil eden indistir. Eğer, T kesikli değerler içeren bir dizi ise X kesikli zamanlı stokastik süreçtir, eğer T sürekli değerler içeren bir dizi ise X sürekli zamanlı stokastik süreçtir. Bir X stokastik sürecinin gerçekleşmiş her bir hali $t \rightarrow X_t(\omega)$, örnek iz olarak adlandırılır burada ω , X_t rasgele değişkeninin sonuç durumudur.



Şekil 3 : Kesikli bir X stokastik süreci için iki farklı örnek iz simülasyonu

BÖLÜM 3

METODOLOJİ VE VERİ

Bu bölümde çalışmada yer alan yöntemlerin uygulanması için gerekli olan bazı kavramlar ve ikili alım satım yöntemlerinin uygulanmasındaki kurallar tanıtılacaktır.

3.1 EN KÜÇÜK KARELER YÖNTEMİ VE DOĞRUSAL REGRESYON

Doğrusal regresyon, n adet gözlem içeren bir veriseti için bir bağımlı ve en az bir bağımsız değişken arasındaki ilişkinin doğrusal olduğu varsayımı altında, bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiyi modellemeye yönelik bir yaklaşımdır. Modeli elde etmede kullanılan en yaygın yöntem en küçük kareler yöntemidir. Y bağımlı değişkenin i. gözlem değerini, $x_{i,p}$ p tane bağımsız değişkenin her birinin i. gözlem değerini ve ε_i i. hata terimini göstermek üzere doğrusal regresyon denkleminin genel formu;

$$y_i = \alpha + \beta_1 x_{i,1} + \beta_2 x_{i,2} + \dots + \beta_k x_{i,p} + \varepsilon_i$$

Biçiminde verilir. Yukarıda Doğrusal regresyon denkleminin matris formunda gösterimi ise aşağıdaki biçimdedir;

$$y = X\beta + \varepsilon$$

Burada n gözlem sayısını ve p bağımsız değişken sayısını belirtmek üzere, y ve ε n x 1 elemanlı, β p x 1 elemanlı vektörler, X ise n x p büyüklüğünde matristir.

Doğrusal regresyon modelinin uygulanabilmesi için bazı temel varsayımlar bulunmaktadır, buna göre;

- Modelin doğrusal olarak tanımlanması gereklidir.
- Hata terimleri ile bağımsız değişkenler arasında korelasyon olmamalıdır ve hata terimlerinin beklenen değeri 0 olmalıdır;

$$E[X\varepsilon] = 0$$

$$E[\varepsilon|X] = 0$$

- Hata terimleri değişen varyanslılık göstermemelidir ve hata terimlerinin kendi içerisinde serisel korelasyon barındırmaması gereklidir;

$$E[\varepsilon_i^2|X] = \sigma^2$$

$$i \neq j \rightarrow E[\varepsilon_i \varepsilon_j|X] = 0$$

- Hata terimleri normal dağılımlı bir popülasyondan gelmelidir,

$$\varepsilon \sim N(0, \sigma^2)$$

En küçük kareler yöntemi ile doğrusal regresyonda modelin uygunluk iyiliği (ing. goodness of fit) hata terimlerinin kareleri toplamının-artık kareler toplamı(AKT)-minimize edilmesi ile belirlenir. Buna göre T matris transpozisyonu operatörünü, β^* ise parametre tahmin vektörünü, y^* bağımlı değişken için tahmin vektörünü ve ε^* tahmin hata değerleri vektörünü belirtmek üzere doğrusal regresyon denklemi aşağıdaki açık çözüm ile tahmin edilir;

$$AKT = (y - X\beta)^T (y - X\beta)$$

$$\beta^* = (X^T X)^{-1} X^T y$$

$$y^* = X\beta^* = X(X^T X)^{-1} X^T y$$

$$\varepsilon^* = y - y^*$$

En küçük kareler yönteminde kurulan modelin açıklayıcılığının bir ölçütü olarak ise *belirleyicilik katsayısı* kısa gösterimi ile R^2 değeri kullanılır. R^2 , örneklemdeki değişimin, kurulan regresyon denklemi tarafından yüzdesel olarak ne kadar açıklandığını verir. Doğrusal regresyon denklemi genel kareler toplamı (GKT), regresyon kareler toplamı (RKT) ve artık kareler toplamı (AKT) biçiminde ifade edilirse;

$$GKT = RKT + AKT$$

elde edilir. Buna göre;

$$GKT = \sum (y - \bar{y})^2$$

$$RKT = \sum (y^* - \bar{y})^2$$

$$AKT = \sum (y - y^*)^2$$

$$\sum (y - \bar{y})^2 = \sum (y^* - \bar{y})^2 + \sum (y - y^*)^2$$

Yukarıdaki formülasyon kullanılarak R^2 hesaplanışı;

$$R^2 = \frac{RKT}{GKT} = \frac{\sum(y^* - \bar{y})^2}{\sum(y - \bar{y})^2}$$

biçimindedir.

3.2 ZAMAN SERİLERİ

3.2.1 Durağanlık, Zaman Serileri Modelleri ve Birim Kök Sınanması

- **Tam Durağanlık:** Sıralı bir x_t rassal zaman serisi için herhangi iki n sayıda sıralı gözlem setinin ortak dağılımları tamamen aynı ise serinin bu özelliği tam durağanlık (güçlü durağan) olarak adlandırılır. $x_{t1}, x_{t2}, \dots, x_{tn}$ ve $x_{t1+k}, x_{t2+k}, \dots, x_{tn+k}$ aynı dağılımlı ise seri tam durağan bir seridir.
- **Zayıf Durağanlık:** Gerçek hayatta birçok zaman serisi için tam durağanlık koşullarının sağlanması güç olduğundan durağanlık varsayımı gerektiren uygulamalarda zayıf durağanlığın sağlanması yeterlidir. Herhangi bir t anı için;

$$E[x_t] = \mu \quad \mu \neq \pm\infty$$

$$Var[x_t] = \sigma^2 \quad \sigma \neq \pm\infty$$

$$Cov(x_t, x_{t+k}) = \gamma(k)$$

$$\gamma(0) < \infty$$

Koşullarının sağlanması zayıf durağanlık için yeterlidir.

- **Durağan Olmayan Zaman Serileri:** Tam ve zayıf durağanlık koşullarının sağlanmadığı seriler durağan olmayan serilerdir. Durağan olmayan serilere en genel örneklerden biri rassal yürüyüş sürecidir. Bir zaman serisinin şu anki değeri geçmiş bir değeri ve bir ak gürültü hata terimi ile ifade edilebiliyor ise seri rassal yürüyüş sürecine uygun hareket etmektedir.

Standart rassal yürüyüş modelini ele alırsak, ε_t normal dağılımdan gelen bir ak gürültü sürecini göstermek üzere;

$$x_t = x_{t-1} + \varepsilon_t$$

Modeli x_{t-1} için yazdığımızda

$$x_{t-1} = x_{t-2} + \varepsilon_{t-1}$$

Buna göre;

$$x_t = x_{t-2} + \varepsilon_t + \varepsilon_{t-1}$$

Elde edilmiş olur. Yukarıda verilen iterasyon x için 0. elemana kadar devam ettirilirse aşağıdaki gibi seri hata terimlerinin toplamından oluşan bir seri haline gelmektedir;

$$x_t = x_0 + \sum_{i=1}^t \varepsilon_i$$

Buradan yola çıkarak;

$$Var[x_t] = Var[x_0] + Var\left[\sum_{i=1}^t \varepsilon_i\right] = t\sigma^2$$

Olduğu açıkça görülmektedir. Buna göre x serisinin varyansı sabit değildir ve zamana göre değişim göstermektedir. Bu sebeple standart rassal yürüyüş süreci durağan bir seri değildir.

3.2.2 Otoregresif Süreçler (AR)

Otoregresif süreçler, bir zaman serisinin kendi geçmiş değerleri ile modellendiği süreçlerdir ve AR(p) biçiminde gösterilirler. X p. Dereceden otoregresif bir süreç (AR(p)) olmak üzere;

$$x_t = \alpha + \phi_1 x_{t-1} + \phi_2 x_{t-2} + \dots + \phi_p x_{t-p} + \varepsilon_t$$

Biçiminde gösterilir. Burada $\varepsilon_t \sim w(0, \sigma^2)$ ak gürültü sürecini ifade eder.

Bu noktada çalışmada kullanılan AR(1) sürecinin bazı özelliklerinden bahsetmek gerekirse;

$$x_t = \alpha + \phi_1 x_{t-1} + \varepsilon_t$$

AR(1) süreci için;

- Ortalama : $\mu = \frac{\alpha}{1-\phi_1}$
- Varyans : $Var[x_t] = \frac{\sigma^2 \varepsilon}{1-\phi_1^2}$
- k gecikme için otokorelasyon : $\rho_k = \frac{\gamma(k)}{\gamma(0)} = \frac{Cov(x_t, x_{t+k})}{Var(x_t)} = \phi_1^k$

AR(1) sürecinin ortalaması ele alındığında görülecektir ki durağanlığın sağlanması için gerekli ve yeterli koşul $|\phi_1| < 1$ olmasıdır. Aksi halde durağanlık için gerekli olan ilk iki momentin sonlu olması koşulu sağlanmayacaktır.

$$\lim_{\phi_1 \rightarrow 1} \frac{\alpha}{1-\phi_1} = \infty$$

3.2.3 Birim Kök Kavramı ve Durağanlığın Sınanması

- **Tanım:** Bir zaman serisi d kez farkı alındıktan sonra, otoregresif süreç gösteriminde, tersi alınabilir, durağan bir zaman serisi halini alıyorsa d . dereceden fark durağan seri olarak adlandırılır ve $x_t \sim I(d)$ biçiminde gösterilir.

- Kesikli zamanda ifade edilmiş p . dereceden bir otoregresif bir seri;

$$x_t = \alpha + \phi_1 x_{t-1} + \phi_2 x_{t-2} + \dots + \phi_p x_{t-p} + \varepsilon_t$$

biçiminde gösterilir.

Burada $\varepsilon_t \sim w(0, \sigma^2)$ ak gürültü süreci olmak üzere, kolaylık sağlaması açısından $\mu=0$ alırsak sürecin karakteristik denklemi;

$$m^p - \phi_1 m^{p-1} - \phi_2 m^{p-2} - \dots - \phi_p = 0$$

Biçimindedir. Karakteristik denklemin çözümünden elde edilen kökler karakteristik kökler olarak adlandırılır. Buna göre $m=1$ için süreç birim kök barındırır ve $I(1)$ 'dir. Eğer $m=1$ ise ve d . dereceden çarpımsal bir kök barındırıyorsa süreç d . dereceden fark durağan seridir, bu durumda süreç $I(d)$ 'dir. Gerçekte, finansal ve ekonomik zaman serileri çoğunlukla durağan seriler değildir. Bu sebeple durağan seriler elde etmek için fark alma işlemi uygulanır. Finansal zaman serileri, genellikle $I(1)$ tipinden serilerdir ve bir kez fark alma işlemi durağan hale gelirler.

3.2.4 Dickey-Fuller testi (DF Test)

Dickey and Fuller (1979), zaman serilerinde durağanlığın sınanması için bir test geliştirmişlerdir. Günümüzde Dickey-Fuller testi veya DF testi olarak adlandırılan bu yöntemde serinin durağanlığı otoregresif bir süreç olarak ele alınarak test edilir. Y $AR(1)$ tipinde bir otoregresif süreç olmak üzere;

$$y_t = \rho y_{t-1} + \varepsilon_t$$

$$y_t - y_{t-1} = (\rho - 1)y_{t-1} + \varepsilon_t$$

$$(\rho - 1) = \delta$$

$$y_t - y_{t-1} = \Delta y_t$$

$$\Delta y_t = \delta y_{t-1} + \varepsilon_t$$

Biçiminde yazılabilir. En küçük kareler yöntemi ile parametre tahminleri yapıldıktan sonra test için hazırlanmış Dickey-Fuller tablosuna göre DF test istatistiği sınanır;

$$H_0 : \delta = 0 \rightarrow \text{Seri birim kök barındırır, durağan değildir.}$$

$$H_1 : \delta < 0 \rightarrow \text{Seri durağandır.}$$

3.3 KOENTTEGRASYON ANALİZİ

Tanım: Zaman serileri analizinde, bir serinin durağanlaştırılması için serinin farkını alma işlemi uygulanır. Buna göre bir seri d kez farkı alındıktan sonra durağan hale geliyorsa d. dereceden durağan bir seridir denir ve I(d) olarak gösterilir.

$$\Delta y = y_t - y_{t-1}$$

Koentegrasyon analizinde, birden çok d. dereceden durağan olmayan zaman serisinin doğrusal bir kombinasyonu oluşturularak durağan tek bir zaman serisi elde edilmeye çalışılır.

$$x_t \sim I(1)$$

$$y_t \sim I(1)$$

Olmak üzere eğer x ve y zaman serilerinin $ax + by$ biçiminde bir doğrusal kombinasyonu bir a ve b değeri için I(0) bir süreç ise x ve y zaman serileri koentegre serilerdir denir. Tek başlarına durağan olmayan x ve y zaman serilerinin bu kombinasyonu durağanlık özelliği sağlar. Koentegrasyon yöntemi uygulanan ikili alım satım stratejilerinde I(1) fiyat serileri koentegrasyon kullanılarak I(0) yani durağan portföy zaman serilerine dönüştürülür.

3.3.1 Engle-Granger İki adım Yöntemi

Bu çalışmada koentegrasyon varlığının sınanmasında Engle-Granger iki adım yöntemi kullanılmıştır. Engle ve Granger (1987) en küçük kareler yöntemi ve birim kök sınanmasına dayalı bir koentegrasyon testi oluşturmuşlardır. Her ikisinde I(1) tipindeki x_t ve y_t zaman serileri için;

$$y_t = \alpha^* x_t + \mu_t^*$$

$$\mu_t = \phi^* \mu_{t-1} + \varepsilon_t$$

Biçiminde iki ayrı model kurulur. Burada $\varepsilon_t \sim N(0, \sigma^2)$ bağımsız ve benzer dağılımlı bir süreç, μ_t ise AR(1) yani 1. dereceden otoregresif bir süreç izlemektedir. Buna göre yukarıdaki biçimde kurulan doğrusal regresyon modeli sonucunda μ_t^* için birim kök sınaması yapılır. Birim kök sınamasına göre μ_t^* , I(0) tipinde durağan bir süreç ise x ve y koentegre serilerdir. Otoregresif süreçlerin bir özelliği olarakda μ_t^* durağan olması için α^* mutlak değeri 1'den küçük olmalıdır;

$$\mu_t^* \sim I(0) \leftrightarrow |\alpha^*| < 1$$

3.4 KALMAN FİLTRESİ

İlk olarak Rudolf Kalman (1960) tarafından oluşturulan ve kendi adıyla anılan Kalman filtresi, istatistiksel gürültü ve ölçüm hataları içeren sinyallerin doğru bir biçimde tahmin edilmesine yönelik bir tahmin yöntemidir. Kalman filtresi, günümüzde navigasyon, görüntü ve sinyal işleme, robotik, savunma sanayi, ekonomi ve finans gibi çok çeşitli alanlarda uygulama bulan önemli bir buluştur.

3.4.1 Kesikli Zaman Kalman Filtresi

Bu bölümde Rudolf Kalman (1960) tarafından geliştirilen ve gözlemlerin kesikli zamanda olduğu durum için kullanılan kalman filtresi tanıtılacaktır.

Kesikli Zaman Kalman filtresi, kesikli zamanda işleyen bir x sürecini tahmin etmeye yarar. Bunu yaparken, x sürecini bir doğrusal stokastik fark denklemi ile açıklar. X süreci, sürecin bir önceki değeri (x_{t-1}), bir kontrol girdisi (u_t) ve bir önceki süreç gürültüsünden (w_{t-1}) oluşur;

$$x_t = Ax_{t-1} + Bu_t + w_{t-1}$$

Eğer x_t ve w_t $n \times 1$ vektörler ve u_t bir skaler ise, A $n \times n$ boyutlu matris ve B $n \times 1$ boyutlu vektördür. Yukarıdaki denklem sürecin şu anki durumunu, kendi bir önceki durumu, bir kontrol girdisi ve sistem gürültüsünün bir önceki değeri ile ilişkilendirmektedir. Gözlem değerleri (z_t) ise sürecin değeri (x_t) ve bir ölçüm gürültüsünün (v_t) doğrusal bir kombinasyonudur.

$$z_t = Hx_t + v_t$$

H ise sürecin şu anki durumunu gözlem ile ilişkilendiren $m \times n$ boyutlu bir matrisdir. Burada w ve v istatistiksel olarak bağımsız, normal dağılıma sahip beyaz gürültü süreçleridir. Bu tip süreçler 0 ortalamaya ve sonsuz olmayan bir varyansa sahiptir ayrıca her t anındaki rasgele değişkenler aynı ve birbirinden bağımsız dağılımlıdır.

$$w \sim N(0, Q)$$

$$v \sim N(0, R)$$

Yukarıda, Q süreç gürültüsü kovaryansını ve R ölçüm gürültüsü kovaryansını belirtmektedir. Sonuç olarak her t anında, A, B, H, Q, R bilinmektedir.

Kalman filtresi, x durum vektörünü rekürsif olarak hesaplamak için geliştirilmiş bir yöntemdir. Bu yöntemin uygulanmasında, başlangıç olarak sistemin ilk durumunu yansıtan $x_{0|0}$ ve $P_{0|0}$ yani sistemin ilk durum değişkeni değeri ve ilk hata kovaryansı değeri belirlenir. Bu değerlerin gerçek hayattaki uygulamalarda kesin olarak bilinmesi zor olduğundan, uygulamada sıklıkla tahmin yürütme veya deneme yanılma yolu kullanılarak probleme en uygun değerler belirlenmeye çalışılmaktadır. Başlangıç değerlerinin belirlenmesinin ardından ($t > 0$), Kalman filtresi'nin *zaman güncellemesi (tahmin) aşaması* denklemleri kullanılarak, sürecin ve hata kovaryansının bir sonraki durumunun değerleri aşağıdaki biçimde tahmin edilir;

$$\hat{x}_{t|t-1} = A\hat{x}_{t-1} + Bu_t$$

$$P_{t|t-1} = AP_{t-1}A^T + Q$$

Daha sonra *ölçüm güncellenme (düzeltme) aşamasına* geçilir ve yukarıda elde edilen önsel tahminler (ing. a priori estimate) kullanılarak Kalman filtresi'nin en önemli ögesi olan Kalman kazancı aşağıdaki biçimde hesaplanır;

$$K_t = P_{t|t-1}H^T(HP_{t|t-1}H^T + R)^{-1}$$

Hesaplanan Kalman kazancı, durum değişkeni için önsel tahmininin güncellenmesi ve bir soncul tahmin (a posteriori estimation) üretilmesinde kullanılır. Buna göre sürecin önsel tahmini, t anında hesaplanan Kalman kazancı ile çarpılan ölçüm hatası ile güncellenir. $(z_t - H\hat{x}_{t|t-1})$ terimi, t anındaki ölçüm ve önsel tahmin arasındaki ayrışmayı göstermek üzere, ölçüm hatası veya ölçüm yeniliği olarak adlandırılır. Buna göre durum değişkeni için güncellenmiş tahmin değeri aşağıdaki gibi hesaplanır;

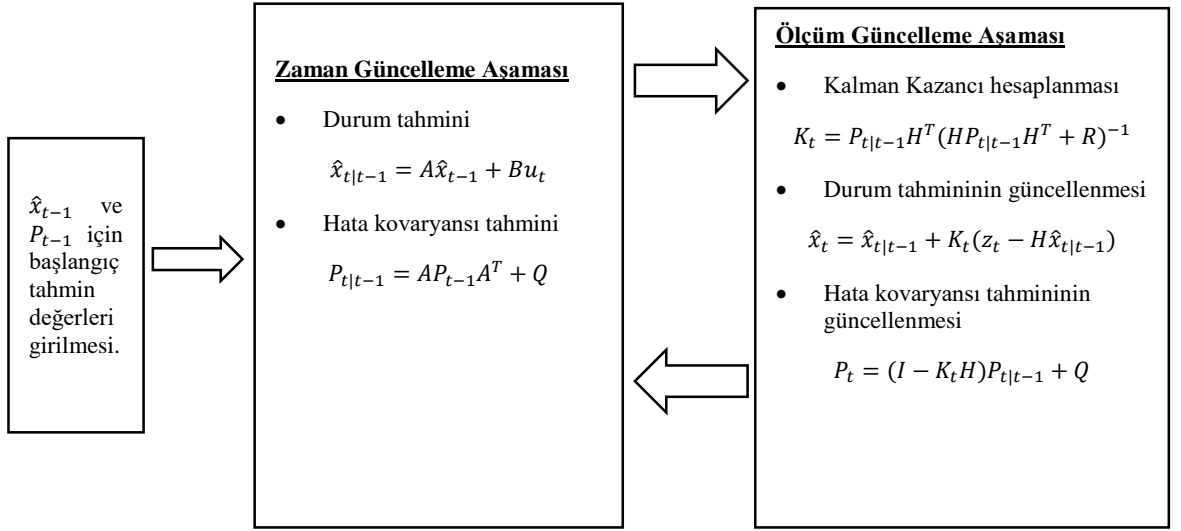
$$\hat{x}_t = \hat{x}_{t|t-1} + K_t(z_t - H\hat{x}_{t|t-1})$$

Son olarak, hata kovaryansı için yapılan önsel tahminler aşağıdaki gibi güncellenerek Kalman Filtresi'nin ölçüm güncelleme aşaması tamamlanmış olur.

$$P_t = (I - K_tH)P_{t|t-1} + Q$$

Ölçüm güncelleme aşaması sonucunda elde edilen tahminler bir sonraki *zaman güncellemesi aşamasında* yapılacak tahminleri elde etmek için kullanılır ve tahmin süreci her t değeri için rekürsif bir biçimde devam eder.

Kalman filtresi için işleyiş şeması şekil 4’de verilmektedir.



Şekil 4: Kalman filtresi

Kalman filtresi uygulanırken bir diğer önemli adım filtrenin probleme uygun biçimde tasarlanmasıdır. Bu sebeple çalışmada ikili alım satım için kullanılan filtre, Kalman’ın (1960) orijinal çalışmasında tasarladığı formülizasyona göre bazı farklılıklar barındırmaktadır.

Burada kontrol girdisi u_t genellikle opsiyoneldir ve bu çalışmada kullanılmamıştır ayrıca A ve H katsayıları bu çalışmada skaler olarak ele alınmıştır.

3.5 PORTFÖY PERFORMANS METRİKLERİ

Bu başlıkta günümüzde portföy performansını ölçmek üzere kullanılan ve bazı matematiksel ve istatistiksel metrikler (ölçütler) verilecektir.

Getiri

Getiri yatırımcının belirli bir süre içinde gerçekleşen kayıp veya kazancının bir ölçüsüdür. Hesaplanma yöntemlerine göre basit ve bileşik getiri olarak ikiye ayrılır.

- Basit Getiri:** Yatırımdan elde edilen faiz gelirin vade sonunda anaparaya eklenmediği durumdaki getiriye basit getiri denir.
- Bileşik Getiri:** Yatırımdan elde edilen faiz gelirin vade sonunda anaparaya eklenerek bir sonraki dönem faiz hesabına dahil edildiği getiriye bileşik getiri denir.

- **Getiri Hesaplanması** : PV_t t anındaki portföy değerini ve r_n n dönemlik getiriyi göstermek üzere n dönem için elde edilen getiri;

$$r_n = \left(\frac{PV_t}{PV_{t-n}} - 1 \right)$$

Her bir dönemde r getiri oranı ile n dönem için toplam getiri oranı R basit getiri yöntemi ile hesaplanırsa n dönem için toplam getiri;

$$1 + R_{basit} = 1 + nr$$

Dönemlik basit getiri;

$$r = \frac{R_{basit}}{n}$$

Toplam getiri, n dönem için her dönemde r getiri oranı ile bileşik getiri yöntemi ile hesaplanırsa;

$$1 + R_{bileşik} = (1 + r)^n$$

Dönemlik bileşik getiri;

$$r = (1 + R_{bileşik})^{\frac{1}{n}} - 1$$

Benzer biçimde n dönemlik logaritmik getiri (sürekli bileşiklendirilmiş getiri);

$$r_n = \ln \left(\frac{PV_t}{PV_{t-n}} \right)$$

Toplam getiri, n dönem için her dönemde r getiri oranı ile bileşik getiri yöntemi ile hesaplanırsa;

$$R_{log} = e^{rn} - 1$$

$$1 + R_{bileşik} \cong 1 + R_{log}$$

$$1 + R_{bileşik} \cong e^{rn}$$

Volatilité

Volatilité bir finansal varlığın getirilerinin dağılımının bir ölçüsüdür ve finansal varlığın içerdiği riskin belirlenmesinde önem arz eder. Yüksek volatilitéye sahip bir finansal varlığın getirileri daha geniş bir aralıkta değerler alırken-yüksek risk taşıırken-düşük volatiliteli bir varlığın getirileri daha küçük bir aralıkta değer alır-düşük risk taşır. Volatilité, getirilerin standart sapması veya varyansı kullanılarak aylık, yıllık gibi

belirli dönemler için hesaplanır. σ getirilerin 1 dönemlik dağılımının standart sapması olmak üzere n dönemlik volatilité σ_n ;

$$\sigma_n = \sigma\sqrt{n}$$

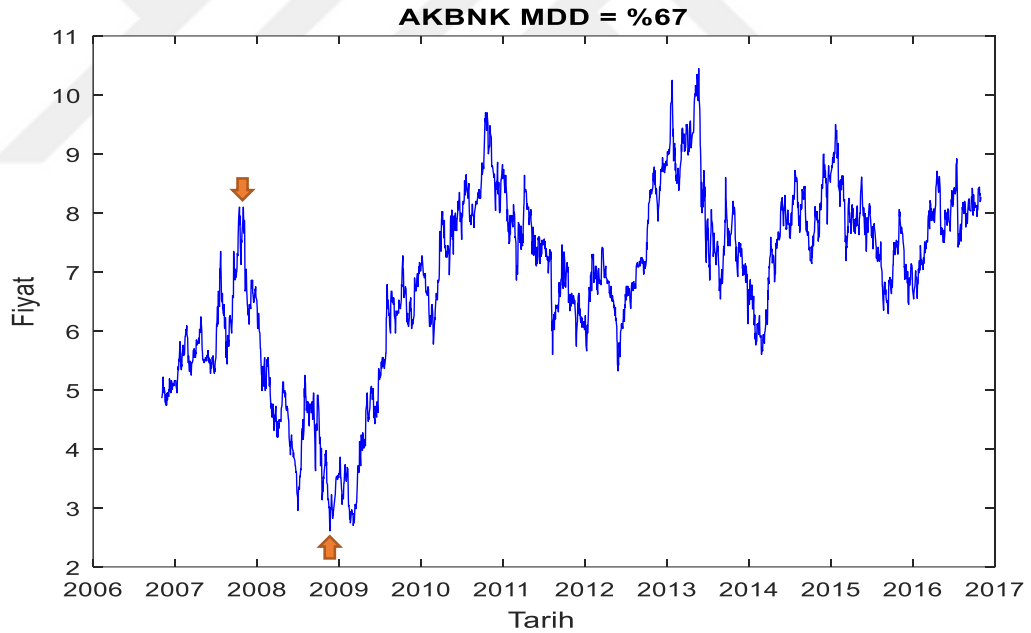
Bir yıl içinde yaklaşık 252 işlem günü olduğu düşünülürse, günlük veri kullanılarak hesaplanmış yıllıklandırılmış volatilité;

$$\sigma_{yillik} = \sigma\sqrt{252}$$

Kapital En Fazla Erime Oranı

Kapital en fazla erime oranı (ing. Maximum drawdown- kıs. MDD) portföyün belirli bir dönem içinde art arda en fazla ne kadar değer kaybettiğinin bir ölçüsüdür. Genellikle yüzde olarak ifade edilir ve yüksek MDD'e sahip portföylerin daha yüksek risk taşıdığı düşünülür.

$$MDD = \frac{(En\ büyük\ düşüş\ öncesi\ en\ yüksek\ değer - Yeni\ yüksek\ gerçekleşmeden\ en\ düşük\ değer)}{En\ büyük\ düşüş\ öncesi\ en\ yüksek\ değer}$$



Şekil 5: Akbank için 2006-2016 yılları arasında en fazla erime oranı

Sharpe Rasyosu

Sharpe (1966) tarafından geliştirilen Sharpe rasyosu bir yatırımın piyasadaki mümkün olan risksiz faize veya belirlenen bir karşılaştırma ölçütüne göre fazladan getirisini, varlığın volatilitesi-riski- ile oranlayarak, yatırım performansını normalize edilmiş biçimde ölçmeye yarayan bir performans ölçütüdür. Sharpe rasyosu, alınan her bir birim risk için yatırımcının sharpe rasyosu kadar fazladan getiri elde edeceği biçiminde

yorumlanabilir. Finansal piyasalarda, fonlar ve diğer yatırım araçları için sharpe rasyosu günümüzde bir sektör standardı haline gelmiştir ve yatırım kararları verilirken bu değer genellikle 1'e yakın veya üstünde olması beklenir. $E[r_p]$ seçilen finansal varlığın beklenen getirisini, r_f piyasada kazanılması mümkün olan risksiz faiz oranını veya karşılaştırma ölçütünün getirisini ve σ_p finansal varlığın standart sapmasını göstermek üzere Sharpe rasyosu S;

$$S = \frac{E[r_p] - r_f}{\sigma_p}$$

Tekli Endeks Modeli

Tekli endeks modeli bir finansal varlığın piyasaya veya endekse göre riskini ve getirisini ölçmek amaçlı kullanılan bir finansal varlık fiyatlama modelidir. İlk olarak Sharpe (1963) tarafından geliştirilen tekli endeks modeline göre finansal varlıklar ve piyasa arasında doğrusal bir ilişki bulunmaktadır. Tekli endeks modelinde bu ilişki doğrusal regresyon ile modellenir;

$$r_{it} = \alpha + \beta r_{mt} + \varepsilon_t$$
$$\varepsilon_t \sim N(0, \sigma^2)$$

Burada;

- r_{it} : Finansal varlığın t anındaki getirisi (bağımlı değişken)
- r_{mt} : Piyasa veya endeksin t anındaki getirisi (bağımsız değişken)
- α : Regresyon denklemi sabitini (alfa)
- β : Finansal varlığın piyasa veya endekse olan duyarlılığını (beta)
- ε_t : t anında gerçekleşen rassal model artıklarını (artık getiriler)

belirtmektedir. Tekli endeks modeli kurulurken bağımlı değişken herhangi bir finansal varlık olabilir, bağımsız değişken ise finansal varlığın getirilerinin ilişkili olduğu düşünülen bir piyasa, endeks değeri, kur veya başka bir finansal varlık olabilir. Örnek ile belirtmek gerekirse, BIST-100 endeksinde listelenen bir hisse bağımlı değişken olarak, BIST-100 endeks değeri ise bağımsız değişken olarak tekli endeks modeli kurulabilir. Tekli endeks modeli tüm bir piyasayı ele almaz bunun bir sonucu olarak alfa ve beta değerlerinin yorumlanması sadece bağımsız değişkene kıyasladır. Kurulan modelde alfa bir varlığın belirli bir endekse göre olan sabit-anormal- getirisinin, beta ise endekse olan duyarlılığının-endeks göre riskinin- bir ölçüsüdür.

Portföy Kavramı ve Modern Portföy Teorisi

Aynı anda birden çok finansal varlığa yatırım yapılması durumunda elde edilen yeni finansal varlık portföydür. Yatırımcı risk iştahına göre portföy oluşturarak riski dağıtmayı ve\veya beklenen getirisini maksimize edebilir.

Markowitz (1952) tarafından geliştirilen modern portföy teorisi (MPT) belirli bir risk düzeyi için beklenen getiriyi maksimize etmeyi amaçlar. Buna göre n varlıktan oluşan bir portföy için beklenen getiri;

$$E[r_p] = \sum_{i=1}^n w_i E[r_i]$$

Burada;

- $E[r_p]$: Portföyün beklenen getirisi
- w_i : i. varlığın portföy içindeki ağırlığı
- $E[r_i]$: i. varlığın beklenen getirisi

Portföyün varyansı;

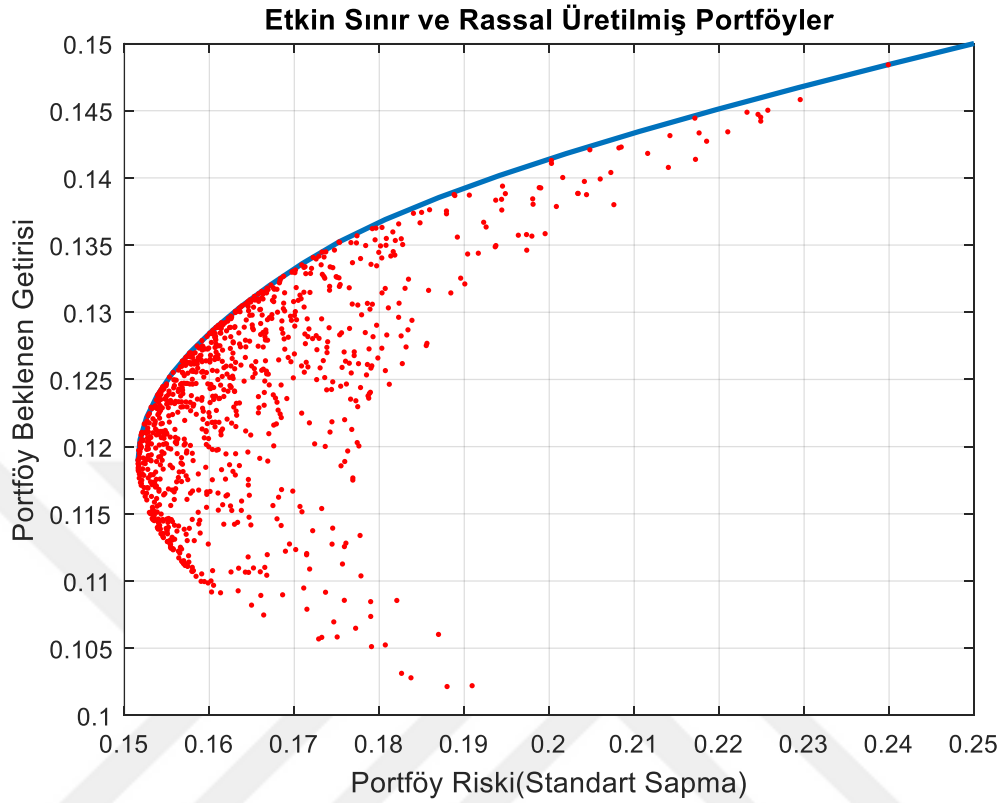
$$\sigma_p^2 = \sum_{i=1}^n w_i^2 \sigma_i^2 + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1, j \neq i}^n w_i w_j \sigma_i \sigma_j \rho_{i,j}$$

Biçiminde ifade edilir. Burada;

- σ_p^2 : Portföyün varyansını
- σ_i^2 : i. varlığın varyansını
- w_i : i. varlığın portföy içindeki ağırlığı
- $\rho_{i,j}$: i ve j. varlıklar arasındaki korelasyon katsayısını

ifade etmektedir. MPT tek tek varlıkların getirileri ile ilgilenmektense tüm bir portföyün getirileri ile ilgilenir. Buna göre portföy dahilindeki varlıkların ağırlıkları değiştirilerek beklenen getiri ve risk değiştirilebilir. MPT'nin temel bir varsayımı yatırımcıların riskten kaçınan yatırımcılar olmasıdır, yatırımcı iki aynı getiri düzeyindeki portföyden daha az risk taşıyan portföyü seçecektir. Burada etkin sınır kavramı karşımıza çıkmaktadır. Etkin sınır modern portföy teorisinin bir ögesidir. Etkin sınır optimal karlılık ve risk düzeyindeki portföylerden oluşur. Şekil 5'de beklenen getirileri, varyansları bilinen finansal varlıklardan oluşturulmuş rasgele

portföylerin etkin sınıra göre durumları gösterilmektedir. Grafikte görülen parabolün pozitif eğime sahip bölümü etkin sınır olarak adlandırılır.



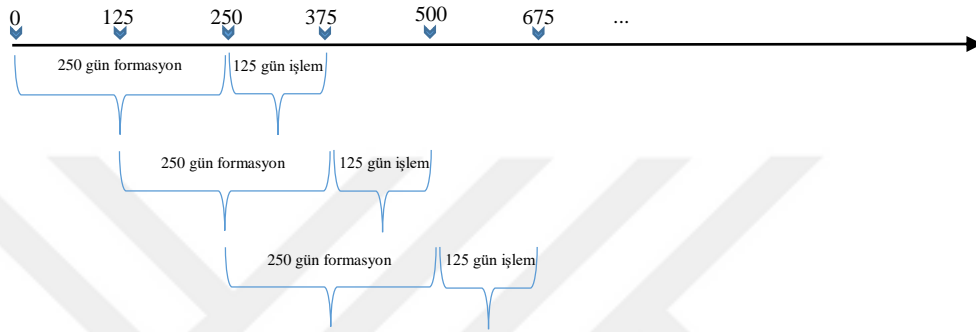
Şekil 6: Etkin sınır ve rasgele üretilmiş 1000 adet portföy

3.6 VERİ

Bu çalışmada 2016 yılı itibari ile Borsa İstanbul BIST-100 pay piyasası endeksinde işlem görmeye devam eden şirketlerin geçmiş verisi esas alınmıştır, geçmiş dönemde endekste bulunan fakat daha sonra endekste listelenmeyen şirketler çalışmada ele alınmamıştır. BIST-100 endeksi ve endekste listelenen pay senetlerinin 3 Kasım 2006, 31 Ekim 2016 arası yaklaşık 10 yıl ve 2 aylık günlük kapanış fiyatlarını içeren veri, temettü ödemeleri ve bölünmeler için düzeltilmiş formattadır. Veri Bloomberg veri terminalinden elde edilmiştir. 10 yıllık zaman içerisinde BIST-100 endeksinden çıkmış şirketler, yeni halka arz olmuş şirketler gibi verisi eksik olan bazı şirketler araştırma kapsamına dahil edilmemiştir. Çalışmada kullanılan BIST-100 endeksi içerisindeki 72 hisseye ait bilgiler tablo 1’de gösterilmektedir. Veri seti aynı dönem için BIST-100 endeks verisini de içermektedir, her sembol için 2,513 günlük veri olmak üzere toplamda 183,449 gözlem içermektedir

Verinin İşlenmesi

Çalışmada veri üzerinde yapılan tüm işlemler ve hesaplamalar Matlab yazılımında gerçekleştirilmiştir. Öncelikle hisse senetleri arasındaki olası tüm ikili kombinasyonlar hesaplanmıştır ardından 2. bölümde belirtildiği biçimde her yöntem için ayrı ayrı 250 günlük veri üzerinden uygun hisse çiftleri belirlenmiş ve sonraki 125 gün belirlenen hisse çiftlerinde ikili alım satım işlemleri gerçekleştirilmiştir. Buna göre kayan pencere işlem şeması şekil 7’de gösterilmektedir.



Şekil 7: Kayan pencere formasyon ve işlem periyodları

Tablo 1: Çalışmada kullanılan BIST-100 hisselerinin kod ve adları

Hisse Kodu	Hisse Adı	Hisse Kodu	Hisse Adı
AEFES	BİM BİRLEŞİK MAGAZALAR A.S.	IZMDC	İZMİR DEMİR ÇELİK
AKBNK	AKBANK T.A.S.	KARSN	KARSAN OTOMOTİV
AKENR	AKENERJİ ELEKTRİK ÜRETİM A.1S.	KARTN	KARTONSAN KARTON SANAYİ VE TİCARET A.S.
AKSA	AKSA AKRİLİK KİMYA SAN. A.S.	KCHOL	KOÇ HOLDİNG A.Ş.
ALARK	ALARKO HOLDİNG A.S.	KIPA	TESCO KİPA KİTLE PAZ. TİC. LOJ. VE GIDA SAN. A.Ş.
ALCTL	ALCATEL LUCENT TELEKOMÜNİKASYON	ISGYO	İŞ GAYRİMENKUL YATIRIM ORTAKLIĞI
ALGYO	ALARKO GAYRİMENKUL YATIRIM ORTAKLIĞI AS	KONYA	KONYA ÇİMENTO SANAYİİ A.Ş.
ANACM	ANADOLU CAM SANAYİİ A.S.	KORDS	KORDSA TEKNİK TEKSTİL A.S.
ARCLK	ARCELİK AS	KOZAA	METAL GAYRİMENKUL A.S.
ASELS	ASELSAN ELEKTRONİK SANAYİ VE TİCARET A.S.	KRDMD	KARDEMİR A.S.
AYEN	AYEN ENERJİ A.S.	LOGO	LOGO YAZILIM SANAYİ VE TİCARET A.Ş.
AYGAZ	AYGAZ A.Ş.	NETAS	NORTEL NETWORKS NETAŞ TELEKOMÜNİKASYON A.Ş.
BAGFS	BAGFAS BANDIRMA GUBRE FABRİKALARI A.S.	NTTUR	NET TURİZM TİCARET VE SANAYİ A.S.
BIMAS	BİM BİRLEŞİK MAGAZALAR A.S.	NUGYO	NUROL GAYRİMENKUL YATIRIM ORTAKLIĞI A.S.
BRISA	BRİSA BRİDGESTONE SABANCI LASTİK SAN.VE TİC.A.Ş	OTKAR	OTOKAR OTOMOTİV VE SAVUNMA SANAYİ A.S.
BRSAN	BORUSAN MANNESMANN BORU SANAYİ TİC. AS.	PRKME	PARK ELEKTRİK MADENCİLİK SAN. VE TİCARET A.S.
CCOLA	COCA COLA İÇECEK AS	SAHOL	HACİ OMER SABANCI HOLDİNG A.S.

<u>Hisse Kodu</u>	<u>Hisse Adı</u>	<u>Hisse Kodu</u>	<u>Hisse Adı</u>
CIMSA	ÇİMSA ÇİMENTO SANAYİ VE TİCARET A.Ş.	SISE	TURKİYE SİSE VE CAM FABRİKALARI A.S.
CLEBI	CELEBI HAVA SERVİSİ A.S.	SKBNK	SEKERBANK T.A.S.
DEVA	DEVA HOLDİNG AS	SODA	SODA SANAYİİ A.S.
DOAS	DOGUS OTOMOTİV SERVİS VE TİCARET A.S.	TCELL	TURKCELL İLETİŞİM HİZMETLERİ A.S.
DOHOL	DOGAN SİRKETLER GRUBU HOLDİNG AS	THYAO	TURK HAVA YOLLARI A.O.
ECILC	EİS ECZACİBAŞI İLAC SAN. FINANSAL YATIRIMLAR SAN. TİC.	TOASO	TOFAS TURK OTOMOBİL FABRİKASI A.S.
ECZYT	ECZACİBAŞI YATIRIM HOLDİNG ORTAKLIĞI AS	TRCAS	TURCAS PETROL A. S.
EGEEN	EGE ENDUSTRİ VE TİCARET AS	TRKCM	TRAKYA CAM SANAYİİ AS
ENKAI	ENKA İNSAAT VE SANAYİ A.S.	TSKB	TSKB GAYRİMENKUL DEĞERLEME A.S.
EREGL	EREGLİ DEMİR VE ÇELİK FABRİKALARI T.A.S.	TSPOR	TRABZONSPOR SPORTİF
FENER	FENERBAHÇE FUTBOL	TTRAK	TURK TRAKTOR VE ZİRAAT MAKİNELERİ AS
FROTO	FORD OTOMOTİV SANAYİ AS	TUPRS	TURKİYE PETROL RAFİNERİLERİ A.S.
GARAN	T.GARANTİ BANKASI A.Ş.	ULKER	ÜLKER BİSKÜVİ
GOODY	GOODYEAR LASTİKLERİ T.A.Ş.	VAKBN	TURKİYE VAKIFLAR BANKASI T.A.O.
GSDHO	GSD HOLDİNG AS	VESBE	VESTEL BEYAZ ESYA SANAYİ VE TİCARET A.S.
GUBRF	GUBRE FABRİKALARI T.A.S.	VESTL	VESTEL ELEKTRONİK SANAYİ VE TİCARET AS
HURGZ	HURRİYET GAZETECİLİK VE MATBAACILIK A.S.	YAZIC	YAZICILAR HOLDİNG AS
IPEKE	IPEK DOĞAL ENERJİ KAYNAKLARI ARASTRMA VE ÜRETİM AS	YKBNK	YAPI VE KREDİ BANKASI
ISCTR	TURKİYE İS BANKASI -C-	ZOREN	ZORLU ENERJİ ELEKTRİK ÜRETİM A S

Tablo 1 Devamı

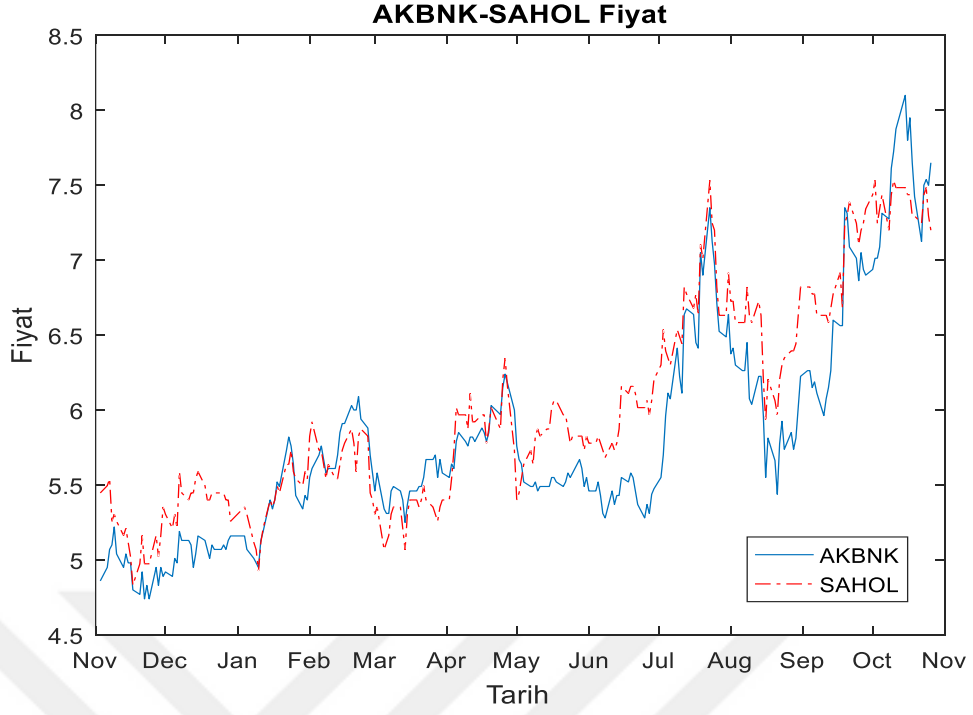
3.7 İKİLİ ALIM SATIM YÖNTEMLERİ İLE İLGİLİ GENEL KURALLAR

3.7.1 Uzaklık Yöntemi

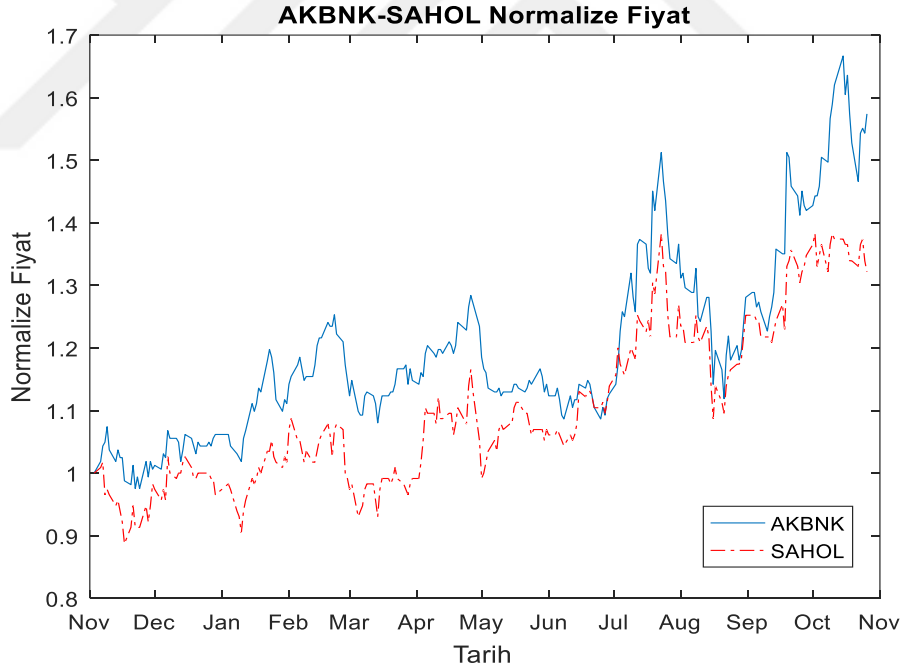
Çalışmada Gatev, Goetzmann ve Rouwenhorst'un (1999, 2006) yöntemine genel itibari ile sadık kalınarak, yöntem aşağıda açıklandığı biçimde tasarlanmıştır.

- 1. Formasyon Periyodu Fiyat Normalizasyonu** : Çalışmada kullanılacak hisselerin 250 işlem günü (yaklaşık 12 ay) içeren periyodlar için normalize fiyatları, $P_{i,0}$ i. hissenin periyod içindeki ilk fiyatını, $P_{i,t}$ i. hissenin t . anındaki fiyatını ve $P_{norm,i,t}$ hissenin t anındaki normalize edilmiş fiyatını göstermek üzere aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır;

$$P_{norm,i,t} = \frac{P_{i,t}}{P_{i,0}}$$



Şekil 8: Akbank ve Sabancı holding 250 günlük fiyat grafiği



Şekil 9: Akbank ve Sabancı holding normalize edilmiş fiyat grafiği

2. Hisse Çiftlerinin Belirlenmesi : Öncelikle olası tüm hisse çiftleri belirlenmiştir. P_N olası tüm hisse çiftlerinin sayısını ve $C(N,2)$, N tane hisse senedinin 2'li kombinasyonlarını göstermek üzere;

$$P_N = C(N, 2) = \frac{N!}{2! \times (N - 2)!}$$

biçiminde hesaplanmıştır. Daha sonra olası tüm hisse çiftleri için çiftlerin normalize edilmiş fiyatları arasındaki farkların kareler toplamı hesaplanmıştır. Bu toplam değeri küçükten büyüğe sıralanıp değeri minimize edecek biçimde ilk 5, 10 ve 20 hisse çifti kullanılarak her formasyon periyodu için portföyler belirlenmiştir. SSD_i , i . çift için kareler farkı toplamını ve $Pnorm_{i,x,t}$ i . hisse çifti için ilk ve ikinci hisseye ait t günündeki normalize fiyatı göstermek üzere;

$$SSD_i = \sum_{t=1}^{250} (Pnorm_{i,1,t} - Pnorm_{i,2,t})^2$$

Biçiminde hesaplanmıştır.

Belirlenen hisse çiftlerinin başka hisseler ile tekrardan çift olmasına izin verilmiştir. Bu sayede karesel farklar toplamı daha yüksek olan çiftlerin portföye alınması engellenmiştir.

- 3. Çiftler Arası Uzaklık Değerinin Hesaplanması :** Hisse çiftlerinin normalize edilmiş fiyat farkları, uzaklık değeri olarak ele alınmaktadır. $D_{i,t}$ i . hisse için t . gündeki uzaklık değerini göstermek üzere;

$$D_{i,t} = Pnorm_{i,1,t} - Pnorm_{i,2,t}$$

- 4. Hisse Çiftlerinde İşlem Açılması :** Belirlenen portföylerde gelecek 125 işlem günü yani yaklaşık 6 ay, simülasyon ortamında alım satım işlemleri gerçekleştirilmiştir. Formasyon periyodu üzerinde hesaplanan uzaklık değerine göre hisse çiftlerinde işleme girilmesi için belirlenen eşik değer Gatev, Goetzmann ve Rouwenhorst'un (1999, 2006) çalışmasına bağlı kalınarak 2 standart sapma olarak belirlenmiştir.

E beklenen değer operatörünü ve $\sigma_{D,i}$ i . hisse çifti için uzaklık sürecinin standart sapmasını belirtmek üzere t anındaki uzaklık değerini elde etmek için standart normal dağılım dönüşümü uygulanırsa;

$$Z_{i,t} = \frac{D_{i,t} - E[D_i]}{\sigma_{D,i}}$$

- Eğer $Z_{i,t} \geq 2$ çift dahilindeki ilk hisse açığa satılır, düşük fiyatlı hissede alım yapılır.
- Eğer $Z_{i,t} \leq -2$ çift dahilindeki ilk hissede alım yapılır, düşük fiyatlı hisse açığa satılır.

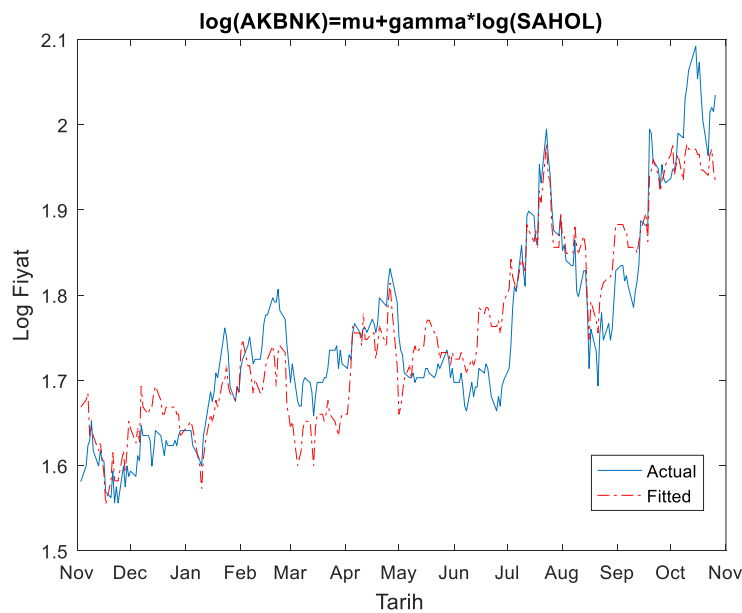
5. Açılan Pozisyonların Kapatılması : Gatev, Goetzmann ve Rouwenhorst'un (1999, 2006) çalışmalarında açılan pozisyonları normalize fiyatlar ilk kez birbirlerini tekrardan kestiklerinde kapatmışlardır. Fakat fiyatların tekrar kesişmediği durumda pozisyonların hiç kapatılamaması ihtimalinin önüne geçilmesi için bu çalışmada standart sapmanın ilk kez 0 değerine geldiği noktada işlemler kapatılmıştır. İşlem periyodunun bitiminde hala açık olan işlemler ise işlem periyodunun bitiminde kapatılmıştır.

3.7.2 Koentegrasyon Yöntemi

Çalışmada koentegrasyon yönteminin uygulanmasında Vidyamurthy'nin (2004) çalışmasına genel itibari ile sadık kalınmıştır. Formasyon ve işlem periyodu uzunluğu, diğer yöntemler ile tutarlılık açısından sırasıyla 250 ve 125 gün olarak belirlenmiştir. Buna göre strateji aşağıda açıklandığı biçimde tasarlanmıştır.

1. Koentegrasyon Denklemine Kurulması : Çalışmada koentegrasyon denkleminin kurulmasında logaritmik fiyatlar kullanılmıştır. $P_{i,t}$ i. hisse için t günündeki fiyatı, \log doğal logaritma operatörünü, μ denklem sabitini, ε_t tahmin hata değerini ve γ koentegrasyon katsayısını göstermek üzere hisseler arasındaki açıklık süreci için en küçük kareler yöntemi ile regresyon denklemi aşağıdaki biçimde oluşturulmuştur;

$$\log(P_{i,t}) - \gamma \log(P_{j,t}) = \mu + \varepsilon_t$$

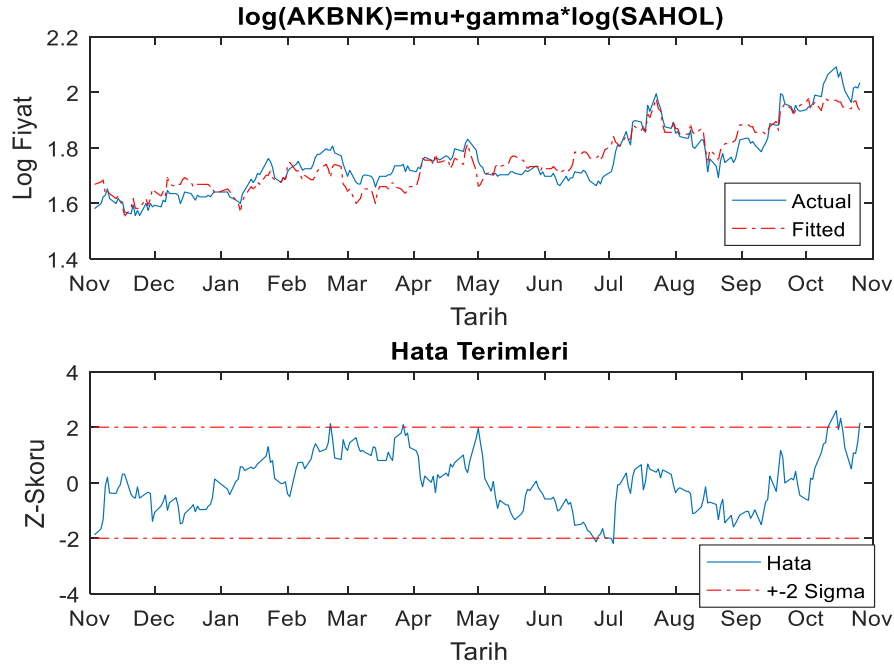


Şekil 10: Akbank ve Sabancı holding model tahmin ve gözlem değerleri

Kurulan modelde $\log(P_{i,t}) - \gamma \log(P_{j,t})$ açıklık değeri olarak karşımıza çıkmaktadır. Açıklık süreci belirli bir μ ortalama ve standart normal dağılımdan gelen bir ε hata terimi ile açıklanmaktadır.

2. **Hisse Çiftlerinin Belirlenmesi** : Kurulan regresyon denkleminde hata terimlerinin durağanlığı Dickey-Fuller testi ile sınanmıştır. Buna göre %95 güven düzeyinde koentegrasyon varlığının kabul edildiği hisse çiftleri arasında kurulan modelin belirleyicilik katsayısı büyükten küçüğe sıralanmıştır. Belirlenen ilk 5, 10 ve 20 hisse çiftleri portföye alınmıştır.
3. **Hisse Çiftlerinde İşlem Açılması** : Belirlenen çiftler için bir sonraki 6 aylık dönemde işlem gerçekleştirilmiştir. Modelden edilen hata terimleri için Z Skoru hesaplanmış olup diğer yöntemler ile tutarlı olması açısından koentegrasyon yönteminin uygulanmasında da açıklık değerinin 2 standart sapmadan fazla değişim göstermesi durumunda işlemlere girilmiştir. E beklenti operatrünü ve σ_ε formasyon periyodu için belirlenen ε terimlerinin standart sapmasını göstermek üzere, Z skoru aşağıdaki biçimde hesaplanmıştır;

$$z_t = \frac{\varepsilon_t - E(\varepsilon)}{\sigma_\varepsilon}$$



Şekil 11: Akbank ve Sabancı holding örnek alım satım sinyal grafiği

Buna göre $\log(P_{i,t}) - \gamma \log(P_{j,t})$ süreci için z-skoru;

- Eğer $z_t \geq 2$ i. hisseden 1 adet açığa satılır, j. hissede γ adet alım yapılır.
- Eğer $z_t \leq -2$ i. hissede 1 adet alım yapılır, j. hisseden γ adet açığa satılır.

4. Açılan Pozisyonların Kapatılması : Açılan tüm pozisyonlar için çiftler arası açıklık değeri yani Z değeri ilk kez 0'a geldiğinde kapatılmıştır. İşlem periyodunun bitiminde hala açık olan işlemler ise işlem periyodunun bitiminde kapatılmıştır.

3.7.3 Stokastik Açıklık Yöntemi

Çalışmada kullanılan yöntem Elliot (2005) tarafından ortaya konmuştur. Elliot (2005) çalışmasında modelleme yöntemini tam bir biçimde vermesine rağmen herhangi bir gerçek finansal veri üzerinde test gerçekleştirmemiştir. Ayrıca yöntemin uygulanmasında hisse çiftlerinin ne şekilde belirleneceğine yönelik bilgi verilmemiştir. Bu sebeple çalışmada hisse çiftleri belirlenirken uzaklık yönteminde kullanılan hisse çiftlerini belirleme yöntemine benzer biçimde açıklık sürecinin standart sapması kullanılmıştır. Bu çalışmada Elliot'un (2005) ortaya koyduğu yönteme genel itibari ile sadık kalınarak BIST-100 endeksi hisse senetleri üzerinde tarihsel simülasyon gerçekleştirilmiştir.

1. Açıklık Sürecinin Modellenmesi : Elliot (2005), hisseler arasındaki gözlemlenen açıklığı, ortalamaya dönüşlü bir süreç ile ölçüm gürültüsünün lineer bir kombinasyonu biçiminde modellemiştir. Buna göre, hisseler arasındaki açıklık iki durumlu bir süreç ile ifade etmiştir.

- **Saklı Durum Denklemi :** x_t t. günde saklı durum sürecinin değerini, A ve B model parametrelerini, ε_t bağımsız, benzer dağılımlı ve gaussian bir dağılımdan gelen süreç gürültüsünü göstermek üzere saklı durum süreci aşağıdaki gibi lineer biçiminde modellenir.

$$x_t = A + Bx_{t-1} + \varepsilon_t$$

- **Gözlem Denklemi :** y_t ve x_t sırasıyla t anında gözlemlenen açıklık değerini ve saklı durum sürecinin değerlerini, ω_t bağımsız, benzer

dağılımlı ve gaussian bir dağılımdan gelen ölçüm gürültüsünü göstermek üzere aşağıdaki gibi verilir;

$$y_t = x_t + \omega_t$$

Burada bilinmesi gereken bir başka detay süreç gürültüsü ε ve ölçüm gürültüsü ω 'nin istatistiksel olarak birbirinden bağımsız olmasıdır.

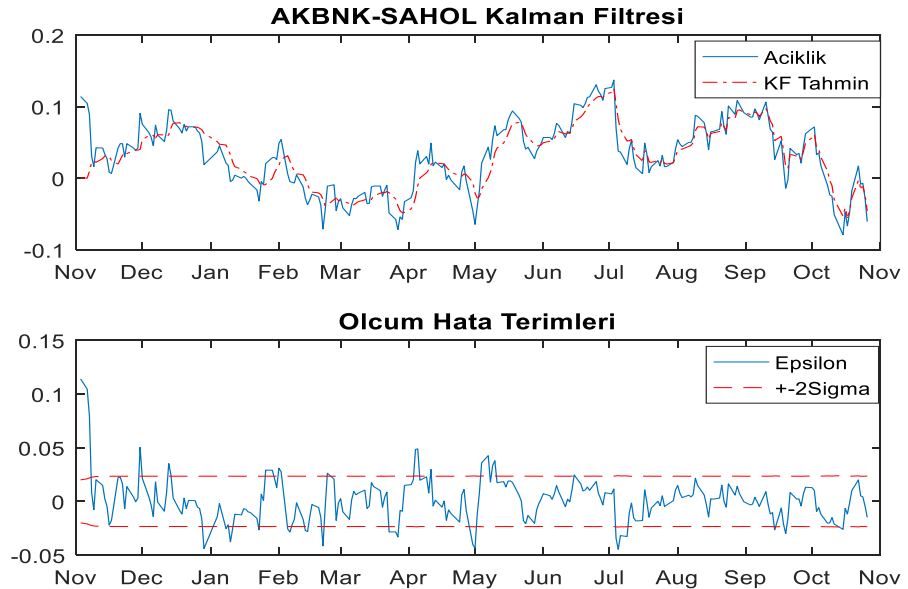
2. **Hisse Çiftlerinin Belirlenmesi** : Stokastik uzaklık yönteminde hisse çiftleri seçimi, formasyon periyodunda hesaplanan ölçüm varyansı tahminleri küçükten büyüğe sıralanarak en küçük varyanslı 5, 10 ve 20 çift portföye alınmıştır.

3. **Hisse Çiftlerinde İşlem Açılması** : Belirlenen hisse çiftlerinde açıklık sürecinin aldığı ölçüm değeri mutlak 2 standart sapmaya eşit veya büyük olması durumunda işlem açılmıştır.

$$y_t \sim N(0, \sigma^2)$$

- Eğer $y_t \geq \mu_y + 2\sigma_y$ portföyde kısa pozisyon alınır.
- Eğer $y_t \leq \mu_y - 2\sigma_y$ portföyde uzun pozisyon alınır

4. **Açılan Pozisyonların Kapatılması** : Açılan tüm pozisyonlar çiftler arası açıklık süreci ilk kez süreç ortalamasını kestiğinde kapatılmıştır.



Şekil 12: Stokastik açıklık yöntemi örnek alım satım sinyali

BÖLÜM 4

TARİHSEL SİMÜLASYON SONUÇLARI

Bu bölümde, çalışmada yer alan yöntemlerin tarihsel simülasyon sonuçları yer almaktadır. Ayrıca literatürdeki birçok çalışmada ve bu çalışmada kullanılan tarihsel simülasyon metodolojisinin örneklem diziliminde gerçekleşen değişimlere ve yöntemlerin bu değişimlere karşı hassasiyetine yönelik bazı ampirik sonuçlar verilmektedir. Buna göre 4.1’de uzaklık yöntemi, 4.2’de koentegrasyon yöntemi ve 4.3’de stokastik açıklık yöntemi için tüm veri üzerinde gerçekleştirilmiş tarihsel simülasyon performansları yer almaktadır. Son olarak 4.4’de, bu çalışmada 4.1, 4.2 ve 4.3’de yer alan yöntemler, veri setinde 25 adet alt örneklem oluşturularak tekrar sınanmıştır. Buna göre 4.4’de uygulanan simülasyon tekniği ile yöntemlerin veri setindeki değişimlere karşı hassasiyetleri ölçülmeye çalışılmış olup bu konuda performanslarının kıyaslanmasına olanak veren bazı ampirik sonuçlar yer almaktadır.

4.1 UZAKLIK YÖNTEMİ

Uzaklık yöntemi kullanılarak ilk 5, 10 ve 20 hisse çifti ile oluşturulan portföyler üzerinde gerçekleştirilen ikili alım satım simülasyon sonucuna göre oluşturulan tüm portföyler pozitif getiri sağlamıştır. Uzaklık yöntemi ile oluşturulan portföyler aynı dönem içindeki endeks getirisine yakın sonuçlar üretsede bu portföylerin hiçbiri işlem maliyetlerinden sonra endeks getirisini yakalayamamıştır. Portföyler arasında en başarılı sonucu, işlem maliyetleri ve işlemlerde gerçekleşen makas farkı dikkate alınmadan %3.46 yıllık ortalama getiri ile ilk 20 hisse çiftinden oluşturulan portföy sağlamıştır. İşlem komisyonları ve makas farkı maliyetleri, gerçekleştirilen işlemlerde 20 baz puan (%0.2) olarak ele alındığında ilk 20 hisse çiftinden oluşturulan portföyün yıllık ortalama getirisi %2.17’ye kadar düşmektedir. Aynı dönem içinde BIST-100 endeksi için yıllık ortalama getiri %3.71 seviyesindedir. Uzaklık yöntemi risk bakımından endekse göre önemli ölçüde düşük risk taşımaktadır. Buna göre endeks için yıllıklandırılmış volatilité %26.9 seviyesinde iken uzaklık yöntemi ile seçilmiş ilk 20 hisse çiftinden oluşturulan portföy için yıllıklandırılmış volatilité %4.46’dır. Ayrıca endeks için en fazla erime oranı %63.15 iken ilk 20 hisseden oluşturulan portföyün en büyük erime oranı %8.6’dır. Buna göre oluşturulan portföyün yıllık sharpe rasyosu yıllık %8 risksiz faiz oranına göre -1.3 iken endeks sharpe rasyosu -0.15’dir. Hem

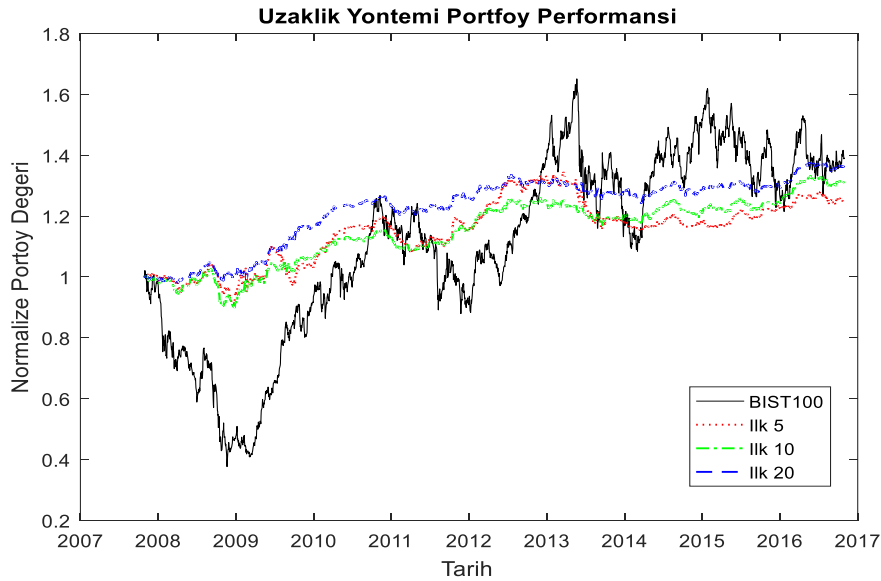
endeks hem de uzaklık yöntemi risksiz getiriye göre kötü performans göstermesine rağmen uzaklık yöntemi endekse göre risk getiri açısından daha iyi bir performans sergilemektedir. İlk 20 hisseden oluşan portföyün endeks ile korelasyonu %3.05'dir. Yöntem 2011 yılına kadar endeks al ve tut stratejisine göre başarılı bir performans göstereceği bu tarihten sonra ciddi bir getiri üretememiştir.

Ölçüt	BIST-100	İlk 5 Çift	İlk 10 Çift	İlk 20 Çift
Ortalama Günlük Getiri	0.000146	0.000044	0.000066	0.000086
Günlük Getiri Standart Sapması	0.017	0.0045	0.0034	0.0028
Yıllık Ortalama Getiri (Yüzdeler)	3.71	1.12	1.68	2.17
Yıllık Volatilité (Yüzdeler)	26.9	7.12	5.46	4.46
En Fazla Erime Oranı	63.15	15.7	13.23	8.6
Sharpe Rasyosu (Yıllık %8 risksiz faiz)	-0.15	-0.96	-1.15	-1.3
Sharpe Rasyosu (Yıllık %0 risksiz faiz)	0.13	0.15	0.30	0.48
Alfa		0.00004	0.00006	0.00008***
Beta		0.017*	0.0015*	0.0005***
R2		0.0045	0.0058	0.0053
BIST-100 ile Korelasyon		0.0674	0.0767	0.0305

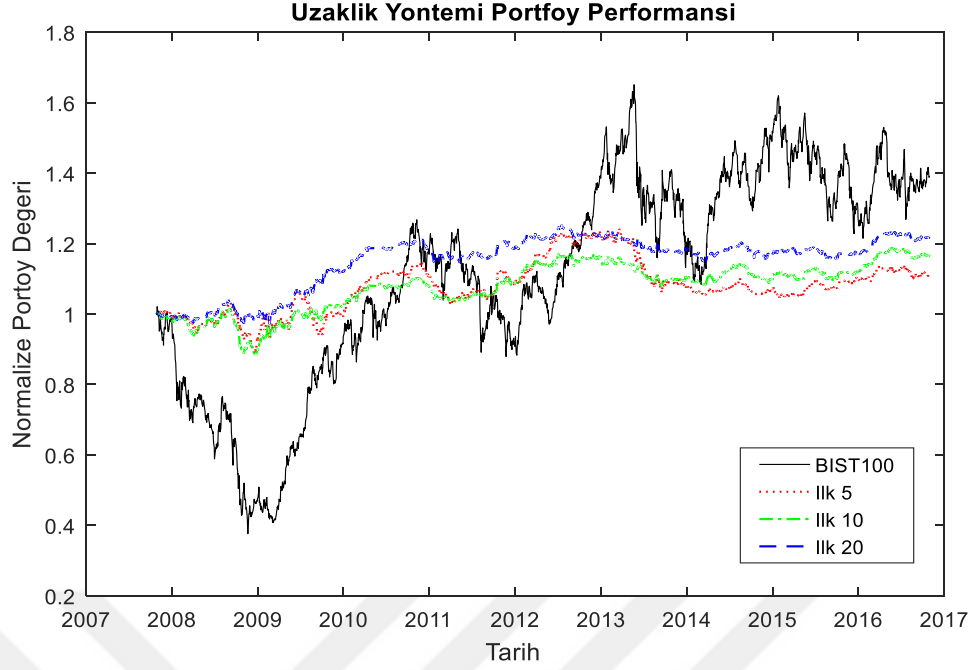
*, %99, **, %95, ***: %90 güven düzeyinde anlamlıdır.

Tablo 2: Uzaklık yöntemi sonucu bazı metrikler

Tablo 2'den yorumlanabileceği üzere portföye alınan hisse çiftleri sayısı artırdıkça portföy yıllık getirilerinde artış ve riskte azalış görülmektedir. Korelasyon değerleri, ilk 20 çiftten oluşan portföyde %3 gibi çok küçük bir değere sahiptir. Endeks ile olan korelasyon oldukça düşük ve beta katsayıları sıfıra oldukça yakındır. Bu da stratejinin piyasa nötralliğine dair bilgi vermektedir.



Şekil 13: İşlem maliyetleri eklenmeden uzaklık yöntemi performansı



Şekil 14: İşlem maliyetlerinden sonra uzaklık yöntemi performansı

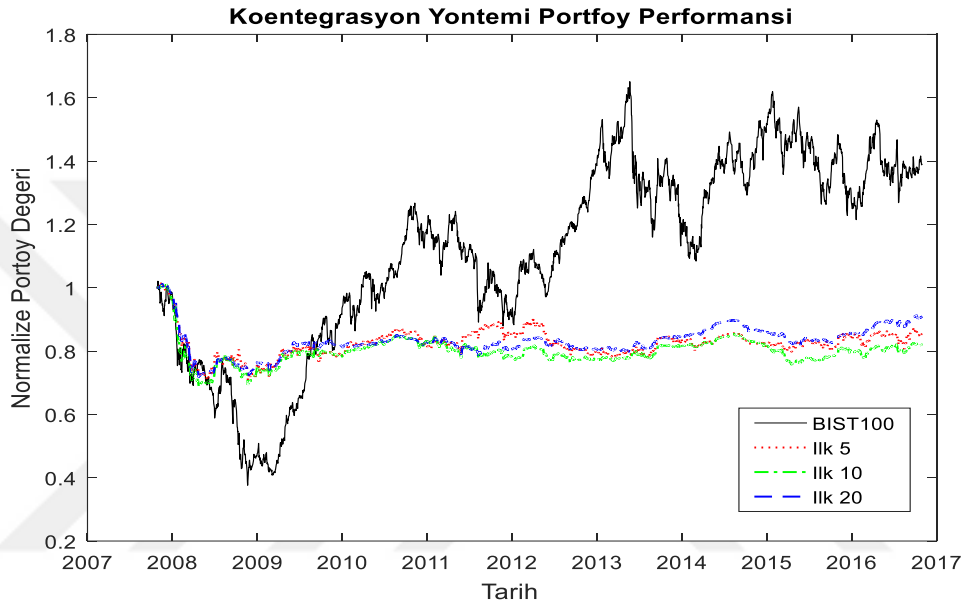
4.2 KOENTTEGRASYON YÖNTEMİ

Koentegrasyon yöntemi kullanılarak ilk 5, 10 ve 20 hisse çifti ile oluşturulan portföyler üzerinde gerçekleştirilen ikili alım satım simülasyon sonucuna göre oluşturulan tüm portföyler negatif getiri sağlamıştır. Portföyler arasında en başarılı sonucu, işlem maliyetleri ve işlemlerde gerçekleşen makas farkı dikkate alınmadan %-1.04 yıllık ortalama getiri ile ilk 20 hisse çiftinden oluşturulan portföy sağlamıştır. İşlem maliyetleri ve makas farkı 20 baz puan (%0.2) olarak ele alındığında ilk 20 hisse çiftinden oluşturulan portföyün yıllık ortalama getirisi %-2.33, yıllıklandırılmış volatilitesi ise %6.23'dür. Portföy en fazla erime oranı %30.1, yıllık %8 risksiz faiz oranına göre sharpe rasyosu -1.65'dir. İlk 20 hisseden oluşan portföyün endeks ile korelasyonu ise %8.19'dur. Koentegrasyon yöntemi özellikle 2008 yılının ilk 6 aylık dönemi için diğer yöntemlere kıyasla belirgin şekilde zayıf performans göstermektedir. Bu durum Şekil 15 ve Şekil 16'de açık bir şekilde grafik üzerinde görülebilmektedir. Bu dönem içerisinde portföy erime oranları %31'e kadar çıkmaktadır. İlk işlem dönemi içerisinde portföye alınan hisse çiftleri büyük ölçüde zarara sebep olmuştur.

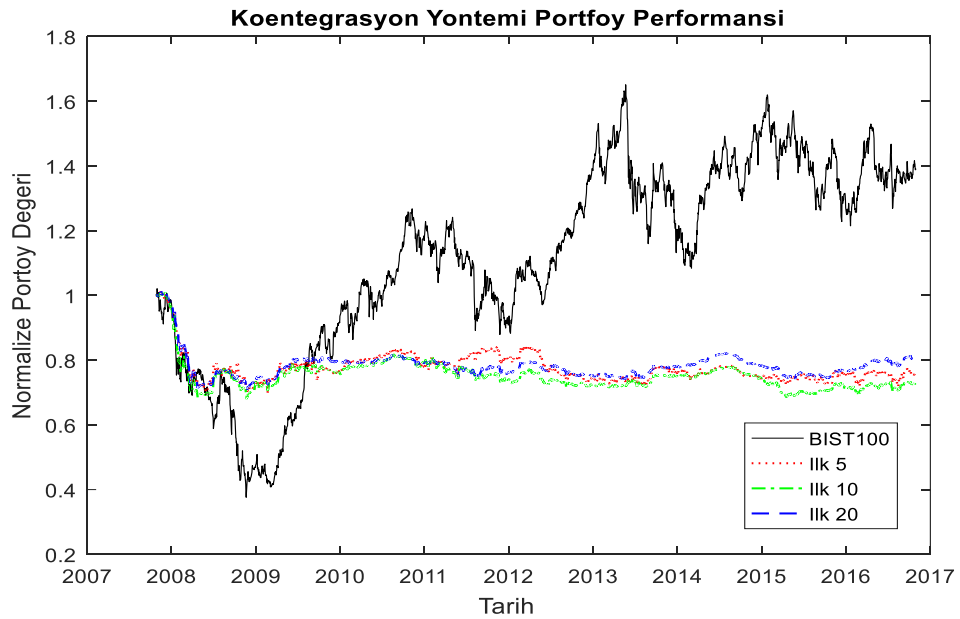
Ölçüt	BIST-100	İlk 5 Çift	İlk 10 Çift	İlk 20 Çift
Ortalama Günlük Getiri	0.000146	-0.000123	-0.00014	-0.000094
Günlük Getiri Standart Sapması	0.017	0.006	0.0049	0.0039
Yıllık Ortalama Getiri (Yüzdellik)	3.71	-3.04	-3.45	-2.33
Yıllık Volatilité (Yüzdellik)	26.9	9.45	7.8	6.23
En Fazla Erime Oranı	63.15	31.38	33.02	30.1
Sharpe Rasyosu (Yıllık %8 risksiz faiz)	-0.15	-1.16	-1.46	-1.65
Sharpe Rasyosu (Yıllık %0 risksiz faiz)	0.13	-0.32	-0.44	-0.37
Alfa		-0.0001	-0.0001	-0.0001
Beta		0.0378*	0.0270*	0.019*
R2		0.0115	0.0086	0.0067
BIST-100 ile Korelasyon		0.1076	0.0931	0.0819

*, %99, **, %95, ***, %90 güven düzeyinde anlamlıdır.

Tablo 3: Koentegrasyon yöntemi sonucu bazı metrikler



Şekil 15: İşlem maliyetleri eklenmeden koentegrasyon yöntemi performansı



Şekil 16: İşlem maliyetlerinden sonra koentegrasyon yöntemi performansı

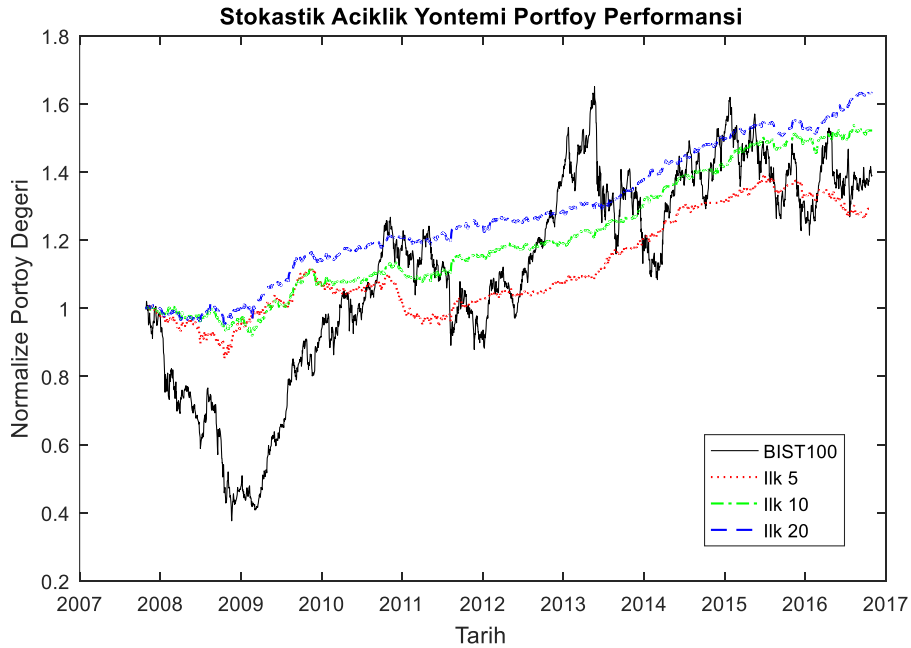
4.3 STOKASTİK AÇIKLIK YÖNTEMİ

Stokastik açıklık yöntemi kullanılarak ilk 5, 10 ve 20 hisse çifti ile oluşturulan portföyler üzerinde gerçekleştirilen ikili alım-satım simülasyon sonucuna göre oluşturulan tüm portföyler pozitif getiri sağlamıştır. İşlem maliyetleri ve işlemlerde gerçekleşen makas farkı dikkate alınmadan ilk 20 hisse çiftinden oluşturulan portföy %5.55 yıllık ortalama ile en yüksek getiriyi sağlamıştır. İşlem maliyetleri ve makas farkı 20 baz puan (%0.2) olarak ele alındığında ilk 20 hisse çiftinden oluşturulan portföyün yıllık ortalama getirisi %3.4'e kadar gerilemektedir. İlk 20 hisse çifti ile oluşturulan portföy için yıllıklandırılmış volatilité %4.07, portföy en fazla erime oranı %7.92, yıllık %8 risksiz faiz oranına göre sharpe rasyosu -1.12 ve portföyün endeks ile korelasyonu ise %11.84'dür.

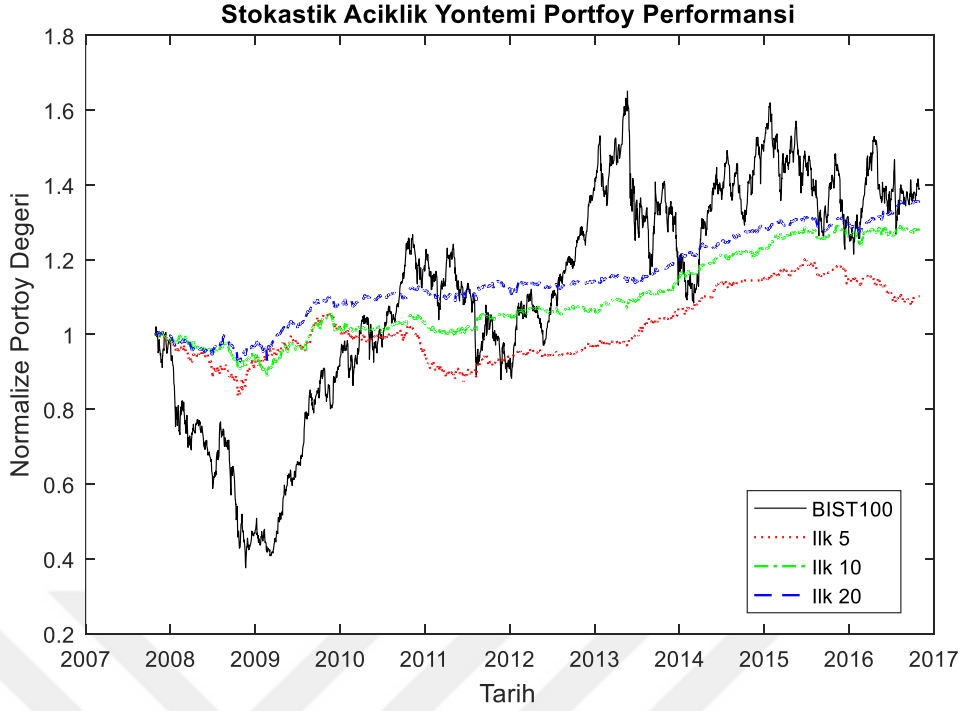
Ölçüt	BIST-100	İlk 5 Çift	İlk 10 Çift	İlk 20 Çift
Ortalama Günlük Getiri	0.000146	0.000043	0.0001	0.000133
Günlük Getiri Standart Sapması	0.017	0.0041	0.003	0.0025
Yıllık Ortalama Getiri (Yüzdeler)	3.71	1.08	2.76	3.40
Yıllık Volatilité (Yüzdeler)	26.9	6.45	4.77	4.07
En Fazla Erime Oranı	63.15	17.66	11.49	7.92
Sharpe Rasyosu (Yıllık %8 risksiz faiz)	-0.15	-1.07	-1.09	-1.12
Sharpe Rasyosu (Yıllık %0 risksiz faiz)	0.13	0.16	0.57	0.83
Alfa		0.00003	0.0001**	0.00013
Beta		0.0253*	0.0155*	0.017*
R2		0.0111	0.0076	0.014
BIST-100 ile Korelasyon		0.1054	0.0875	0.1184

*, %99, **, %95, ***, %90 güven düzeyinde anlamlıdır.

Tablo 4: Stokastik açıklık yöntemi sonucu bazı metrikler



Şekil 17: İşlem maliyetleri eklenmeden stokastik açıklık yöntemi performansı

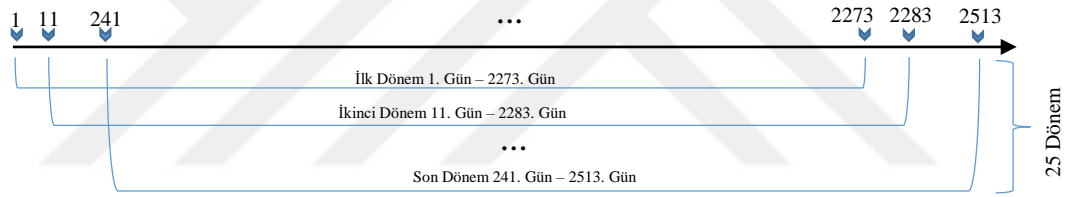


Şekil 18: İşlem maliyetlerinden sonra stokastik açıklık yöntemi performansı

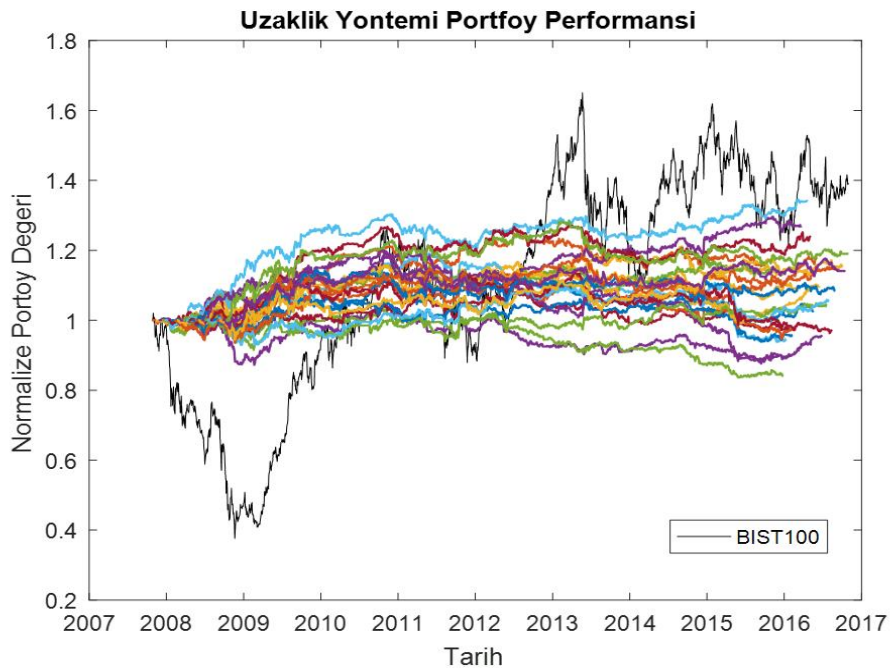
4.4 YÖNTEMLERİN ALT ÖRNEKLEMLER ÜZERİNDE UYGULANMASINA AİT SONUÇLAR

Çalışmada elde edilen tarihsel simülasyon sonuçlarına göre özellikle koentegrasyon yönteminin belirli bir dönem için gösterdiği kötü performansın sebeplerin araştırılması ve yöntemlerin örneklemdaki değişimlere karşı olan hassasiyetlerini araştırmak üzere, yöntemler veri seti'nin 25 adet sıralı ve eş büyüklükteki parçaya bölünmesi ile elde edilen alt veri setleri üzerinde tekrar test edilmiştir. Buna göre toplamda 2513 günden oluşan veri seti kullanılarak, ilk günden itibaren her adımda 10 gözlem kaydırılarak oluşturulmuş 25 adet, 2273 gözlem (yaklaşık 9 işlem yılı) içeren alt veri setleri elde edilmiştir. Bu veri setleri üzerinde yapılan simülasyonlar, bütün veri üzerinde yapılan simülasyonlar ile tamamen aynı kurallar kullanılarak uygulanmıştır. Simülasyonlar sadece işlem maliyetleri dahil edilerek ilk 20 hisse çiftinden oluşan portföyler için gerçekleştirilmiştir. Ayrıca 250 gün formasyon periyodu ve 125 gün işlem periyodu kuralı da değiştirilmemiştir. Alt veri setleri üzerinde tamamlanan simülasyonlar sonucunda yöntemlerin performansının, üzerinde uygulandığı veri setine göre büyük değişiklikler gösterdiği görülmektedir. Sonuçlara göre yöntemlerin ortalama performans bakımından sıralamaları değişmemiştir fakat stokastik açıklık yönteminde

elde edilen ortalama yıllık getiriler diğ er yöntemlere kıyasla belirgin derecede az değişkenlik göstermektedir ayrıca stokastik açıklık yöntemi tüm yöntemler arasında her alt veri seti üzerinde pozitif getiri üretmeyi başarmış tek yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. 4.2’de yer alan ve eldeki tüm veri üzerinde yapılan simülasyon sonuçlarına göre, ilk işlem dönemi içinde koentegrasyon yöntemi diğ er tüm dönemlerden daha kötü performans göstermiştir. Alt veri setleri üzerinde yapılan simülasyonlarda koentegrasyon yöntemi, her alt veri seti üzerinde 4.2’de yer alan sonuçlara benzer derecede kötü bir performans göstermemiştir fakat koentegrasyon yöntemi, hem yıllık getirilerin düşüklüğü ve değişkenliğinin yüksek oluşu hem de volatilitelerin yüksekliği sebebi ile alt veri setleri üzerinde yapılan simülasyonlarda da diğ er yöntemlerin gerisinde kalmıştır. Buna göre koentegrasyon yönteminin özellikle ilk formasyon periyodunda hisse seçiminden kaynaklı zarar ettiği görülmüştür. Yapılan hisse seçimlerine ait tablolar ve grafikler Ekler bölümünde ek 2, 5, 9 ve 10’da yer almaktadır.



Şekil 19 : Alt veri setleri zaman akış şeması



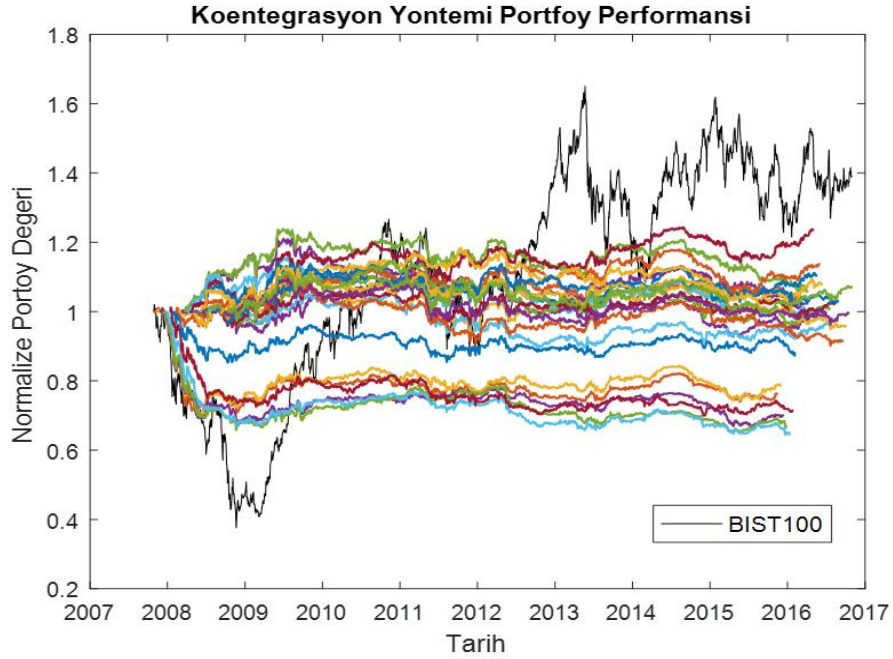
Şekil 20 : Uzaklık yönteminin alt veri setleri için performansı

Dönem	Yıllık % Ortalama Getiri	Yıllık % Volatilité	Dönem	Yıllık % Ortalama Getiri	Yıllık % Volatilité
1	1.96	4.59	14	0.28	4.30
2	1.57	4.19	15	2.01	4.31
3	-1.30	4.75	16	1.12	4.35
4	-2.10	4.53	17	-0.54	4.73
5	-0.70	4.77	18	0.57	4.55
6	-0.31	4.57	19	0.68	4.61
7	-0.56	4.62	20	-0.39	4.77
8	-0.28	4.72	21	0.99	4.64
9	1.13	4.73	22	1.69	4.75
10	2.99	4.81	23	1.78	4.78
11	1.85	4.92	24	1.64	4.55
12	3.69	4.38	25	2.18	4.53
13	2.67	4.54			

Tablo 5 : Uzaklık yönteminin alt veri setleri için performansı

Getiriler* Ortalaması	0.90
Getiriler Standart Sapması	1.42
Volatiliteler* Ortalaması	4.60
Volatiliteler Standart Sapması	0.18
En Fazla Getiri	3.69
En Az Getiri	-2.10
En Fazla Volatilité	4.92
En Az Volatilité	4.19
*: Yıllıklandırılmış Yüzselsel Getiri	
**: Yıllıklandırılmış Yüzselsel Tarihsel Volatilité	

Tablo 6 : Uzaklık yönteminin alt veri setleri performansına ait bazı istatistikler



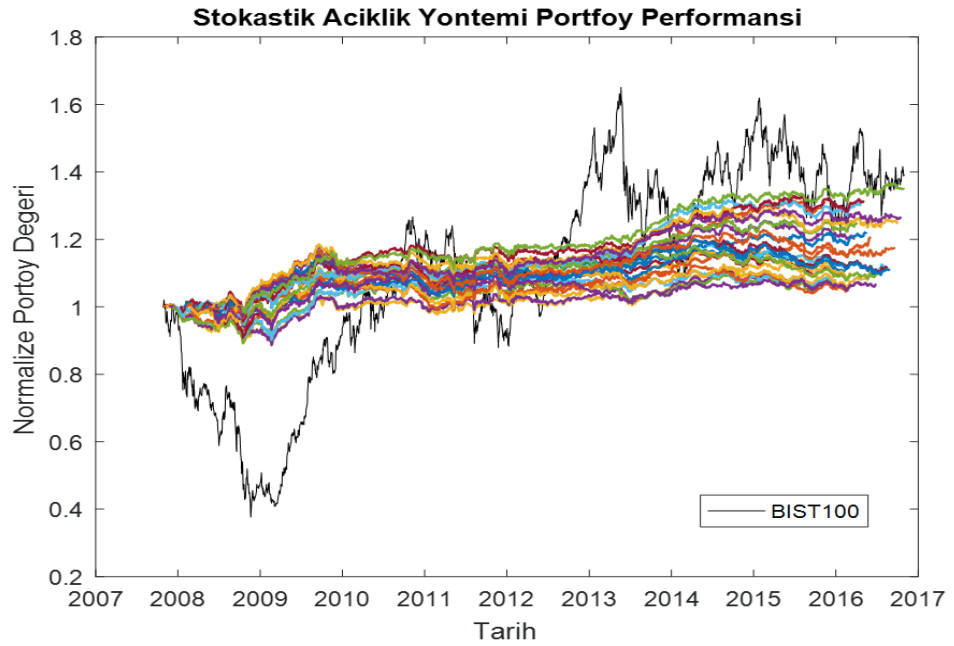
Şekil 21 : Koentegrasyon yönteminin alt veri setleri için performansı

Dönem	Yıllık % Ortalama Getiri	Yıllık % Volatilite	Dönem	Yıllık % Ortalama Getiri	Yıllık % Volatilite
1	-3.27	6.38	14	1.27	5.40
2	-2.87	6.63	15	1.59	5.61
3	-4.34	6.65	16	0.92	5.51
4	-4.78	6.43	17	-0.18	5.26
5	-5.25	6.05	18	0.15	5.49
6	-4.11	5.96	19	-0.35	4.98
7	-1.54	5.67	20	0.26	5.27
8	0.54	5.38	21	0.34	5.22
9	-0.01	5.59	22	-1.13	5.49
10	0.24	5.69	23	-0.56	5.52
11	0.73	5.61	24	-0.09	5.37
12	0.00	5.56	25	0.89	5.46
13	2.64	5.54			

Tablo 7: Koentegrasyon yönteminin alt veri setleri için performansı

Getiriler* Ortalaması	-0.76
Getiriler Standart Sapması	2.13
Volatiliteler* Ortalaması	5.67
Volatiliteler Standart Sapması	0.44
En Fazla Getiri	2.64
En Az Getiri	-5.25
En Fazla Volatilite	6.65
En Az Volatilite	4.98
*: Yıllıklandırılmış Yüzselsel Getiri	
**: Yıllıklandırılmış Yüzselsel Tarihsel Volatilite	

Tablo 8: Koentegrasyon yönteminin alt veri setleri performansına ait bazı istatistikler



Şekil 22: Stokastik açıklık yönteminin alt veri setleri için performansı

Dönem	Yıllık % Ortalama Getiri	Yıllık % Volatilité	Dönem	Yıllık % Ortalama Getiri	Yıllık % Volatilité
1	3.40	4.17	14	2.46	4.13
2	1.53	4.16	15	2.33	4.10
3	0.77	4.22	16	1.11	4.26
4	0.79	4.20	17	0.81	4.13
5	0.79	4.14	18	1.19	4.10
6	1.16	4.16	19	1.39	4.06
7	1.23	4.14	20	1.34	4.04
8	0.59	4.08	21	1.29	4.03
9	1.20	4.17	22	1.98	4.11
10	2.27	4.26	23	2.76	4.12
11	2.77	4.17	24	2.92	4.05
12	3.28	4.01	25	3.77	3.96
13	3.40	4.24			

Tablo 9 : Stokastik açıklık yönteminin alt veri setleri için performansı

Getiriler* Ortalaması	1.86
Getiriler Standart Sapması	0.99
Volatiliteler* Ortalaması	4.13
Volatiliteler Standart Sapması	0.08
En Fazla Getiri	3.77
En Az Getiri	0.59
En Fazla Volatilité	4.26
En Az Volatilité	3.96
*: Yıllıklandırılmış Yüzselsel Getiri	
**: Yıllıklandırılmış Yüzselsel Tarihsel Volatilité	

Tablo 10 : Stokastik açıklık yönteminin alt veri setleri performansına ait bazı istatistikler

BÖLÜM 5

BULGULARIN TARTIŞILMASI

İkili alım satım stratejileri, günümüzde kantitatif alım satım yöntemleri arasında en popüler olan yöntemlerden biridir fakat bu yöntemlerin performanslarının araştırılması az sayıda çalışmanın konusu olmuştur. Literatürdeki geçmiş bazı çalışmalar ele alındığında, belirli bir ikili alım satım yönteminin simülasyon performansının iyileştirilmesi amacı ile zarar durdurma veya erken kar alma, işlem olmayan kapital üzerinde faiz getirisi elde etme, parametre seçiminde kullanılan zaman aralığının optimize edilmesi ve bazı diğer kriterlerin kullanımı görülmektedir. Özellikle, simülasyon aşamasında duran kapitale faiz işletilmesi Türkiye piyasasında faiz oranlarının endeks getirisine göre genel olarak yüksek oluşu sebebi ile yöntemin gerçek performansının değerlendirilmesini zorlaştıracaktır. Bu sebeple çalışmada, yöntem performansının tam olarak ortaya konulması amacı ile faiz getirisi ele alınmamıştır. Yöntem parametrelerini ve işlem kriterlerini özelleştirmeye dayalı böyle bir yaklaşımda, parametre seçimlerinin ve uygulanan kriterlerin hangi sebepler ile iyi sonuç verdiğinin dikkatli biçimde araştırılması gereklidir. Belirlenen bu seçimlerin farklı koşullar altında ve dönemlerde benzer sonuçlar üretip üretmediği incelenmelidir. Bu sebepler incelenmediği takdirde elde edilen sonuçlar yöntemin başarısını açıklamak konusunda yetersiz kalabilir ayrıca kurulan modelde aşırı öğrenme (ing. overfitting) gibi sorunlar ortaya çıkabilir. Bu tip sorunlar taşıyan bir model, şüphesiz bir süre sonra yatırımcının beklentisi dışında sonuçlar doğuracaktır. Bu çalışmada ikili alım satım yöntemleri, yukarıda bahsedilen sorunlardan kaçınmak ve yöntemlerin performanslarını yalın bir biçimde ortaya koyabilmek amacı ile literatürdeki bazı önemli çalışmalara benzer şekilde oldukça basit kriterler ve yaygın kullanılan parametre değerleri kullanılarak test edilmiştir. Buna göre yöntemler yaygın kullanılan işlem kriterleri ve parametre değerleri ile geçmiş çalışmalarda elde edilen sonuçların aksine BIST-100 endeksine kıyasla başarısız performans göstermiştir. Buna karşın literatürdeki bazı geçmiş çalışmalarda farklı kriterler ve parametre değerleri kullanılarak yöntemlerin başarılı sonuçlar üretebildiği ortaya konmuştur. Bu açıdan bakıldığında yöntemlerde çeşitli kriterler değiştirilerek yöntem performansının geliştirilebilir olduğu düşünülebilir fakat performansta elde edilen iyileşmelerin sebepleri ve modelin sağlamlığı yukarıda bahsedildiği üzere dikkatle incelenmelidir.

Çalışma sonucunda karşımıza çıkan önemli bir sorun ise yöntem performanslarının veri seti diziliminde gerçekleştirilen küçük değişimlerden azımsanmayacak ölçüde etkilenmiş olmasıdır. Yöntem performansları, aynı büyüklükteki alt örneklemeler üzerinde yapılan testlerde belirgin derecede iyi veya kötü yönde farklılık göstermiştir. İkili alım satım yöntemlerinin uygulanması ve test edilmesinde birçok geçmiş çalışmada ve bu çalışmada kullanılmış olan tarihsel simülasyon metodolojisine benzer bir metodoloji kullanan bir araştırmacının, elindeki verinin tümünü kullanarak tek bir kez uyguladığı tarihsel simülasyon sonucunun, yöntem performansını doğru bir biçimde yansıtmadığı görülmektedir. Uygulamada bu sorundan kaçınmak için uygulanacak olan model farklı dönemlere ait veriler üzerinde, oluşturulan alt veri setleri üzerinde ve veride uç noktaların yer aldığı senaryo verileri üzerinde birden çok kez test edilebilir. Elde edilen bulgulara göre bu sorunun tüm yöntemlerde varlığını göstermesine rağmen yöntemlerin verideki değişimlerden farklı derecelerde etkilendiği görülmüştür. Buna göre stokastik açıklık yöntemi diğer yöntemlere göre verideki değişimlerden daha az etkilenmektedir. Stokastik açıklık yönteminin bu başarısının, model tahmin değerlerinin rekürsif bir biçimde güncellenmesi sebebi ile yöntemin daha başarılı tahminler üretebilmesinden kaynaklı olduğunu düşünmekle birlikte, bu durumun altında yatan asıl sebepler bu çalışmada araştırılmamış olup başka bir çalışmanın konusu olmalıdır.

Oluşturulan alt veri setleri üzerinde gerçekleştirilen simülasyonlarda, yöntem performanslarında gerçekleşen değişimlerin kayan pencere yöntemi ile yakından ilişkili olduğu görülmüştür. Kayan pencere metodolojisi veriyi kesikli parçalar olarak ele alarak formasyon periyodunda sadece ilgili parça üzerinde değerlendirme yapılmasına olanak sunmaktadır. Buna göre kayan pencere yönteminde bir formasyon periyodu içerisinde belirlenen hisse çiftleri verideki ufak kaymalar ile önemli ölçüde değişebilmektedir. Bu durum ekler bölümünde ek 4, ek 5 ve ek 6'da gözlemlenebilir. Bu da kötü hisse seçimi ve işlem periyodunda zarar ile sonuçlanabilmektedir. Bu sorunun üstesinden gelinmesi için formasyon ve işlem periyodu uzunlukları hisse çifti seçimlerinin daha sık güncellenebileceği optimal seviyelere çekilebilir böylece kötü performans gösteren hisse çiftleri portföye daha kısa süre alınarak risk azaltılabilir. Benzer şekilde, portföye alınan hisse çiftleri sayısının yüksek olması bu sorunun aza indirgenmesinde yardımcı olacaktır. Ayrıca açıklık sürecinin belirli bir değerden daha fazla açıldığı hisse çiftlerinin portföyden çıkarılması kullanılacak işlem kriterleri

olarak karşımıza çıkmaktadır. Diğer bir yöntem ise hisse çiftlerini, sektörel ilişkiler, şirket finansalları, kişisel tecrübe gibi bazı nedenselliklere göre belirlemek olabilir. Bu tip bir seçim yönteminde de portföy varlıklarını olabildiğince çeşitlendirmek, beklenmeyen risklerden kaçınmak için önemli bir kriter olacaktır. Kayan pencere yönteminin beraberinde getirdiği bu sorunların üstesinden gelebilmek için portföy varlıklarını daha sık veya sürekli biçimde güncelleyebilecek yeni bir yöntemin geliştirilmesi belki de en iyi çözüm olacaktır. Böyle bir yöntemin geliştirilmesi farklı bir çalışmanın konusu olmalıdır.

Eldeki verinin tamamı üzerinde gerçekleştirilen tarihsel simülasyon sonuçlarına göre tüm yöntemlerin endeks ile olan korelasyonları oldukça düşüktür ve endekse göre olan betaları istatistiksel olarak anlamlıdır buna rağmen beta değerleri sıfıra oldukça yakındır. Bu da bize tüm yöntemlerin ideal ölçüde piyasa nötr olmasalarda piyasa nötralliğe oldukça yakın sonuçlar ortaya koyduklarını göstermektedir. Piyasa nötralliğin bir getirisi olarak her üç yöntemde endeksin ciddi düşüşler yaşadığı dönemlerde endekse kıyasla başarılı performans göstermişlerdir.

İkili alım satım stratejilerinin BIST-100 endeksine kıyasla olumlu yanı düşük risk içermeleri olarak karşımıza çıkmaktadır. Portföy en fazla erime oranları ve yıllık volatiliteler, tüm yöntemlerin endekse kıyasla ciddi ölçüde düşük risk barındığını göstermektedir. Tahmin edileceği üzere çeşitlendirme arttıkça portföylerin risk-getiri profilinde de iyileşme gözlemlenmiştir.

İşlem maliyetleri tüm stratejilerde performansı ciddi biçimde olumsuz etkilemiştir. İşlem başına 20 baz puan uygulanan ve bir pozisyonun açıp kapatılması için 40 baz puana eşit olarak ele alınan toplam işlem maliyetleri sonucunda pozitif getiri sağlayan uzaklık ve stokastik spread yöntemleri getirilerinin yaklaşık %40'ını kaybetmişlerdir. İşlem maliyetlerinin 20 baz puan olarak ele alınması, komisyonların kapitale göre 10-20 baz puan aralığında değiştiği bir piyasada, makas farkında bu orana dahil edilmesi durumunda fazla iyimser bir oran olduğu dahi söylenebilir. Bu açıdan bakıldığında ikili alım satım yöntemlerinin karlılığı sorgulanmalıdır. BIST-100 için yapılmış, genelde bir yöntemin özelleştirilmesine dayanan ikili alım satıma yönelik literatürdeki diğer çalışmaların aksine üç yöntemde tatminkar bir getiri üretmek bir yana işlem maliyetleri hesaba katıldıktan sonra endeks al ve tut stratejisini uzun vadede yenememişlerdir.

Sonuçlara göre Bogomolov'un (2010) çalışmasında elde ettiği bulguların aksine stokastik açıklık yöntemi ile oluşturulan portföyler tüm yöntemler arasında en başarılı sonucu vermiştir. Bogomolov (2010) çalışmasında elde ettiği sonuçlara göre stokastik açıklık yönteminin diğer yöntemlerden daha fazla işlem gerçekleştirdiğini ve gerçekleşen işlemlerin oldukça kısa sürdüğünü, bu sebepten dolayı karlılığının diğer yöntemlere göre daha düşük olduğunu bulgulamıştır. Bu çalışmada sinyal-gürültü oranının uygun seviyelere çekilmesi ile böyle bir durum ile karşılaşılmamıştır. Bu çalışmada, stokastik açıklık yöntemi uygulanırken Kalman filtresi tasarımında herhangi bir parametre optimizasyonu uygulanmamıştır fakat başlangıçta belirlenen hata kovaryansı değerleri, ne ölçüm gürültüsünü ne de sinyal gürültüsünü süreç içerisinde ihmal etmeyecek şekilde basit gözlemlere dayalı olarak belirlenmiştir. Bu sayede yöntemin işlem sayısı ve süresi diğer yöntemlere benzer değerler üretmiştir. Bunun sağlanması ile stokastik açıklık yönteminin diğer yöntemlerden daha başarılı sonuçlar verdiği görülmüştür. Ayrıca stokastik açıklık yöntemi diğer yöntemlerden farklı olarak alt veri setleri üzerinde yapılan testlerde her bir alt veri setinde pozitif yıllık getiri üretmeyi başaran tek yöntem olup, en yüksek yıllık ortalama getiri ve en düşük yıllık volatiliteye sahip yöntemdir.

Bu çalışmada elde edilen bulgulara göre literatürdeki başlıca ikili alım satım yöntemleri, hem tüm veri üzerindeki simülasyonlar hem de alt veri setleri üzerinde gerçekleştirilen simülasyonlar göz önüne alındığında endeks al ve tut stratejisini yenememişlerdir. Günümüzde bir yatırımcının ikili alım satım yöntemlerini İstanbul borsasında uygulamadan önce, oluşturduğu modelin ve kriterlerin geçerliliğini farklı koşullar altında sınaması yatırımcının yararına olacak bir davranıştır.

Çalışmada elde edilen tüm bulgular göz önüne alındığında ikili alım satım yöntemlerinin, yüksek işlem maliyetleri üretmeleri, getiri bakımından zayıf performans göstermeleri ve yöntemlerin farklı koşullarda verimliliklerini koruyamaması gibi sebepler dolayısıyla Borsa İstanbul hisse senedi piyasasında uygulanabilirliklerinin kısıtlı olduğu görülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Bogomolov, T. (2010), "Pairs Trading in the Land Down Under", *Working Paper*, University of South Australia
- [2] Bolgün, Kaan Evren, Engin Kurun, and Serhat Güven. (2010), "Dynamic pairs trading strategy for the companies listed in the Istanbul stock exchange." *International Review of Applied Financial Issues and Economics I*: 37-57.
- [3] Borsa İstanbul A.Ş (4 Nisan 2013), "Borsa İstanbul A.Ş. Esas Sözleşmesi", *8293 Sayılı Ticaret Sicil Gazetesi*.
- [4] Cozier, J. G. (2010) "The Evolution of Stock Markets in the Caribbean: From 1969 and Beyond", *Master Thesis, The University of the West Indies*.
- [5] Dickey, D.A. and W.A. Fuller (1979), "Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series with a Unit Root", *Journal of the American Statistical Association*, 74, s. 427-431
- [6] Elliott, Robert J., John Van Der Hoek, and William P. Malcolm. (2005), "Pairs trading.", *Quantitative Finance* 5.3, 271-276.
- [7] Engle, R. and Granger C., (1987), "Co-integration and Error Correction: Representation, Estimation, and Testing", *Econometrica*, Vol. 55(2), s. 251-276.
- [8] Gatev, E., Goetzmann, W. and Rouwenhorst, K. (1999), Pairs Trading: Performance of a Relative Value Arbitrage Rule, *Working Paper*, Yale University School of Management
- [9] Gatev, E., Goetzmann, W. and Rouwenhorst, K. (2006), "Pairs trading: Performance of a relative-value arbitrage rule." *Review of Financial Studies* 19.3, 797-827
- [10] Hall, G.E. (1998), Market Neutral Trading Strategies, *Advances in the Valuation and Management of Mortgage-Backed Securities*, s.27-49
- [11] Kalman, R. E. (1960). "A New Approach to Linear Filtering and Prediction Problems". *Journal of Basic Engineering*.
- [12] LeSage, James P. (1999), "Applied econometrics using MATLAB." *Manuscript*, Dept. of Economics, University of Toronto.
- [13] Markowitz, Harry M. (1952), "Portfolio selection", *Journal of Finance*, 7 (1), 77-9 Markowitz,
- [14] Markowitz, Harry M. (1999), The early history of portfolio theory: 1600-1960, *Financial Analysts Journal*, 55 (4), 5-16
- [15] Muslumov , A., Yuksel, A., Yuksel, A. (2009), The Profitability of Pairs Trading in an Emerging Market Setting: Evidence from the Istanbul Stock Exchange, *The Empirical Economics Letters*, 8(5)
- [16] Nath, P. (2003) High Frequency Pairs Trading with U.S. Treasury Securities: Risks and Rewards for Hedge Funds

- [17] Papoulis, A., & Pillai, S. U. (2002). Probability, random variables, and stochastic processes. *Boston: McGraw-Hill*
- [18] Perlin, M.S. (2007), Evaluation of Pairs Trading Strategy at the Brazilian Financial Market, *ICMA/Reading*.
- [19] Petram, L. O. (2011). “The world’s first stock exchange: how the Amsterdam market for Dutch East India Company shares became a modern securities market, 1602-1700”, *Eigen Beheer*.
- [20] Ross, S. M. (2008). “Stochastic processes, 2nd Edition ”. *Wiley India*.
- [21] Sermaye Piyasası Kurulu (30 Aralık 2012), “6362 Sayılı Sermaye Piyasası Kanunu”, *28513 sayılı Resmi Gazete*.
- [22] Sermaye Piyasası Kurulu (19 Temmuz 2013), “Borsalar ve Piyasa İşleticilerinin Kuruluş, Faaliyet, Çalışma ve Denetim Esasları Hakkında Yönetmelik”, *28712 sayılı Resmi Gazete*.
- [23] Smith, B. M. (2004). “A History of the Global Stock Market: From Ancient Rome to Silicon Valley (University of Chicago Press Edition ed.)”, *The University of Chicago Press*, s. 9-23
- [24] Sharpe, William F. (1966), "Mutual Fund Performance.", *Journal of Business*, s. 119-138
- [25] Sharpe, William F. (1994). "The Sharpe Ratio". *The Journal of Portfolio Management*. 21 (1): 49–58
- [26] Van der Wee, H. (1963), “The Growth of the Antwerp Market and the European Economy: Fourteenth – Sixteenth Century”, Springer Science+Business Media.
- [27] Vidyamurthy, G. (2004), Pairs Trading: Quantitative Methods and Analysis, *John Wiley & Sons*, s.23-84
- [28] Welch, G., Bishop, G., (2001) An Introduction to the Kalman Filter, University of North Carolina at Chapel Hill, *Technical Report*

EKLER

03.11.2006/26.10.2007			03.05.2007/25.04.2008			30.10.2007/23.10.2008			28.04.2008/27.04.2009			24.10.2008/23.10.2009			28.04.2009/22.04.2010			26.10.2009/21.10.2010		
GOODY	KONYA	2.79	ECILC	ECZYT	0.88	ALCTL	NTTUR	4.68	ALARK	KORDS	4.46	ANACM	KIPA	1.63	ISCTR	SAHOL	3.84	ISGYO	IZMDC	-26.39
ALARK	NETAS	-14.54	ECZYT	TSKB	8.77	ISCTR	TSKB	21.87	AYGAZ	LOGO	20.48	CCOLA	TUPRS	26.38	ISCTR	SISE	1.16	ALARK	ZOREN	0.03
NETAS	NTTUR	2.44	ALGYO	KONYA	3.28	DOHOL	YKBNK	-12.87	ISCTR	TSKB	-12.19	GOODY	TTRAK	11.96	ANACM	KARSN	-2.23	ISCTR	YKBNK	0
HURGZ	TSKB	6.76	ARCLK	ISGYO	-5.91	ALGYO	NUGYO	-5.81	ARCLK	KARSN	-2.59	SISE	YAZIC	9.09	AKBNK	SAHOL	3.73	ALARK	PRKME	-14.53
ALARK	NTTUR	-10.02	BRISA	TOASO	-18.03	AKSA	NUGYO	14.49	IPEKE	KOZAA	4.24	AEFES	CCOLA	2.88	AYEN	KRDMD	8.91	DEVA	VESTL	-0.53
Donem Getirisi: -2.87			Donem Getirisi: -2.66			Donem Getirisi: 3.69			Donem Getirisi: 2.33			Donem Getirisi: 10.05			Donem Getirisi: 3.02			Donem Getirisi: -8.94		
26.04.2010/21.04.2011			22.10.2010/19.10.2011			22.04.2011/16.04.2012			20.10.2011/15.10.2012			17.04.2012/12.04.2013			16.10.2012/11.10.2013			15.04.2013/14.04.2014		
DEVA	ECILC	-1.17	AKBNK	VAKBN	-0.02	AKBNK	GARAN	10.34	ANACM	TRKCM	-8.47	AKBNK	GARAN	4.36	AKBNK	GARAN	0	AKBNK	GARAN	0.73
ALARK	DEVA	-2.22	AKBNK	ISCTR	-0.82	ISCTR	VAKBN	-3.89	ALGYO	ECILC	3.21	DEVA	EGEEN	10.37	AKBNK	ISCTR	0	AKBNK	YKBNK	4.53
ALARK	VESTL	8.79	GARAN	VAKBN	-1.01	AKBNK	ISGYO	7.65	GARAN	KCHOL	-8.39	AKSA	ANACM	-20.89	GARAN	ISCTR	2.23	AKBNK	ISCTR	3.38
ALARK	ALCTL	29.77	THYAO	VESBE	16.66	GARAN	ISGYO	3.95	AYGAZ	TRKCM	11.72	AKENR	AKSA	-28.37	ANACM	ISGYO	-6.92	AYEN	HURGZ	-15.8
AKENR	ECILC	10.46	AKBNK	GARAN	4.29	AKBNK	KCHOL	9.26	ISCTR	VAKBN	-6.73	AKENR	ANACM	-6.1	AKENR	KONYA	-4.48	ISCTR	YKBNK	2.88
Donem Getirisi: 8.55			Donem Getirisi: 3.61			Donem Getirisi: 5.33			Donem Getirisi: -2.05			Donem Getirisi: -9.33			Donem Getirisi: -1.89			Donem Getirisi: -1.17		
14.10.2013/16.10.2014			15.04.2014/13.04.2015			17.10.2014/13.10.2015			14.04.2015/07.04.2016			14.10.2015/12.10.2016								
AKBNK	ISCTR	-2.66	AKBNK	GARAN	0	AKBNK	GARAN	4.77	ISCTR	TRCAS	3.81	IPEKE	KOZAA	0						
KARTN	KONYA	-6.06	ALGYO	KARTN	20.88	ARCLK	KCHOL	2.81	GARAN	YKBNK	1.47	KCHOL	TSKB	0						
AKBNK	GARAN	3.38	CCOLA	ENKAI	-5.61	GARAN	VAKBN	5.57	AKBNK	VAKBN	0.03	KCHOL	VAKBN	-1.4						
ARCLK	ISGYO	4.2	AKBNK	SAHOL	0.72	AKBNK	SAHOL	2.4	AKBNK	YKBNK	-3.02	GARAN	TSKB	0						
AKBNK	YKBNK	-0.88	AKBNK	VAKBN	6.19	SAHOL	TSKB	0.51	BRSAN	SODA	-10.49	DOHOL	HURGZ	0						
Donem Getirisi: -0.48			Donem Getirisi: 4.06			Donem Getirisi: 3.20			Donem Getirisi: -1.77			Donem Getirisi: -0.28								

Ek 1: Uzaklık yöntemi ile oluşturulmuş ilk 5 hisse çiftinden oluşan portföyler ve işlem maliyetlerinden sonra dönemlik yüzdesel getiriler

03.11.2006/26.10.2007			03.05.2007/25.04.2008			30.10.2007/23.10.2008			28.04.2008/27.04.2009			24.10.2008/23.10.2009			28.04.2009/22.04.2010			26.10.2009/21.10.2010		
EREGL	KRDMD	8.02	BAGFS	FENER	-0.37	ALCTL	NTTUR	27.42	VESBE	ZOREN	-17.95	SKBNK	ULKER	0.82	GARAN	TRKCM	7.42	ISCTR	YKBNK	-0.78
KARSN	TSPOR	-47.33	DOHOL	SODA	33.68	ARCLK	HURGZ	20.49	GOODY	KIPA	1.19	ARCLK	ULKER	-6.38	AKSA	ECILC	-8.3	ANACM	TRKCM	-0.65
GARAN	KRDMD	3.66	DOHOL	ISGYO	-11.9	DOAS	HURGZ	-18.91	ANACM	KRDMD	4.18	GARAN	VAKBN	6.92	SAHOL	YKBNK	-1.97	DOAS	YKBNK	-10.4
BAGFS	SKBNK	-55.32	NUGYO	SODA	-18.3	BRISA	KOZAA	10.19	GOODY	TOASO	1.75	ULKER	VAKBN	6.75	ECZYT	THYAO	13.63	GARAN	ISCTR	4.59
AKENR	TSPOR	-25.79	DOHOL	FENER	11.81	ARCLK	BRISA	-4.33	KIPA	ZOREN	11.66	ANACM	DOAS	10.81	ALCTL	ZOREN	7.22	DOAS	ISCTR	-14.61
Donem Getirisi: -27.85			Donem Getirisi: 1.40			Donem Getirisi: 5.59			Donem Getirisi: -0.35			Donem Getirisi: 3.61			Donem Getirisi: 3.30			Donem Getirisi: -4.63		
26.04.2010/21.04.2011			22.10.2010/19.10.2011			22.04.2011/16.04.2012			20.10.2011/15.10.2012			17.04.2012/12.04.2013			16.10.2012/11.10.2013			15.04.2013/14.04.2014		
SISE	TRKCM	-11.98	VESBE	ZOREN	5.94	DOHOL	HURGZ	-8.36	IPEKE	KOZAA	0	GARAN	YKBNK	18.18	AKBNK	ISCTR	5.72	AKBNK	GARAN	1.99
ANACM	TRKCM	11.14	CIMSA	ZOREN	-9.88	VAKBN	YKBNK	3.2	ISCTR	THYAO	-11.9	KCHOL	SAHOL	3.3	BAGFS	CLEBI	-5.35	ISCTR	VAKBN	2.35
ANACM	SISE	1.41	DEVA	ZOREN	-7.45	TRCAS	ZOREN	-14.08	ISCTR	YKBNK	-0.3	KCHOL	SKBNK	18.07	AKBNK	GARAN	-0.14	AKBNK	ISCTR	0.22
SISE	TTRAK	21.16	THYAO	VESBE	12.16	VESBE	ZOREN	-18.03	DOAS	TSKB	-1.62	THYAO	TUPRS	-15.53	AYEN	KONYA	-8.63	GARAN	ISCTR	1.42
SISE	SODA	10.75	DEVA	GSDHO	3.34	AYEN	NTTUR	-11.43	TSKB	VAKBN	2.48	DOAS	VAKBN	9.59	BAGFS	KONYA	-2.27	AYEN	HURGZ	-11.46
Donem Getirisi: 5.89			Donem Getirisi: 0.48			Donem Getirisi: -10.02			Donem Getirisi: -2.40			Donem Getirisi: 5.94			Donem Getirisi: -2.25			Donem Getirisi: -1.24		
14.10.2013/16.10.2014			15.04.2014/13.04.2015			17.10.2014/13.10.2015			14.04.2015/07.04.2016			14.10.2015/12.10.2016								
AKBNK	GARAN	0.17	IPEKE	KOZAA	18.5	AKBNK	GARAN	3.29	IPEKE	KOZAA	0	IPEKE	KOZAA	0						
GARAN	YKBNK	-5.18	SISE	TRKCM	-8.37	IZMDC	KRDMD	7.61	IPEKE	YAZIC	12.88	DOHOL	HURGZ	0						
ISCTR	VAKBN	-4.27	ASELS	DOAS	-12.31	IZMDC	TRCAS	0.71	EREGL	KRDMD	-1.24	CLEBI	KARSN	-0.21						
AKBNK	YKBNK	-2.7	DOAS	TOASO	-0.74	AKSA	ECZYT	-5.96	KRDMD	TRKCM	-9.99	CLEBI	THYAO	1.76						
AKBNK	ISCTR	2.57	ISGYO	KORDS	1.17	IZMDC	YKBNK	17.31	ISCTR	TRKCM	-5.23	EGEEN	SKBNK	0						
Donem Getirisi: -1.92			Donem Getirisi: -0.89			Donem Getirisi: 4.31			Donem Getirisi: -1.00			Donem Getirisi: 0.31								

Ek 2: Koentegrasyon yöntemi ile oluşturulmuş ilk 5 hisse çiftinden oluşan portföyler ve işlem maliyetlerinden sonra dönemlik yüzdesel getiriler

03.11.2006/26.10.2007			03.05.2007/25.04.2008			30.10.2007/23.10.2008			28.04.2008/27.04.2009			24.10.2008/23.10.2009			28.04.2009/22.04.2010			26.10.2009/21.10.2010		
ALARK	NETAS	-17.13	KCHOL	VAKBN	-6.98	ASELS	GOODY	-4.5	SISE	TRKCM	0.12	KORDS	TRCAS	-0.61	DEVA	PRKME	6.7	ISCTR	KCHOL	-5.96
ISGYO	NTTUR	-1.51	AKBNK	SAHOL	7.54	AKBNK	SAHOL	39.42	GARAN	ISCTR	-2.69	KCHOL	YKBNK	-3.56	GARAN	SAHOL	14.16	AYGAZ	SAHOL	-3.56
AKBNK	SAHOL	11.09	AEFES	FROTO	-40.95	ASELS	NUGYO	35.59	ALARK	ULKER	23.93	KCHOL	ULKER	-11.95	ALARK	ULKER	-9.85	DEVA	PRKME	-16.54
ALCTL	BRSAN	3.85	NTTUR	SISE	2.55	KRDMD	NUGYO	5.4	ALARK	AYGAZ	19.79	ULKER	YKBNK	-3.52	ULKER	YKBNK	2.07	ISGYO	IZMDC	-29.87
ALARK	VESTL	-18.31	ISCTR	KCHOL	-5.12	SISE	THYAO	5.02	ECZYT	YKBNK	-0.92	ANACM	ECILC	-11.37	ISGYO	NUGYO	6.82	GARAN	SAHOL	0.21
Donem Getirisi: -5.11			Donem Getirisi: -10.49			Donem Getirisi: 14.85			Donem Getirisi: 7.46			Donem Getirisi: -6.32			Donem Getirisi: 3.67			Donem Getirisi: -11.86		
26.04.2010/21.04.2011			22.10.2010/19.10.2011			22.04.2011/16.04.2012			20.10.2011/15.10.2012			17.04.2012/12.04.2013			16.10.2012/11.10.2013			15.04.2013/14.04.2014		
AKBNK	GARAN	4.81	AKBNK	GARAN	0.12	AKBNK	GARAN	1.72	GARAN	KCHOL	2.69	AKBNK	GARAN	0	AKBNK	GARAN	0	AKBNK	GARAN	0
ALCTL	ENKAI	3.91	KCHOL	SAHOL	-0.31	GARAN	KCHOL	1.72	AKBNK	GARAN	0	GARAN	KCHOL	10.02	KCHOL	SAHOL	5.13	DEVA	TRKCM	11.02
ECILC	VESTL	-2.99	GARAN	SAHOL	-0.33	KCHOL	SAHOL	1.03	AKBNK	KCHOL	12.05	AKBNK	KCHOL	6.33	ARCLK	TOASO	12.28	KCHOL	SAHOL	0
ENKAI	TRCAS	8.37	EREGL	VESTL	1.86	AKBNK	KCHOL	0.52	VAKBN	YKBNK	1.5	IPEKE	KOZAA	15.18	VAKBN	YKBNK	1.9	VAKBN	YKBNK	1.15
AKENR	ECILC	2.04	GARAN	KCHOL	14.18	ISGYO	TSKB	-4.87	SISE	VESTL	-3.02	EREGL	SISE	2.97	AYGAZ	KCHOL	9.32	DEVA	SISE	7.59
Donem Getirisi: 3.16			Donem Getirisi: 2.96			Donem Getirisi: -0.01			Donem Getirisi: 2.52			Donem Getirisi: 6.77			Donem Getirisi: 5.63			Donem Getirisi: 3.85		
14.10.2013/16.10.2014			15.04.2014/13.04.2015			17.10.2014/13.10.2015			14.04.2015/07.04.2016			14.10.2015/12.10.2016								
AKBNK	GARAN	0	AKBNK	GARAN	0	AKBNK	GARAN	0	AKBNK	GARAN	0	IPEKE	KOZAA	0						
KCHOL	SAHOL	1.64	AYGAZ	SAHOL	6.45	KRDMD	ZOREN	-8.99	BRISA	THYAO	-6.07	AKBNK	GARAN	0						
ARCLK	TCELL	11.65	BIMAS	CCOLA	-12.63	VAKBN	YKBNK	1.66	TTRAK	TUPRS	-5.16	ENKAI	ISCTR	0						
VAKBN	YKBNK	-0.74	IPEKE	KOZAA	9.33	GARAN	THYAO	-1.17	BRISA	GARAN	4.82	AYGAZ	TCELL	0						
KARTN	KONYA	-0.2	ARCLK	TOASO	-0.97	AYGAZ	SAHOL	0.38	GARAN	THYAO	-14.56	ISGYO	ZOREN	0						
Donem Getirisi: 2.37			Donem Getirisi: 0.14			Donem Getirisi: -1.70			Donem Getirisi: -4.42			Donem Getirisi: 0.00								

Ek 3: Stokastik açıklık yöntemi ile oluşturulmuş ilk 5 hisse çiftinden oluşan portföyler ve işlem maliyetlerinden sonra dönemlik yüzdesel getiriler

03.11.2006/26.10.2007		17.11.2006/12.11.2007		01.12.2006/26.11.2007		15.12.2006/10.12.2007		29.12.2006/26.12.2007	
GOODY	KONYA	GOODY	KONYA	ISGYO	TSKB	GOODY	KONYA	ECILC	ECZYT
ALARK	NETAS	HURGZ	TSKB	ALARK	NETAS	ISGYO	TSKB	BRISA	KONYA
NETAS	NTTUR	ALARK	VESTL	HURGZ	TSKB	ISGYO	NETAS	FROTO	SISE
HURGZ	TSKB	ALARK	HURGZ	ALCTL	SISE	NETAS	TSKB	GOODY	KONYA
ALARK	NTTUR	NETAS	TSKB	KORDS	SISE	NETAS	NTTUR	CIMSA	NETAS
ALARK	VESTL	BRSAN	NETAS	HURGZ	NETAS	HURGZ	TSKB	ISGYO	NETAS
KORDS	SISE	ALARK	TSKB	ALARK	HURGZ	FROTO	SISE	HURGZ	NETAS
SAHOL	TCELL	HURGZ	VESTL	ECZYT	ISGYO	CIMSA	SISE	TRKCM	TTRAK
SISE	TTRAK	SISE	TTRAK	ALCTL	KORDS	HURGZ	NETAS	AKBNK	SAHOL
ALCTL	BRSAN	ISCTR	VAKBN	BRSAN	PRKME	ALARK	BRSAN	ALCTL	FROTO
NETAS	VESTL	ANACM	ISGYO	ISCTR	VAKBN	TRKCM	TTRAK	CIMSA	TSKB
SISE	VAKBN	ALARK	NETAS	SISE	TSKB	NTTUR	TSKB	BRSAN	VESTL
DOHOL	NTTUR	HURGZ	NETAS	ALARK	VESTL	HURGZ	ISGYO	BRISA	VESTL
ISGYO	YAZIC	CIMSA	SISE	FROTO	VAKBN	ALCTL	SISE	CIMSA	HURGZ
ALGYO	ARCLK	ALCTL	BRSAN	ASELS	FROTO	CCOLA	KORDS	ALCTL	NTTUR
ALCTL	KORDS	FROTO	TRKCM	NTTUR	SISE	BRISA	VESTL	FROTO	NTTUR
HURGZ	VESTL	ALCTL	NETAS	NTTUR	TSKB	FROTO	VAKBN	AKSA	ISGYO
BRSAN	KORDS	ALCTL	KORDS	BRSAN	VESTL	BRSAN	NETAS	ECILC	YAZIC
ISGYO	SODA	FROTO	VAKBN	ALCTL	NTTUR	ANACM	ISGYO	ISGYO	SODA
ALCTL	VAKBN	ASELS	FROTO	CIMSA	FROTO	ALARK	VESTL	HURGZ	TSKB

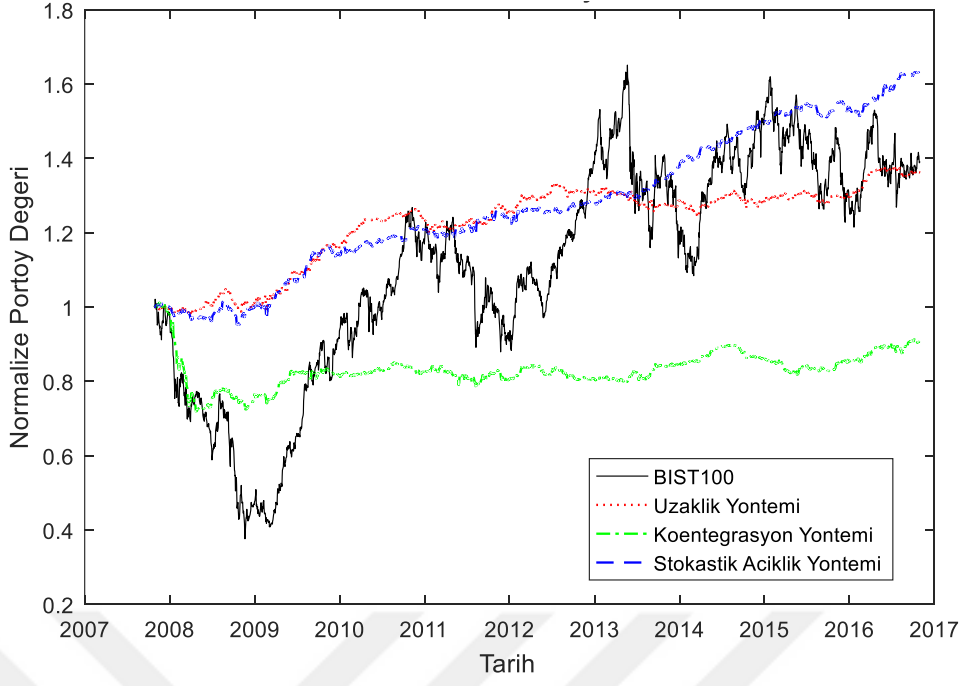
Ek 4: İlk 5 döneme ait alt veri seti için uzaklık yöntemi hisse çifti seçimleri

03.11.2006/26.10.2007		17.11.2006/12.11.2007		01.12.2006/26.11.2007		15.12.2006/10.12.2007		29.12.2006/26.12.2007	
EREGL	KRDMD	EREGL	KRDMD	AKENR	TRCAS	AKENR	TRCAS	AKENR	TRCAS
KARSN	TSPOR	KARSN	TSPOR	EREGL	KRDMD	AKENR	TSPOR	AKENR	TSPOR
GARAN	KRDMD	AKENR	TRCAS	AKENR	TSPOR	EREGL	KRDMD	GARAN	TSPOR
BAGFS	SKBNK	AKENR	TSPOR	KARSN	TSPOR	AKENR	BAGFS	AKENR	GARAN
AKENR	TSPOR	AKENR	BAGFS	AKENR	BAGFS	BAGFS	TSPOR	EREGL	KRDMD
AKENR	TRCAS	BAGFS	SKBNK	GARAN	KRDMD	BAGFS	GARAN	AKENR	BAGFS
BAGFS	GARAN	BAGFS	GARAN	BAGFS	GARAN	GARAN	KRDMD	BAGFS	TSPOR
AKENR	BAGFS	GARAN	KRDMD	BAGFS	TSPOR	GARAN	TSPOR	BAGFS	GARAN
SKBNK	TSPOR	SKBNK	TSPOR	GARAN	TSPOR	KARSN	TSPOR	GARAN	KRDMD
BAGFS	KRDMD	BAGFS	TSPOR	GUBRF	KARSN	GUBRF	KARSN	ECILC	ECZYT
AKENR	GUBRF	GARAN	TSPOR	BAGFS	TRCAS	AKENR	GARAN	KRDMD	SKBNK
GARAN	KCHOL	GUBRF	KARSN	BAGFS	SKBNK	KRDMD	SKBNK	GARAN	TRCAS
GUBRF	KARSN	BAGFS	KRDMD	SKBNK	TSPOR	GARAN	TRCAS	GUBRF	KARSN
BAGFS	TSPOR	GARAN	TRCAS	GARAN	TRCAS	BAGFS	TRCAS	AKENR	SKBNK
GARAN	TRCAS	BAGFS	TRCAS	AKENR	GARAN	SKBNK	TSPOR	SKBNK	TSPOR
AKENR	SKBNK	AKENR	GUBRF	KRDMD	SKBNK	GARAN	KCHOL	ENKAI	TSPOR
GARAN	TSPOR	GARAN	KCHOL	GARAN	KCHOL	TRCAS	TSPOR	TRCAS	TSPOR
GUBRF	TSPOR	AKENR	SKBNK	BAGFS	KRDMD	BAGFS	KRDMD	AKENR	AYEN
GUBRF	SKBNK	AKENR	GARAN	GARAN	SKBNK	ENKAI	TSPOR	GUBRF	SKBNK
BAGFS	TRCAS	GARAN	SKBNK	TRCAS	TSPOR	AKENR	SKBNK	SKBNK	TRCAS

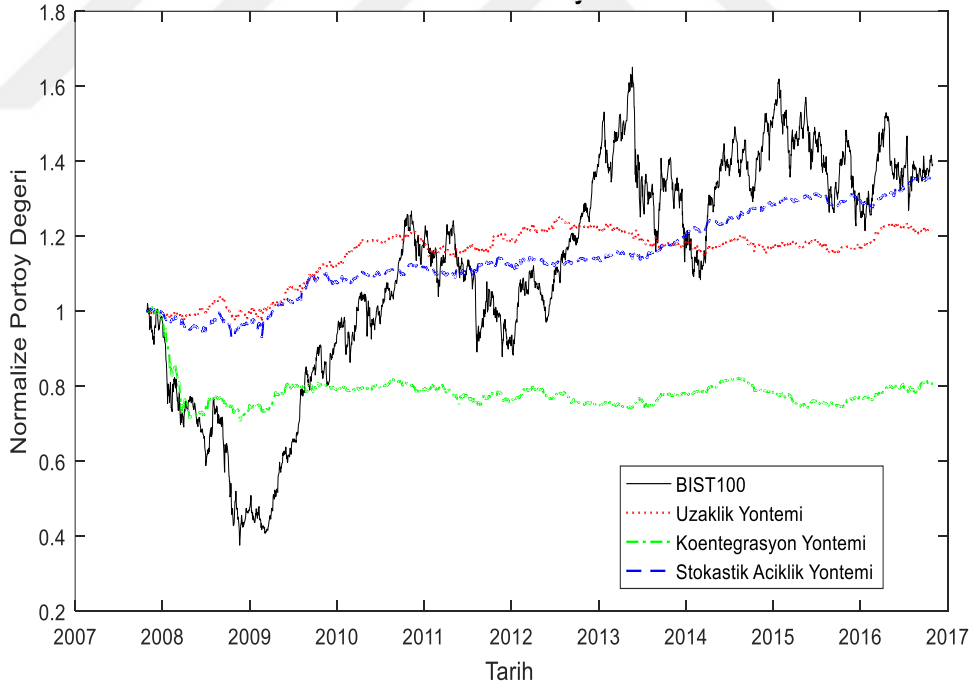
Ek 5: İlk 5 döneme ait alt veri seti için koentegrasyon yöntemi hisse çifti seçimleri

03.11.2006/26.10.2007		17.11.2006/12.11.2007		01.12.2006/26.11.2007		15.12.2006/10.12.2007		29.12.2006/26.12.2007	
ALARK	NETAS	ALARK	NETAS	AKBNK	SAHOL	BRSAN	PRKME	BRSAN	PRKME
ISGYO	NTTUR	AKBNK	SAHOL	BRSAN	PRKME	AKBNK	SAHOL	AKBNK	SAHOL
AKBNK	SAHOL	ALARK	VESTL	ALCTL	BRSAN	ALCTL	BRSAN	AEFES	FROTO
ALCTL	BRSAN	ALCTL	BRSAN	AEFES	FROTO	AEFES	FROTO	ALCTL	BRSAN
ALARK	VESTL	BRSAN	PRKME	ANACM	BRISA	ANACM	ECILC	DOAS	VAKBN
ALARK	HURGZ	ALARK	HURGZ	ALARK	VESTL	ANACM	BRISA	ANACM	ECILC
BRSAN	PRKME	AEFES	FROTO	ANACM	ECILC	DOAS	VAKBN	KCHOL	VAKBN
AEFES	FROTO	ANACM	BRISA	ALARK	NETAS	HURGZ	VESTL	NETAS	VESTL
ANACM	BRISA	ISGYO	NTTUR	DOAS	VAKBN	NETAS	VESTL	NTTUR	SISE
NTTUR	SISE	ANACM	ECILC	HURGZ	VESTL	KCHOL	VAKBN	HURGZ	NETAS
DOAS	VAKBN	DOAS	VAKBN	ISGYO	NTTUR	NTTUR	SISE	HURGZ	VESTL
BAGFS	TRCAS	BAGFS	TRCAS	BAGFS	TRCAS	HURGZ	NETAS	ANACM	BRISA
SISE	TRKCM	NTTUR	SISE	ALARK	HURGZ	ALARK	NETAS	ISCTR	VAKBN
ISCTR	VAKBN	HURGZ	VESTL	NTTUR	SISE	ALARK	VESTL	TRCAS	YKBNK
ANACM	ECILC	NETAS	VESTL	NETAS	VESTL	BAGFS	TRCAS	ALARK	NETAS
HURGZ	VESTL	ISCTR	VAKBN	HURGZ	NETAS	ALARK	HURGZ	ASELS	GOODY
NETAS	VESTL	HURGZ	NETAS	KCHOL	VAKBN	ISGYO	NTTUR	ALARK	HURGZ
HURGZ	NETAS	KCHOL	VAKBN	ISCTR	VAKBN	ISCTR	VAKBN	ECZYT	HURGZ
KCHOL	VAKBN	ISGYO	IZMDC	SAHOL	TOASO	TRCAS	YKBNK	KCHOL	KORDS
ISGYO	SISE	ISGYO	SISE	ISGYO	IZMDC	CIMSA	YAZIC	AYGAZ	KCHOL

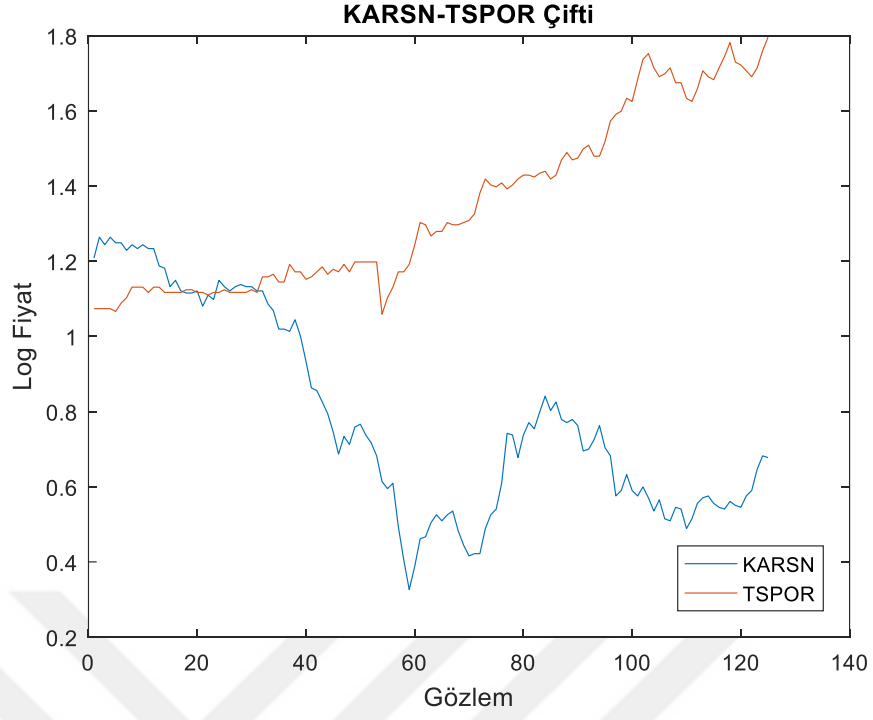
Ek 6: İlk 5 döneme ait alt veri seti için stokastik aıklık yöntemi hisse çifti seçimleri



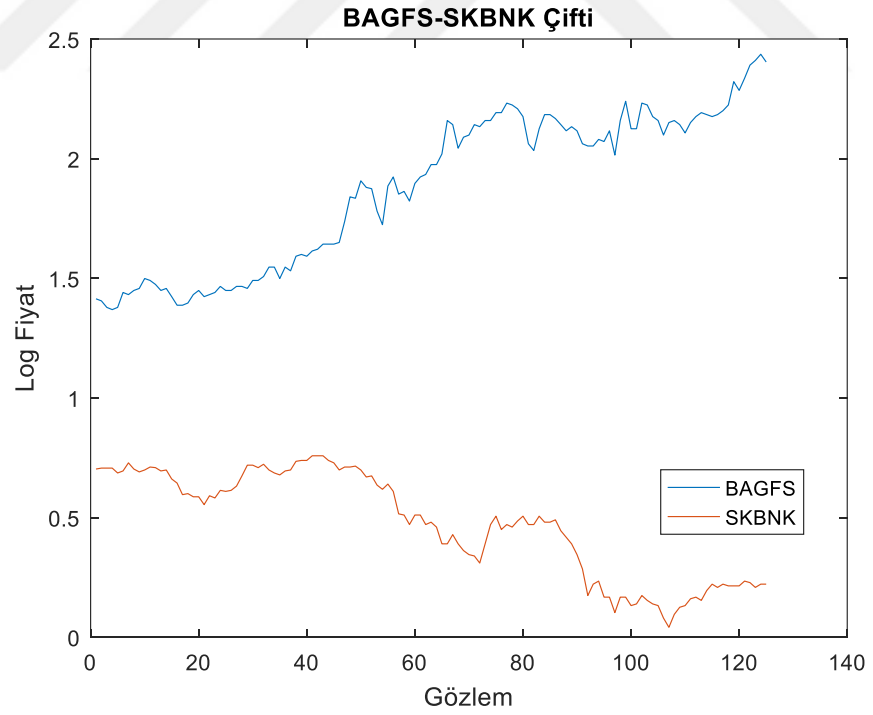
Ek 7: İşlem maliyetlerinden önce ilk 20 hisseden oluşturulan portföylerin karşılaştırmalı performansları



Ek 8: İşlem maliyetlerinden sonra ilk 20 hisseden oluşturulan portföylerin karşılaştırmalı performansları



Ek 9: Koentegrasyon yöntemi KARSN-TSPOR ilk işlem periyodu



Ek 10: Koentegrasyon yöntemi BAGFS-SKBNK ilk işlem periyodu

Özgeçmiş

Cansın Memiş 11 Mart 1987’de Bursa’da doğmuştur. 2015’de Hacettepe Üniversitesi Aktüerya Bilimleri bölümünden lisans derecesi ile mezun olmuştur. Kantitatif finans, bilgisayar programlama ve veri bilimi ilgilendiği araştırma alanlarıdır. 2015’den bu yana özel bir finans şirketinde algoritma geliştirici olarak çalışmaktadır.

E-Mail : cnsnmms@gmail.com

Mobil : +905448751617



Curriculum Vitae

Cansın Memiş was born on 11 March 1987, in Bursa. He received his BS degree in Actuarial Science in 2015 from Hacettepe University. His research interests include quantitative finance, computer programming and data science. Since 2015 he has been an algorithm developer at a private trading company.

E-Mail : cnsnmms@gmail.com

Mobile : +905448751617

