

## BIST 30 ENDEKSİ VE DOLAR-TL KURU İÇİN FUTURES KONTRATLARA DAYALI OPTİMAL HEDGE RASYOLARININ VE HEDGİNG ETKİNLİĞİNİN İNCELENMESİ: KAPSAMLI BİR ANALİZ

### OPTIMAL HEDGE RATIO AND HEDGING EFFECTIVENESS OF THE ISE 30 INDEX AND US DOLLAR-TURKISH LIRA EXCHANGE RATE FUTURES CONTRACTS: A COMPREHENSIVE ANALYSIS

Önder BÜBERKÖKÜ\*

#### Öz

Bu çalışmada BIST 30 endeksi ile Dolar-TL kuru üzerine yazılı futures kontratların sunduğu optimal hedge rasyoları ve hedging etkinliği incelenmiştir. Çalışmada, kapsamlı bir analiz sunulması amacıyla, hem DBEKK, CCC-GARCH, DCC-GARCH, GOGARCH-ML ve GOGARCH-NLS modellerinden oluşan dinamik hedging stratejilerine hem de OLS, VAR, ECM ile kısa ve uzun hafızalı GARCH modellerine (GARCH, GJR-GARCH, FIGARCH, FIEGARCH) dayalı statik hedging stratejilerine yer verilmiştir. En uygun modelin belirlenmesinde ise minimum varyans yaklaşımı ile ortalama varyans yaklaşımına dayalı fayda fonksiyonundan yararlanılmıştır. Çalışma bulguları, BIST30 endeksi için DBEKK modeli tarafından sunulan optimal hedge rasyosunun; Dolar-TL kuru içinse GOGARCH-NLS modeli tarafından sunulan optimal hedge rasyosunun hedging etkinliğinin daha iyi olduğunu göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Optimal hedge rasyosu, Futures kontratlar, Çok değişkenli GARCH modelleri, Statik hedging

**JEL sınıflandırması:** C52;G11; G17;G32

#### Abstract

This study examines the optimal hedge ratios and hedging effectiveness of stock index (ISE30) and foreign currency (US Dollar-Turkish Lira) futures contracts for Turkey. To ensure a comprehensive analysis, it uses both models that provide dynamic hedging strategies, including the DBEKK, DCC-GARCH, CCC-GARCH, GOGARCH-NLS and GOGARCH-ML models, and models that provide static hedging strategies, including OLS, VAR, ECM and univariate short and long memory GARCH-type models (GARCH, GJR-GARCH, FIGARCH and FIEGARCH). Both the minimum variance hedge ratio approach and mean-variance utility function are applied to determine which model provides the best hedging effectiveness. The results clearly show that the hedge ratio calculated using the DBEKK model provides the best hedging effectiveness for the ISE30 index, whereas the hedge ratio calculated using the GOGARCH-NLS model presents the best hedging effectiveness for the US Dollar-Turkish Lira exchange rate.

**Key words:** Optimal hedge ratio, Futures contracts, Multivariate GARCH models, Static hedging strategies

**JEL Classification:** C52;G11; G17;G32

\* Doç. Dr., Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Erciş İşletme Fakültesi, Finans Bilim Dalı Öğretim Üyesi,  
e-posta:onderbuber@gmail.com

# 1.GİRİŞ

Spot piyasalarda taşınan pozisyonların sistematik riskinin yönetilmesinde türev piyasaların önemli bir rolü bulunmaktadır. Çünkü, türev piyasalar yatırımcılara risk yönetimi ve ileriye dönük fiyat keşfi gibi oldukça önemli iki temel işlev sunmaktadır (Silber, 1985). Türev piyasalar bu fonksiyonları temel bazda futures, forward, swap ve opsiyon olmak üzere dört adet araç ile sağlamaktadır. Türev piyasalarda bu araçlar kullanılarak arbitraj, spekülasyon ve hedging işlemleri yapılabilmektedir.

Bu çalışmanın konusunu futures kontratlar kullanılarak türev piyasalarda yapılan hedging işlemleri oluşturmaktadır. Hedging işlemi, yatırımcılar tarafından spot piyasada taşınan bir pozisyonun finansal riskinin futures piyasalarda ters yönde alınacak bir pozisyon ile yönetilmesini ifade etmektedir (Basher ve Sadorsky, 2016; Chang, González-Serrano ve Jimenez-Martin, 2013). Fakat, etkin bir hedging işleminin yapılabilmesi için optimal hedge rasyosunun belirlenmesi gerekmektedir. Optimal hedge rasyosu spot piyasada taşınan bir birim uzun (kısa) pozisyonun riskinin minimize edilebilmesi için futures piyasalarda kaç adet futures kontrat satılması (alınması) gerektiğini gösteren bir değerdir (Basher ve Sadorsky, 2016; Chang, McAleer ve Tansuchat, 2011).

Geleneksel hedging teorisi optimal hedge rasyosunun (ohr) bire eşit olması gerektiğini ifade etmektedir. Çünkü, geleneksel hedging teorisine göre yatırımcılar tarafından spot piyasada taşınan bir birimlik uzun pozisyonun sistematik riskinin minimize edilmesinde en etkin seçenek türev piyasalarda aynı büyüklükte fakat ters yönde bir pozisyon alınmasıdır (Choudry, 2003). Fakat, geleneksel hedging teorisi spot fiyattaki değişim ile futures fiyattaki değişimin birbiri ile tamamen aynı olduğu varsayımına dayanmaktadır. Spot fiyattaki değişim ile futures fiyattaki değişimin tamamen birbiri ile aynı olması ise özellikle baz riskine de bağlı olarak pratik hayatta pek karşılaşılan bir durum değildir (Kumar, Singh ve Pandey, 2008; Choudry, 2003).

Geleneksel hedging teorisinin bu eksikliği ohr değerlerinin hesaplanmasında farklı yaklaşımların ortaya çıkması sonucunu doğurmuştur. Bu yaklaşımların temel mantığını hedging işleminden faydalanan yatırımcıların amaç fonksiyonlarının belirlenmesi oluşturmaktadır. Bu amaç fonksiyonları belirlendikten sonra maksimize edilerek ohr değerleri hesaplanmaktadır (Chen vd., 2003). Literatürde, hedging işleminden faydalanan yatırımcılar için çeşitli amaç fonksiyonları belirlenmiştir. Fakat, bu alanda ilgi gören temel yaklaşım Johnson (1961) ve Ederington (1979) tarafından geliştirilen minimum varyans yaklaşımıdır. Bu yaklaşımda, amaç fonksiyonu “spot ve futures varlıklardan oluşan iki değişkenli portföyün varyansının minimize edilmesi” olarak tanımlanmaktadır (Lien ve Tse, 2002; Chen vd., 2003; Wang, Geng ve Meng, 2019). Bu amaç fonksiyonunun temel matematiksel yapısı Denklem (1)’de gösterilmiştir:

$$\sigma_{portföy}^2 = \sigma_{spot}^2 + \sigma_{futures}^2 * ohr^2 - 2 * cov(\Delta Spot, \Delta Futures) * ohr \quad (1)$$

Burada,  $\sigma_{portföy}^2$  minimize edilmesi amaçlanan portföy varyansını;  $\Delta Spot$  ile  $\Delta Futures$  sırasıyla spot ve futures getirileri;  $\sigma_{spot}^2$   $\Delta Spot$ ’un varyansını;  $\sigma_{futures}^2$   $\Delta Futures$ ’un varyansını;  $cov(\Delta Spot, \Delta Futures)$  ise  $\Delta Spot$  ile  $\Delta Futures$  arasındaki kovaryansı göstermektedir.

Bu amaç fonksiyonunun maksimize edilmesi ( Portföyün varyansının minimize edilmesi) durumunda ohr değeri Denklem 2’deki gibi hesaplanmaktadır<sup>1,2</sup>.

$$ohr = \frac{cov(\Delta spot, \Delta futures)}{\sigma_{\Delta futures}^2} \quad (2)$$

Önemi nedeniyle futures kontratlara bağlı olarak ohr değerlerinin hesaplanması literatürde oldukça ilgi gören bir konu haline gelmiştir. Örneğin, Wand, Geng and Meng (2019) üç adet statik yedi adet dinamik modelin hedging performansını ham petrol piyasası için inceledikleri çalışmalarında her durumda öne çıkan tek bir modelin bulunmadığını, model seçiminde kullanılan kritere göre sonuçların değişebildiğini fakat statik ve dinamik modellerin sunduğu optimal hedge rasyolarının eşit ağırlıklandırılması ile oluşturulan modelin en iyi performansı sergileyen model olduğunu ifade etmişlerdir. Ai, Chatrath ve Song (2007) literatürde yaygın bir kullanım alanı olan statik modelleri zayıf performans sergilemekle dinamik modelleri ise sürece sınırlı düzeyde katkı sağlamakla eleştirdikleri çalışmalarında optimal hedge rasyolarının belirlenmesinde kendi geliştirdikleri

<sup>1</sup> Bu değere Denklem (1)’de gösterilen amaç fonksiyonunun ohr’ye göre birinci türevinin alınıp sifıra eşitlenmesi ile ulaşılmaktadır.

<sup>2</sup> Bu aşamadan sonraki temel sorun ise  $cov(\Delta spot, \Delta futures)$  ile  $\sigma_{\Delta futures}^2$  değerlerinin en etkin şekilde nasıl tahmin edileceğidir. Bu konuya metodoloji bölümünde değinilecektir.

yarı-parametrik modelin kullanılmasını tavsiye etmişlerdir. Ayrıca, bazı tarımsal emtialar için bu modelin performansını statik ve dinamik modellerin performansı ile karşılaştırdıkları analizlerinde kendi geliştirdikleri modelin diğer modellerden daha iyi performans sergilediği sonucuna ulaşmışlardır. Choudhry (2003) hisse senedi endeksleri için bazı statik ve dinamik modellerin performansını spot fiyat ile futures fiyat arasındaki uzun dönemli ilişkiyi dikkate alarak incelediği çalışmasında dinamik modellerin statik modellerden daha iyi performans sergilediği sonucuna ulaşmıştır. Ghodousi ve Emamzadehfard (2017) optimal hedge rasyolarının etkinliğinin belirlenmesinde futures kontratların vadesi ile spot ve futures fiyatlar arasındaki uzun dönemli ilişkinin ve zamanla değişen volatilitenin etkilerini inceledikleri çalışmalarında analizlerde uzun vadeli futures kontratların kullanılmasının hedging işlemlerinin etkinliğini arttırdığını fakat spot ve futures fiyatlar arasındaki uzun dönemli ilişki ile zamanla değişen volatilitenin dikkate alınmasının ise hedging etkinliği üzerinde oldukça sınırlı etkilerinin olduğunu ifade etmişlerdir. Chang, McAleer ve Tansuchat (2011) Avrupa gösterge petrolü Brent ile Batı Teksas tipi ham petrol (WTI) için çok değişkenli GARCH modellerinin hedging performanslarını inceledikleri çalışmalarında DBEK modelinin en iyi performansı sergileyen model olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Lai (2019) hisse senedi piyasaları için bazı dinamik modellerin hedging performansını incelediği çalışmasında en uygun modelin GO-GARCH modeli olduğu sonucuna ulaşmıştır. Aragón ve Salvador (2011) İspanya hisse senedi piyasaları için volatilitedeki ani değişimlerin hedging etkinliği üzerindeki etkilerini inceledikleri çalışmalarında volatilitedeki ani değişimleri dikkate alan modellerin daha basit modellere göre daha iyi performans sergilediği sonucuna ulaşmışlardır. McMillan (2005) demir dışı metaller için futures kontratların hedging etkinliğini incelediği çalışmasında optimal hedge rasyolarının zamanla değişmesine izin veren modellerin hedging etkinliğini belirgin bir şekilde arttırdığı sonucuna ulaşmıştır. Kotkatvuori-Örnberg (2016) Euro, Sterlin, Avustralya Doları, Kanada Doları ve Japon Yeni için futures kontratların etkinliğini incelediği çalışmasında gerçekleşen varyansın (realized variance) dikkate alınmasının hedging etkinliğini arttırdığını belirtmiştir. Hatemi-J ve Roca (2006) Avustralya hisse senedi piyasalarını inceledikleri çalışmalarında zamanla değişen ohr değerlerinin hesaplanmasında Kalman Filtresi yaklaşımının kullanılmasının istatistiki olarak daha etkin ohr değerleri elde edilmesine katkı sağladığını belirtmişlerdir.

Konu ile ilgili olarak ulusal yazındaki çalışmalara bakıldığında ise Çavuşoğlu ve Gökten (2011) WTI üzerine yazılı futures kontratların etkinliğini statik ve dinamik modeller ile inceledikleri çalışmalarında modellerin benzer bir performans sergilediği sonucuna ulaşmışlardır. Aksoy ve Olgun (2009) BIST30 endeksi üzerine yazılı futures kontratların etkinliği statik modeller ile inceledikleri çalışmalarında standart GARCH modelinin en iyi performansı sergileyen model olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Çelik (2014) BIST30 endeksi üzerine yazılı futures kontratların etkinliğini statik ve dinamik modeller ile incelediği çalışmasında dinamik modellerin statik modellerden daha iyi performans sergilediği sonucuna ulaşmıştır. Gök (2016) BIST30 endeksi üzerine yazılı futures kontratların etkinliğini bazı statik ve dinamik modelleri dikkate alarak farklı veri frekansları ile incelediği çalışmasında her durumda öne çıkan tek bir model olmamakla birlikte BIST30 endeksi üzerine yazılı futures kontratların spot piyasa riskine karşı etkin bir korunma aracı olduğu sonucuna ulaşmıştır. Özyayın (2018) BIST30 endeksi üzerine yazılı futures kontratların etkinliğini statik yöntemler kullanarak incelediği çalışmasında en iyi performansı sergileyen modelin hata düzeltme modeli olduğu sonucuna ulaşmıştır. Uluslararası literatürde Türkiye üzerine yapılan çalışmalardan birinde de Olgun ve Yetkiner (2011) BIST30 endeksini inceledikleri çalışmalarında dinamik modellerin statik modellerden daha iyi performans sergilediği sonucuna ulaşmışlardır.

Bu çalışmalara rağmen ulusal yazında konu ile ilgili henüz sınırlı sayıda çalışma olduğu anlaşılmaktadır<sup>3</sup>. Bunun temel nedenlerinden birinin Türkiye’de türev piyasaların henüz yeterince gelişmemiş olması olduğu düşünülmektedir. Çünkü, Türkiye’de organize türev piyasaların uzun bir geçmişi bulunmamaktadır. Örneğin, spot piyasa risklerini yönetebilmek amacıyla Türkiye’de İzmir Vadeli İşlem ve Opsiyon Borsası (VOB) 2005 yılının Şubat ayında kurulmuştur. VOB, kurulduğu ilk yıllarda hızlı gelişim gösteren bir borsa olmasına rağmen 2013 yılının Ağustos ayında Borsa İstanbul bünyesine katılmıştır. Bu gelişme sonrasında türev piyasa işlemlerinin tamamı Borsa İstanbul Vadeli İşlem ve Opsiyon Borsası’nda (VİOB) yapılmaya başlanmıştır.

Bu çalışmanın amacı Türkiye’de türev piyasa işlemlerinin ilk işlevsel dönemi olarak tanımlanabilecek 2005-2013 dönemi için VOB’ta işlem görmüş BIST 30 endeksine ve Dolar-TL kuruna dayalı futures kontratların ohr değerlerinin ve hedging etkinliğinin sekiz adet statik beş adet dinamik model kullanılarak incelenmesidir<sup>4</sup>. Çalışmada, BIST30 endeksi ve Dolar-TL kuru üzerine odaklanılmasının bazı önemli nedenleri

<sup>3</sup> Örneğin, Çelik ve Özdemir (2014) literatür taramasına dayanan çalışmalarında ulusal yazından oldukça sınırlı çalışmaya yer verebilmişlerdir.

<sup>4</sup> Türkiye’de her ne kadar ilk organize Türev piyasa 1997 yılında kurulmuş olsa da bu piyasanın işlevselliği oldukça düşük düzeyde kalmış ve bu piyasa belli bir süre sonra kapatılmıştır. Dolayısıyla, pratikteki işleyiş ve işlevsellik açısından VOB’un ilk olduğu ifade edilebilir (Ersoy, 2011).

bulunmaktadır. Öncelikle, BIST30 endeksi Borsa İstanbul'da işlem gören piyasa değeri ve işlem hacmi en yüksek 30 şirketin hisselerinden oluşan bir endekstir ve ulusal yatırımcıların yanı sıra özellikle Türk hisse senedi piyasalarına yatırım yapan uluslararası yatırımcılar tarafından da en çok tercih edilen yatırım araçlarından biridir. Bu nedenle, hem ilgili şirketler hem de bu şirket hisselerinde pozisyon taşıyan ulusal ve uluslararası yatırımcılar açısından bu hisselerden kaynaklanabilecek sistematik riskin Türkiye'deki türev piyasalar aracılığı ile ne ölçüde yönetilebildiğinin incelenmesinin oldukça önemli olduğu düşünülmektedir. Dolar-TL kuruna gelince, makro açıdan cari açığın mikro açıdan ise açık pozisyonların ülke ekonomileri için önemli finansal risk göstergeleri arasında yer aldığı bilinmektedir. Türkiye ekonomisi özelinde de yapısal olarak cari açık sorununun bulunması ve bunun bir uzantısı olarak reel ve finansal sektör kuruluşlarının çoğu durumda bilanço içerisinde açık pozisyonlar ile çalışması döviz kurlarında yaşanan yukarı yönlü hareketlerin hem mikro hem de makro bazda önemli iktisadi ve finansal sorunlara yol açmasına sebep olabilmektedir. Bu nedenlerle, döviz kuru kaynaklı riskin hem bireysel yatırımcılar hem de reel ve finansal sektör kuruluşları açısından futures piyasalarda yapılacak işlemlerle etkin bir şekilde nasıl yönetilebileceğinin incelenmesinin olası döviz kuru şokları karşısında finansal sistemin etkinliğinin korunabilmesi açısından oldukça önemli olduğu düşünülmektedir.

Çalışmanın literatüre çeşitli açılardan katkı sağladığı düşünülmektedir. Öncelikle, daha önce ifade edildiği gibi, konunun önemine ve hisse senedi piyasaları ile döviz piyasalarının Türk finans piyasası içerisindeki önemine rağmen ulusal yazında bu konuda henüz yeterince geniş bir literatürün oluşmadığı anlaşılmaktadır. Ayrıca, ulusal yazındaki çalışmaların da oldukça baskın bir şekilde BIST30 endeksine odaklandığı görülmektedir. Bu çalışmada ise BIST30 endeksine ilaveten Dolar-TL kuru üzerine yazılı futures kontratların etkinliği de incelenmiştir. İkinci olarak, diğerlerinin yanı sıra Sing (2017) tarafından da ifade edildiği gibi bu alandaki literatürün yoğun bir şekilde gelişmiş ülke ekonomilerine odaklandığı görülmektedir. Bu çalışmada ise gelişen bir piyasa ekonomisi olan Türkiye'deki türev piyasalarda işlem gören futures kontratların hedging etkinliği incelenmiştir. Üçüncü olarak, bu çalışmada BIST30 ve Dolar-TL üzerine yazılı futures kontratların etkinliği Türkiye'nin ilk işlevsel organize türev piyasası olan VOB'ta işlem gördükleri dönem için incelenmiştir. Dolayısıyla, buradan elde edilen bulguların daha sonraki dönemlerden elde edilecek bulgularla karşılaştırılmasının Türk türev piyasalarının hedging etkinliğinin tarihsel gelişimi hakkında fikir verebileceği düşünülmektedir. Dördüncü olarak, bu çalışmada optimal hedge rasyolarının belirlenmesinde sekiz adet statik ve beş adet dinamik modelden yararlanılmış ayrıca hedging etkinliğinin belirlenmesinde iki farklı yaklaşım kullanılmıştır. Böylece, hem göreceli olarak kapsamlı bir analiz sunulmaya çalışılmış hem de farklı yaklaşımlara karşı dirençli (robust) sonuçlar elde edilmeye çalışılmıştır. Son olarak da uluslararası yazında oldukça ilgi görmelerine rağmen, yazar tarafından bilindiği kadarıyla, ulusal yazında henüz optimal hedge rasyolarının belirlenmesinde FIGARCH tipi modeller ile GO-GARCH modeline yer verilmemiştir. Bu nedenle bu çalışmada bu modellerden de yararlanılmıştır.

Çalışma dört bölümden oluşmaktadır. İkinci bölümde veri ve metodoloji yer almakta üçüncü bölümde bulgular sunulmakta son bölümde ise sonuç kısmı bulunmaktadır.

## 2. VERİ VE METODOLOJİ

### 2.1. Veri

Daha önce de ifade edildiği gibi bu çalışmada Türkiye'de organize türev piyasa işlemlerinin ilk işlevsel dönemi olarak tanımlanabilecek VOB'un faaliyette olduğu dönemde VOB'ta işlem gören BIST30 endeksi ve Dolar-TL kuru üzerine yazılı futures kontratların hedging etkinliği incelendiğinden çalışma Şubat 2005 ile Ağustos 2013 dönemini kapsamakta ve günlük verilerden oluşmaktadır. BIST30 endeksi ve Dolar-TL kuru için spot piyasa verileri TCMB elektronik veri dağıtım sisteminden, futures kontratların uzlaşma fiyatları ise Borsa İstanbul'dan temin edilmiştir<sup>5</sup>. Analizlerde kullanılacak futures fiyat serileri oluşturulurken diğerlerinin yanı sıra Kim ve Park (2016) ile Coakley, Dollery ve Kellard'nın (2008) çalışmalarında olduğu gibi öncelikle en yakın vadeli kontratın<sup>6</sup> uzlaşma fiyatlarından yararlanılmış ardından en yakın vadeli kontratın vade sonuna bir ay kala en yakın vadeye sahip ikinci kontratın uzlaşma fiyatları seriyeye dahil edilmiştir. Bu yaklaşım diğer en yakın vadeli kontratları da kapsayacak şekilde incelenen dönem boyunca tekrar edilmiştir.

<sup>5</sup> VOB'un Borsa İstanbul'a devri nedeniyle VOB'ta 2005-2013 döneminde gerçekleşen işlemlere ilişkin geçmiş veriler de Borsa İstanbul veri tabanında yer almaktadır. Ayrıntılı bilgi için bakınız: <http://vobarchive.borsaistanbul.com>.

<sup>6</sup> Analizlerin yapılmaya başlandığı tarih itibarıyla vadesinin dolmasına en kısa süre kalan kontrat en yakın vadeli kontrat olarak tanımlanmaktadır (Chang, McAleer ve Tansuchat, 2011).

Çalışmada, logaritmik spot ve futures getiriler Denklem (3) ve (4)'te gösterildiği gibi hesaplanmıştır:

$$\Delta Spot_t = [\ln(Spot_t) - \ln(Spot_{t-1})] \quad (3)$$

$$\Delta Futures_t = [\ln(Futures_t) - \ln(Futures_{t-1})] \quad (4)$$

Burada,  $Spot_t$  ilgili finansal varlığa ait spot fiyatın  $t$  günündeki kapanış değerini ;  $Futures_t$  futures kontratların  $t$  günündeki uzlaşma fiyatını;  $\Delta Spot_t$  and  $\Delta Futures_t$  ise spot ve futures fiyatların  $t$  zamanındaki logaritmik getirilerini göstermektedir.

## 2.2. Metodoloji

Bu çalışmada ohr değerleri hesaplanırken hem statik hem de dinamik yöntemlerden yararlanılmıştır. Böyle bir yaklaşım sergilenmesinin temel nedeni her iki yaklaşımın da bazı avantaj ve dezavantajlarının bulunmasıdır. Örneğin, statik yöntemlerin temel avantajı uygulanması basit yöntemler olmalarıdır. Fakat, bu yöntemlerin en temel eksikliği ohr'nin zamanla değişiyor olma özelliğini dikkate almamalarıdır. Bir diğer ifade ile bu tür yöntemler ohr'nin incelenen dönem boyunca sabit bir değer olduğu varsayımına dayanmaktadır. Halbuki, diğerlerinin aynı sıra Awang vd. (2014) tarafından da ifade edildiği gibi finansal piyasalara gelen bilgi akışına ve beklentilerdeki değişimlere bağlı olarak yatırımcı davranışları da değişebilmektedir. Değişen yatırımcı davranışları da ohr'nin de zamanla değişmesine yol açabilmektedir. Bu nedenle, bu çalışmada ohr değerlerinin zamanla değişmesine izin veren dinamik hedging yöntemlerine de yer verilmiştir. Bu yöntemler ohr değerinin zamanla değişmesine izin vermenin yanı sıra finansal zaman serilerinin (değişen varyans ve asimetric tepki gibi) diğer bazı karakteristik özelliklerini de dikkate alabilmektedir. Fakat, bu yöntemlerin de bazı dezavantajları bulunmaktadır. Örneğin, bu yöntemler göreceli olarak daha karmaşık yöntemlerdir ve bu yöntemlerde tahmin edilecek parametre sayısı oldukça fazla olabilmektedir.

Bu çalışmada statik yöntemler olarak birebir hedging (naive), OLS (Ordinary least squares), VAR (Vector autoregression), ECM (Error correction model), GARCH (Generalised autoregressive conditional heteroscedasticity), GJR-GARCH (Glosten-Jagannathan-Runkle-GARCH), FIGARCH (Fractionally integrated GARCH) ve FIEGARCH (Fractionally integrated exponential GARCH ) yöntemlerinden dinamik yöntemler olarak ise DBEKK-GARCH (Diagonal Baba-Engle-Kraft-Kroner-GARCH), DCC-GARCH (Dynamic conditional correlation-GARCH), CCC-GARCH (Constant conditional correlation-GARCH), GO-GARCH-ML (Generalized orthogonal-GARCH-Maximum likelihood) ve GO-GARCH-NLS (Generalized orthogonal-GARCH-Nonlinear least squares) yöntemlerinden yararlanılmıştır.

### 2.2.1. Statik Yöntemler

#### 2.2.1.1. Birebir Hedging Yöntemi

Bu yaklaşım spot fiyattaki değişim ile futures fiyattaki değişimin tamamen birbiri ile aynı olduğu varsayımına dayanmaktadır (Ji ve Fan, 2011). Bu nedenle bu yönteme göre spot piyasada taşınan bir pozisyonla aynı büyüklükte ama ters yönde bir pozisyonun futures piyasalarda taşınması gerekli hedging etkinliğinin sağlanabilmesi için yeterlidir. Dolayısıyla, bu yöntemde ohr değeri bire eşit ve dönem boyunca değişmeyen bir değerdir. Fakat, bu yöntemin en temel eksikliği spot fiyattaki değişim ile futures fiyattaki değişimin tamamen aynı olduğu varsayımına dayalı olarak ohr değerini belirlemesidir (Kumar, Singh ve Pandey, 2008; Choudry, 2003).

#### 2.2.1.2. OLS Yöntemi

OLS yöntemi Denklem (5)'te gösterilen regresyon denkleminde dayanmaktadır. Bu denklemin eğim katsayısı ( $\beta$ ) OLS yöntemine göre hesaplanan ohr değerini ifade etmektedir.

$$\Delta Spot_t = c + \beta \Delta Futures_t + \mu_t \quad (5)$$

Burada,  $c$  ve  $\mu_t$  sırasıyla sabit terim ve hata terimini göstermektedir.

#### 2.2.1.3. VAR Yöntemi

OLS yönteminin bazı dezavantajları bulunmaktadır. Örneğin, OLS yöntemi ohr değerlerini hesaplarken olası otokorelasyon ve değişen varyans sorunlarını dikkate almamaktadır. Bu nedenle, VAR yöntemi OLS yöntemine alternatif teşkil edebilmektedir. Çünkü, VAR yöntemi modele bağımlı ve bağımsız değişkenlerin gecikmeli değerlerini ekleyerek otokorelasyon sorununu giderebilmektedir. VAR modelinin genel yapısı Denklem (6) ve (7)'de gösterilmiştir.

$$\Delta Spot_t = c_s + \sum_{i=1}^T \beta_{si} \Delta Spot_{st-i} + \sum_{i=1}^T \delta_{si} \Delta Futures_{st-i} + \epsilon_{st} \quad (6)$$

$$\Delta Futures_t = c_f + \sum_{i=1}^T \beta_{fi} \Delta Spot_{ft-i} + \sum_{i=1}^T \delta_{fi} \Delta Futures_{ft-i} + \epsilon_{ft} \quad (7)$$

Burada,  $c_s$  ve  $c_f$  sabit terimleri;  $\beta_{si}$ ,  $\delta_{si}$ ,  $\beta_{fi}$  ve  $\delta_{fi}$  model parametrelerini;  $T$ , AIC (Akaike' information criteria) kriterine göre belirlenen optimal gecikme uzunluğunu;  $\epsilon_{st}$  ve  $\epsilon_{ft}$  ise i.i.d özelliğine sahip hata terimlerini göstermektedir.

VAR modeli tahmin edildikten sonra ohr değerleri VAR modelinden elde edilen hata terimlerine bağlı olarak Denklem (8)'de gösterildiği gibi hesaplanmaktadır.

$$ohr = \frac{cov(\epsilon_{st}, \epsilon_{ft})}{var(\epsilon_{ft})} \quad (8)$$

Burada,  $cov(\epsilon_{st}, \epsilon_{ft})$  hata terimleri arasındaki kovaryans değerini;  $var(\epsilon_{ft})$  ise  $\epsilon_{ft}$ 'nin varyansını göstermektedir.

VAR yönteminde ohr değerlerinin hata terimlerine bağlı olarak Denklem (8)'de gösterildiği gibi hesaplanması modelde kullanılan gecikme uzunluklarının otokorelasyon sorunundan arındırılmış hata terimlerinin elde edilmesini sağladığı varsayımına dayanmaktadır.

#### 2.2.1.4. ECM Yöntemi

VAR modelleri ohr değerlerini hesaplarken spot ve futures fiyatlar arasında uzun dönemli bir ilişki olmadığı varsayımına dayanmaktadır. Fakat, ilgili değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişki var ise analizlerde bu durumu dikkate alan ECM yönteminin kullanılması daha uygun bir yaklaşım olabilir. Çünkü, ECM yöntemi modele hata düzeltme terimini ekleyerek ohr değerlerinin hesaplanmasında uzun dönemli bilgiyi de dikkate almaktadır. Ayrıca, bu yöntem de bağımlı ve bağımsız değişkenlerin gecikmeli değerlerini modele ekleyerek otokorelasyon sorununa çözüm üretebilmektedir. ECM yöntemi Denklem (9)'da gösterilmiştir:

$$\Delta Spot_t = c_s + \lambda_s ect_{t-1} + \sum_{i=1}^T \beta_{si} \Delta Spot_{st-i} + \vartheta_{si} \Delta Futures_{st} + \sum_{i=1}^T \delta_{si} \Delta Futures_{st-i} + \mu_{st} \quad (9)$$

Burada,  $\vartheta_{si}$  ohr değerini;  $ect_{t-1}$  hata düzeltme terimini;  $\lambda_s$  hata düzeltme teriminin katsayısını;  $\beta_{si}$  ve  $\delta_{si}$  model parametrelerini;  $c_s$  sabit terimi;  $\mu_{st}$  ise hata terimlerini ifade etmektedir.

Fakat, ECM modeli kullanılmadan önce spot ve futures fiyatlar arasında uzun dönemli bir ilişki olup olmadığına incelenmesi gerekmektedir. Çalışmada, bu amaçla Denklem (10)'da gösterilen model kullanılmıştır:

$$Lnspot_{ti} = \alpha_0 + \beta_0 Ln futures_{i,t} + \epsilon_t \quad (10)$$

Burada,  $i$  modelde kullanılan değişkenleri (BIST 30 ve Dolar-TL);  $Lnspot$  ve  $Ln futures$  spot ve futures fiyatların logaritmik değerlerini;  $\alpha_0$  sabit terimi;  $\beta_0$  eğim parametresini;  $\epsilon_t$  ise hata terimini göstermektedir.

Çalışmada, Denklem (10)'daki model kapsamında değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişki olup olmadığı incelenirken Gregory ve Hansen (1996) koentegrasyon testinden yararlanılmıştır<sup>7</sup>. Gregory ve Hansen (1996) koentegrasyon testi tek bir yapısal kırılmaya izin vermekte ve dört farklı yapısal kırılma formunu dikkate alabilmektedir. Bunlar, modelin sabit teriminde kırılma (C), trend bileşeni içeren modelin sabit teriminde kırılma (C / T), modelin sabit terim ve eğim parametresinde kırılma (C / S) ve modelin sabit terim, eğim parametresi ile trend bileşeninde kırılma (C / S / T) formlarıdır. Bu çalışmada farklı yaklaşımlara karşı dirençli sonuçlar elde edebilmek için ilgili dört model formundan da yararlanılmıştır.

Gregory ve Hansen (1996) koentegrasyon testinde ilgili model formları kullanıldıktan sonra modellerden elde edilen hata terimlerine  $ADF$ ,  $Z_t^*$  ve  $Z_\alpha^*$  test istatistikleri uygulanarak değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişki olmadığını ifade eden  $H_0$  hipotezi sınanmaktadır.  $H_0$  hipotezinin reddedilmesi değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişki olduğu anlamına gelmektedir. Fakat, analizlerde yapısal kırılmalı koentegrasyon testlerinin kullanılabilmesi için öncelikle serilerde ve / veya modellerde yapısal kırılmaların tespit edilmesi gerekmektedir. Çalışmada, bu amaçla Bai ve Perron (1998, 2003) testi ile CUSUMSQ test istatistiğinden yararlanılmıştır. Bai ve Perron (1998, 2003) testi yapısal kırılmaların tespitinde  $UD_{max}$  ve  $WD_{max}$  test istatistiklerinden yararlanılmaktadır. Bu test istatistiklerinin  $H_0$  hipotezi "yapısal kırılma yoktur" şeklindedir.  $H_0$  hipotezinin reddedilmesi yapısal kırılmalar olduğu anlamına gelmektedir. Yapısal kırılmaların tespit edilmesi durumunda

<sup>7</sup> Çalışmada, ECM modeli ile daha uyumlu olması nedeniyle Denklem (10)'daki modele Engle-Granger (1987) koentegrasyon testi de uygulanmıştır. Bu test Denklem (10)'daki modelin en küçük kareler yöntemi ile tahmin edilmesinin ardından modelin hata terimlerinin durağanlığının incelenmesi esasına dayanmaktadır. Bu kapsamda elde edilen bulgulara da çalışmanın ilgili kısımlarında yer verilmiştir.

serilerin durağanlık özellikleri incelenirken bu durumu dikkate alan birim kök testlerinin kullanılması gerekmektedir. Çalışmada, bu amaçla Zivot ve Andrews (1992) yapısal kırılmalı birim kök testinden yararlanılmıştır.

### 2.2.1.5. GARCH Modelleri

Bu aşamaya kadarki modellerin değerlerinin hesaplanmasında bazı ekonometrik unsurları dikkate almakla birlikte genel olarak olası değişen varyans sorununu doğrudan dikkate alamayan modellerdir. GARCH modelleri ise olası değişen varyans sorununu dikkate alarak diğer değerlerini hesaplayabilen modellerdir.

#### 2.2.1.5.1. Standart GARCH Modeli

Bollerslev (1986) tarafından geliştirilen standart GARCH ( $p, q$ ) modeli ile diğer değerleri Denklem (11) ve (12)'de gösterildiği gibi hesaplanmaktadır.

$$\Delta Spot_t = c + \beta \Delta Futures_t + \mu_t, \mu_t = \sigma_t \epsilon_t, \epsilon_t \sim (0,1) \quad (11)$$

$$h_t = \omega_0 + \alpha_i \mu_{t-1}^2 + \beta_j h_{t-1} \quad (12)$$

Burada,  $\beta$  diğer değerini;  $\alpha_i$  ARCH parametresini;  $\beta_j$  GARCH parametresini;  $h_t$  zamanla değişen şartlı volatilité değerini;  $\omega_0$  sabit terimi;  $\mu_t$  hata terimini göstermektedir. Ayrıca, burada,  $\omega_0 > 0$ ,  $\alpha_i > 0$ ,  $\beta_j > 0$ ,  $\alpha_i + \beta_j < 1$  kısıtlarının sağlanması beklenmektedir.

#### 2.2.1.5.2. GJR-GARCH Modeli

Standart GARCH modelinin temel eksikliklerinden biri bu modelin finansal zaman serilerinde gözlemlenen olası asimetrik tepkiyi dikkate almamasıdır. Bu nedenle, Zakoian (1994) ile Glosten, Jagannathan ve Runkle (1993) asimetrik tepkiyi dikkate alan GJR-GARCH modelini geliştirmişlerdir. GJR-GARCH modeli Denklem (13) ve (14)'teki gibi ifade edilebilir:

$$\Delta Spot_t = c + \beta \Delta Futures_t + \mu_t, \mu_t = \sigma_t \epsilon_t, \epsilon_t \sim (0,1) \quad (13)$$

$$\sigma_t^2 = \omega_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i \cdot \mu_{t-i}^2 + \gamma \cdot \mu_{t-i}^2 \cdot d_{t-i} + \sum_{j=1}^q \beta_j \cdot \sigma_{t-j}^2 \quad (14)$$

Burada,  $\gamma$  asimetri parametresini göstermektedir.

#### 2.2.1.5.3. FIGARCH Modeli

Standart GARCH ve GJR-GARCH modelleri finansal zaman serilerinin volatilitésinin kısa hafıza özelliği sergilediği varsayımına dayanan modellerdir. Halbuki, ilgili literatürde finansal zaman serilerinin volatilitésinin uzun hafıza özelliği sergilediği yaygın bir şekilde ifade edilmektedir. Dolayısıyla, ilgili modellerin bu eksikliğini gidermek amacıyla Baillie vd. (1996) FIGARCH modelini geliştirmişlerdir. FIGARCH modelinde, standart GARCH modelindeki getiri denklemi (Denklem 11) aynı kalırken varyans denklemi uzun hafıza özelliğini dikkate alacak şekilde Denklem (15)'teki gibi ifade edilmektedir:

$$h_t = \omega_0 + \beta h_{t-1} + [1 - (1 - \beta L)^{-1} (1 - \phi L) (1 - L)^d] \epsilon_t^2 \quad (15)$$

Burada,  $L$  gecikme operatörünü;  $d$  uzun hafıza parametresini göstermektedir. Burada, ayrıca  $\omega_0 > 0$ ,  $\beta < 1$ ,  $\phi < 1$  kısıtları söz konusudur.

#### 2.2.1.5.4. FIEGARCH Modeli

FIGARCH modeli volatilitédeki asimetrik tepkiyi dikkate alamayan bir modeldir. Bollerslev ve Mikkelsen (1996) tarafından geliştirilen FIEGARCH modeli ise uzun hafıza özelliğine ilaveten volatilitédeki asimetrik tepkiyi de dikkate alabilen bir modeldir. Ayrıca, FIEGARCH modelinde volatilité logaritmik formda modellendiğinden volatilité değerlerinin pozitif olma koşulunun sağlanabilmesi için parametre kısıtına da ihtiyaç duyulmamaktadır. Diğer değerleri hesaplanırken FIGARCH modelinde olduğu gibi FIEGARCH modelinde de getiri denklemi standart GARCH modelindeki gibi tanımlanmakta varyans denklemi ise Denklem (16)'da gösterildiği gibi ifade edilmektedir:

$$\ln(h_t) = \omega_0 + \phi(L)^{-1} (1 - L)^{-d} [1 + \psi(L)] g(z_{t-1}) \quad (16)$$

FIEGARCH modeli Nelson (1991) tarafından geliştirilen EGARCH modelinin uzun hafıza özelliğini dikkate alacak şekilde genişletilmiş formu olduğundan  $d = 0$  olması durumunda FIEGARCH modeli EGARCH modeline dönüşmektedir.

## 2.2.2. Statik Yöntemler için Hedging Etkinliğinin Belirlenmesi

Çalışmada kullanılan yöntemlerden her biri farklı ohr değerleri sunmaktadır. İlgili modeller arasında bir tercih yapılabilmesi için bu ohr değerlerinden hangisinin en iyi hedging etkinliğini sağladığının belirlenmesi gerekmektedir. Literatürde, bu amaçla iki temel yöntem kullanılmaktadır. Bunlar, ortalama-varyansa dayalı beklenen fayda fonksiyonu (mean-variance utility function, MVUF) ile minimum varyansa dayalı hedge rasyosu yaklaşımı'dır (minimum variance hedge ratio approach, MVHR). Bu iki yaklaşım arasındaki temel fark şudur: MVHR yaklaşımı hedging işlemi sonrasında portföyün volatilitésinin spot varlığın volatilitésine göre hangi oranda azaldığına odaklanırken MVUF yaklaşımı ilgili hedging işleminin yatırımcıya sağladığı ekonomik faydaya odaklanmaktadır. Ayrıca, MVUF yaklaşımı işlem maliyetlerini de dikkate alabilmektedir (Zhou, 2016).

### 2.2.2.1. MVHR Yöntemi ile Model Seçimi

MVHR yaklaşımı hedge edilmiş portföyün varyansı ile hedge edilmemiş portföyün<sup>8</sup> varyansının karşılaştırılmasına dayanan bir yöntemdir. MVHR değeri Denklem (17)'de gösterildiği gibi hesaplanmaktadır:

$$MVHR = \frac{\text{varyans}(Up) - \text{varyans}(Hp)}{\text{varyans}(Up)} \quad (17)$$

Burada,  $\text{varyans}(Up)$  hedge edilmemiş portföyün varyansını;  $\text{varyans}(Hp)$  ise hedge edilmiş portföyün varyansını göstermekte ve ilgili değerler Denklem (18) ve (19)'da gösterildiği gibi hesaplanmaktadır:

$$\text{varyans}(Up) = \sigma_{spot}^2 \quad (18)$$

$$\text{varyans}(Hp) = \sigma_{spot}^2 + \sigma_{futures}^2 * ohr^2 - 2 * cov(\Delta S, \Delta F) * ohr \quad (19)$$

Burada,  $\sigma_{spot}^2$   $\Delta Spot$ 'un varyansını;  $\sigma_{futures}^2$   $\Delta Futures$ 'un varyansını;  $cov(\Delta Spot, \Delta Futures)$  ise  $\Delta Spot$  ile  $\Delta Futures$  arasındaki kovaryansı göstermektedir.

Analizler sonucunda ilgili yöntemlere ait ohr değerlerinden hangisinin sunduğu MVHR değeri daha yüksek ise o yöntemin daha iyi bir hedging etkinliği sunduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

### 2.2.2.2. MVUF Yöntemi ile Model Seçimi

MVUF yönteminin temel mantığı ilgili yöntemlerce hesaplanan ohr değerleri dikkate alınarak her bir yatırımcı için Denklem (20)'de gösterilen fayda fonksiyonunun maksimize edilmesine dayanmaktadır.

$$MVUF = EU(\text{getiri } Hp) = E(\text{getiri } Hp) - k \text{ varyans}(Hp) \quad (20)$$

Burada,  $EU(\text{getiri } Hp_{t+1})$  hedge edilmiş portföyün getirisinden beklenen faydayı;  $E(\text{getiri } Hp)$  hedge edilmiş portföyün getirisini;  $k$  ise yatırımcının riskten kaçınma derecesini göstermektedir. Diğerlerinin yanı sıra Wang ve Wu (2012) ile Kroner ve Sultan'ın (1993) çalışmalarında olduğu gibi bu çalışmada da  $k = 4$  olarak belirlenmiştir.

Çalışmada, hedge edilmiş ve edilmemiş portföylerin getirileri ise Denklem (21) ve (22)'de gösterildiği gibi hesaplanmaktadır:

$$\text{getiri } Up_t = [\ln(Spot_t) - \ln(Spot_{t-1})] \quad (21)$$

$$\text{getiri } Hp_t = [\ln(Spot_t) - \ln(Spot_{t-1})] - ohr * [\ln(Futures_t) - \ln(Futures_{t-1})] \quad (22)$$

Burada,  $\text{getiri } Up_t$  hedge edilmemiş;  $\text{getiri } Hp_t$  ise hedge edilmiş portföyün getirisini göstermektedir.

<sup>8</sup> Burada, hedge edilmemiş portföyden kastedilen spot piyasada taşınan ilgili tek finansal varlıktan oluşan portföydür. Bir diğer ifade ile sadece BIST30 endeksinden veya sadece Dolar-TL kurundan oluşan portföy hedge edilmemiş portföy olarak tanımlanmaktadır.



### 2.2.3. Dinamik Yöntemler

Daha önce ifade edildiği gibi dinamik yöntemlerin hedging işlemlerinde iki temel avantajı bulunmaktadır. Bunlardan birincisi bu yöntemlerin finansal zaman serilerinin bazı karakteristik özelliklerini dikkate alabilmeleri ikincisi ise zamanla değişen ohr değerlerini hesaplayabilmeleridir. Çalışmada incelenen tüm dinamik yöntemler çok değişkenli GARCH modellerinden oluşmakta ve tüm bu modeller için zamanla değişen ohr değerleri Denklem (23)'teki gibi hesaplanmaktadır.

$$ohr_t = \frac{cov(\Delta spot_t, \Delta futures_t)}{\sigma_{\Delta futures_t}^2} \quad (23)$$

Burada,  $ohr_t$  zamanla değişen ohr değerini;  $cov(\Delta spot_t, \Delta futures_t)$  spot ve futures getiriler arasındaki zamanla değişen kovaryansı;  $\sigma_{\Delta futures_t}^2$  futures getirilerin zamanla değişen varyansını göstermektedir.

Bu kategorideki modeller arasındaki temel fark ise bu modellerin kendi karakteristik özelliklerine bağlı olarak birbirinden farklı zamanla değişen şartlı kovaryans ve varyans değerleri üretmeleridir<sup>9</sup>. Bu da her bir modelin sunduğu ohr değerinin farklı olması sonucunu doğurmaktadır.

#### 2.2.3.1. DBEKK Modeli

Engle ve Kroner (1995) tarafından geliştirilen BEKK modeli Denklem (24)'te gösterilmiştir.

$$\begin{aligned} r_{i,t} &= \bar{\omega}_t + \xi_1 r_{i,t-1} + \varphi_{it}; \varphi_{it} \mid v_{t-1} \sim N(0, h_t) \\ H_t &= CC' + A' \varphi_{t-1} \varphi_{t-1}' A + B' H_{t-1} B \end{aligned} \quad (24)$$

Burada,  $r_{i,t}$  her bir finansal varlık için getiri denklemini  $H_t$  ise varyans denklemini göstermektedir. Ayrıca, A ve B NxN boyutlu parametre matrisleri iken C NxN boyutlu alt üçgensel bir matristir.

Bu modelin en önemli avantajlarından biri kovaryans matrisinin pozitiflik koşulunu sağlayabiliyor olmasıdır. Fakat, BEKK modelinde tahmin edilecek parametre sayısı oldukça arttığından modelin tahmini zorlaşmaktadır. A ve B matrislerinin diyagonal (köşegen) matris olduğunu varsayan diyagonal BEKK-GARCH (DBEKK) modelinde ise tahmin edilecek parametre sayısı azalmakta ve modelin tahmini kolaylaşmaktadır. Bu nedenle çalışmada DBEKK modeli kullanılmıştır. DBEKK modelinin genel yapısı Denklem (25)'te gösterilmiştir:

$$\begin{aligned} r_{i,t} &= \bar{\omega}_t + \xi_1 r_{i,t-1} + \varphi_{it}; \varphi_{it} \mid v_{t-1} \sim N(0, h_t) \\ h_{iit} &= c_{ii} + a_{ii}^2 \varphi_{it-1}^2 + b_{ii}^2 h_{iit-1} \\ h_{ijt} &= c_{ij} + \alpha_{ii} \alpha_{jj} \varphi_{it-1} \varphi_{jt-1} + b_{ii} b_{jj} h_{ijt-1} \end{aligned} \quad (25)$$

Burada,  $h_{iit}$  şartlı varyansı,  $h_{ijt}$  şartlı kovaryansı,  $(\varphi_{it-1} \varphi_{it-1})$  ARCH etkisini,  $h_{iit-1}$  ise GARCH etkisini göstermektedir.

#### 2.2.3.2. CCC-GARCH Modeli

Bollorsov (1990) tarafından geliştirilen CCC-GARCH modeli Denklem (26)'daki gibi ifade edilebilir: (Stata technical notes, <https://www.stata.com/manuals13/tsmgarchccc.pdf>)

$$\begin{aligned} r_t &= \omega x_t + \psi_t \\ \psi_t &= H_t^{1/2} \zeta_t \\ H_t &= D_t^{1/2} R D_t^{1/2} \end{aligned} \quad (26)$$

Burada,

$r_t$ ,  $m * 1$  boyutlu bağımlı değişken vektörünü;  $\omega$ ,  $m * k$  boyutlu parametre matrisini;  $x_t$ ,  $k * 1$  boyutlu bağımsız değişkenler vektörünü;  $\psi_t$ ,  $m * 1$  boyutlu standardize edilmiş hata terimi vektörünü;

<sup>9</sup> İlgili modeller tarafından üretilen ve analizlerde kullanılan zamanla değişen varyans, kovaryans ve korelasyon değerleri EK I, II, III, IV ve V'te gösterilmiştir.

$\zeta_t$ ,  $m * 1$  boyutlu i.i.d özelliklerine sahip hata terimlerini;  $H_t$ ,  $m * m$  boyutlu zamanla değişen şartlı kovaryans matrisini;  $H_t^{1/2}$ ,  $H_t$ 'nin Cholesky faktörünü;  $D_t$ ,  $m * m$  boyutlu zamanla değişen şartlı varyansın diyagonal matrisini;  $R_t$ ,  $m * m$  boyutlu ve " $D_t^{-1/2}\psi_t$ " değerine eşit olan standardize edilmiş hata terimlerinin zamanla değişmeyen korelasyon matrisini göstermektedir.

Burada,  $D_t'$  yi oluşturan zamanla değişen şartlı varyans değerleri Denklem (27) ve (28)'de gösterilen AR(1)-GARCH(1,1) modelinden elde edilmektedir.

$$r_t = c + r_{t-1} + \xi_t, \xi_t = N(0, \sigma_t^2) \quad (27)$$

$$\sigma_t^2 = \omega + \alpha_i \xi_{t-1}^2 + \beta_j \sigma_{t-1}^2 \quad (28)$$

Burada, Denklem (27) getiri denklemini Denklem (28) ise varyans denklemini göstermekte olup  $\omega > 0$ ,  $\alpha_i \geq 0$ ,  $\beta_j \geq 0$  ve  $\alpha_i + \beta_j < 1$  olması beklenmektedir.

### 2.2.3.3. DCC-GARCH Modeli

Engle (2002) tarafından geliştirilen DCC-GARCH modeli Denklem (29)'daki gibi ifade edilebilir: (Stata technical notes, <https://www.stata.com/manuals13/tsmgarchccc.pdf>)

$$r_t = \omega x_t + \psi_t$$

$$\psi_t = H_t^{1/2} \zeta_t$$

$$H_t = D_t^{1/2} R_t D_t^{1/2}$$

$$R_t = \text{diag}\{Q_t\}^{-1/2} Q_t \text{diag}\{Q_t\}^{-1/2}$$

$$Q_t = (1 - \alpha - \beta) \bar{Q} + \alpha \epsilon_{t-1} \epsilon_{t-1}^T + \beta Q_{t-1} \quad (29)$$

Burada,  $r_t$ ,  $m * 1$  boyutlu bağımlı değişken vektörünü;  $\omega$ ,  $m * k$  boyutlu parametre matrisini;  $x_t$ ,  $k * 1$  boyutlu bağımsız değişkenler vektörünü;  $\psi_t$ ,  $m * 1$  boyutlu standardize edilmiş hata terimi vektörünü;  $\zeta_t$ ,  $m * 1$  boyutlu i.i.d özelliklerine sahip hata terimlerini;  $H_t$ ,  $m * m$  boyutlu şartlı varyans matrisini;  $D_t$ ,  $m * m$  boyutlu zamanla değişen şartlı varyansın diagonal matrisini;  $R_t$ ,  $m * m$  boyutlu zamanla değişen korelasyon matrisini;  $Q_t$ , şartlı dinamik korelasyon yapısını;  $\epsilon_t$ , " $D_t^{-1/2}\psi_t$ " değerine eşit olan  $m * 1$  boyutlu standardize edilmiş hata terimleri vektörünü;  $\bar{Q}$ , şartsız (unconditional) korelasyon matrisini göstermektedir.

DCC-GARCH modeli tahmin edilirken öncelikle Denklem (27) ve (28)'de gösterilen AR(1)-GARCH (1,1) modeli tahmin edilmekte ardından buradan elde edilen standardize edilmiş hata terimleri kullanılarak DCC modelinin parametreleri elde edilmektedir.

### 2.2.3.4. GO-GARCH Modeli

van der Weide (2002) tarafından geliştirilen GO-GARCH modelinde şartlı kovaryans matrisi  $V_t$  Denklem (30)'daki gibi ifade edilmektedir (van der Weide, 2002; Mohammed, 2018):

$$V_t = Z H_{f,t} Z' \quad (30)$$

Burada,  $Z$  doğrusal tersinir haritalama matrisini (linear non-singular mapping matrix),  $H_{f,t}$  ise  $N \times N$  boyutlu diyagonal koşullu varyans matrisini göstermekte ve sırasıyla Denklem (31) ve (32)'deki gibi ifade edilmektedirler:

$$Z = P \Lambda^{1/2} U \quad (31)$$

$$H_{f,t} = \text{diag}(h_{1t}, h_{2t}, h_{3t}, h_{4t}, \dots, \dots, h_{nt}) \quad (32)$$

Burada,  $P$  şartsız kovaryans matrisinin orthonormal özvektörlerinin matrisini;  $\Lambda$  şartsız kovaryans matrisinin ortogonal özdeğerlerinin matrisini;  $U$  şartsız kovaryans matrisinin özvektörlerinin ortogonal matrisini göstermektedir.

Burada,  $h_{1t}$ 'nin Denklem (33)'te gösterildiği gibi GARCH (1,1) süreci izlediği varsayılmaktadır:

$$h_{it} = \omega_i + \alpha_i f_{i,t-1}^2 + \beta_i h_{i,t-1} \quad (33)$$

Burada, ayrıca,  $\varpi_i = 1 - \alpha_i - \beta_i$ ;  $\alpha_i \geq 0$ ,  $\beta_i \geq 0$  ve  $\alpha_i + \beta_i < 1$  olması beklenmektedir.

GO-GARCH modelinin tahmininde çeşitli yöntemler kullanılabilirle birlikte bu çalışmada van der Weide (2002) tarafından geliştirilen iki aşamalı ML (Maximum likelihood) yöntemi ile Boswijk ve van der Weide (2006) tarafından geliştirilen üç aşamalı NLS (Non-linear least squares) yöntemlerinden yararlanılmıştır.

## 2.2.4. Dinamik Modellerin Hedging Etkinliğinin Ölçülmesi

Dinamik modellerin hedging etkinliğinin ölçülmesinde de MVHR ve MVUF yaklaşımlarından yararlanılmaktadır. Fakat, statik modellerden farklı olarak bu sefer ilgili parametrelerin statik değil zamanla değişen değerleri esas alınmaktadır. Bu kapsamda dinamik modeller için MVHR ve MVUF yaklaşımlarının hesaplanma biçimi Denklem (34), (35), (36), (37), (38) ve (39)'da gösterilmiştir:

$$MVHR = \frac{\text{varyans}(Up_t) - \text{varyans}(Hp_t)}{\text{varyans}(Up_t)} \quad (34)$$

$$MVUF = E_t U(\text{getiri } Hp_{t+1}) = E_t(\text{getiri } Hp_{t+1}) - \delta_t \text{varyans}(\text{getiri } Hp_{t+1}) \quad (35)$$

$$\text{getiri } Up_t = [\ln(\text{Spot}_t) - \ln(\text{Spot}_{t-1})] \quad (36)$$

$$\text{getiri } Hp_t = [\ln(\text{Spot}_t) - \ln(\text{Spot}_{t-1})] - ohr_t * [\ln(\text{Futures}_t) - \ln(\text{Futures}_{t-1})] \quad (37)$$

$$\text{varyans}(Up_t) = \sigma_{t,spot}^2 \quad (38)$$

$$\text{varyans}(Hp_t) = \sigma_{t,spot}^2 + \sigma_{t,futures}^2 * ohr_t^2 - 2 * cov(\Delta\text{Spot}_t, \Delta\text{Futures}_t) * ohr_t \quad (39)$$

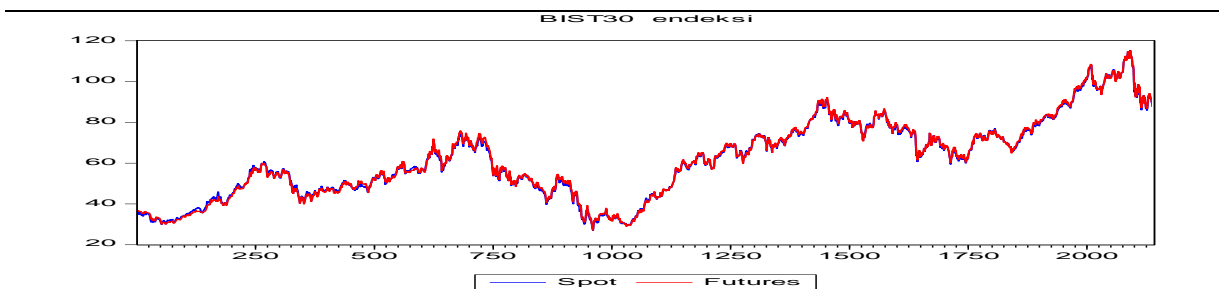
Bu denklemlerden görüldüğü gibi dinamik yöntemlerde statik yöntemlerde kullanılan şartsız varyans / kovaryans değerleri yerine çok değişkenli GARCH modelleri tarafından hesaplanan şartlı varyans / kovaryans değerleri kullanılmaktadır. Ayrıca, tüm parametreler “t” simgesini içermektedir. Bu da dinamik analizlerdeki parametrelerin şartlı olarak t zamanında ulaşılabilen bilgi setine bağlı olarak hesaplandığı anlamına gelmektedir (Kroner ve Sultan, 1993).

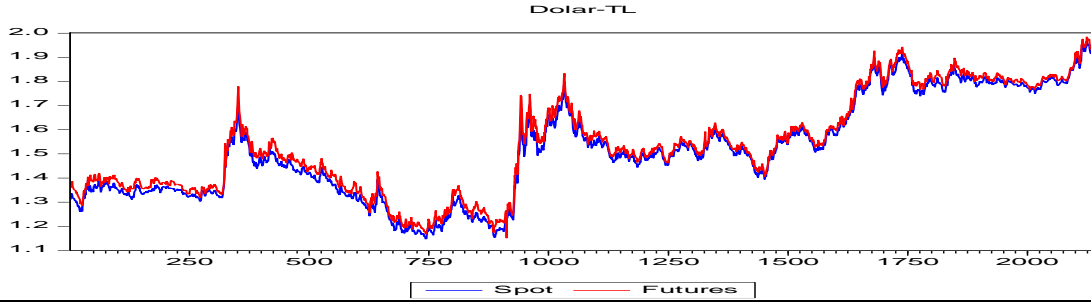
## 3. BULGULAR

### 3.1. Statik Modellerden Elde Edilen Sonuçlar

BIST 30 endeksi ve Dolar-TL kuru için spot ve futures fiyat serileri Şekil 1’de sunulmuştur. Şekil 1 incelendiğinde her iki değişken için de spot ve futures fiyatların birlikte hareket ettiği ve yukarı yönlü belirgin bir trend izledikleri gözlemlenmektedir. İlgili değişkenlerin logaritmik formlarına ait betimleyici istatistikler, birim kök ve değişen varyans testlerinin sonuçları Tablo 1’de sunulmuştur. Bulgular, hem spot hem de futures getirilerin incelenen dönem için pozitif ortalama getiri sunduğuna, BIST30 endeksinin hem spot hem de futures kontrat getirilerinin standart sapmasının Dolar-TL kuruna göre daha yüksek olduğuna, tüm değişkenlerin değişen varyans sorunu içerdiğine ve getiri serilerinin dağılımının standart normal dağılıma uymadığına işaret etmektedir. Serilerin logaritmik düzey değerlerine uygulanan ADF (Augmented Dickey-Fuller, ADF) ve PP (Philips-Perron, PP) birim kök testleri de serilerin düzey değerlerinde durağan olmadıklarını fakat serilerin birinci farkları alındığında durağan hale geldiklerini göstermektedir.

Şekil 1 : BIST30 ve Dolar-TL Kuru için Spot ve Futures Kontrat Fiyatları





**Tablo 1 : Betimleyici İstatistikler, Birim Kök ve Değişen Varyans Testi Sonuçları**

	Dolar-TL (Logaritmik)		BIST 30 (Logaritmik)	
	Spot	Futures	Spot	Futures
Panel A: Betimleyici istatistikler				
Ortalama	0.018157	0.016819	0.043005	0.041586
Standart sapma	0.826965	0.929901	1.937687	1.925723
Çarpıklık	0.855777	0.614531	-0.173299	-0.167508
Basıklık	12.16287	18.11350	6.089876	6.169664
Jarque-Bera	7747.485*[0.000]	20501.97*[0.000]	905.84*[0.000]	862.02*[0.000]
Panel B : Değişen varyans testi				
Q <sup>2</sup> (12)	1128.7*[0.000]	589.64*[0.000]	498.89*[0.000]	525.68*[0.000]
Panel C : Birim kök testleri				
Düzye				
ADF	-2.5970[0.2818]	-2.8472[0.1804]	-2.17205[0.5045]	-2.3399[0.4114]
PP	-2.2360[0.4686]	-2.5013[0.3275]	-2.23099[0.4714]	-2.2705[0.4494]
Birinci fark				
ADF	-10.0767*[0.000]	-9.65224*[0.000]	-44.9491*[0.000]	-14.507*[0.000]
PP	-43.9014*[0.000]	-47.802*[0.000]	-44.9401*[0.000]	-44.6734*[0.000]

\*, %5 anlamlılık düzeyini göstermektedir.  $Q^2(12)$  getiri serilerinin karelerine uygulanan Ljung-Box  $Q$  istatistikleridir. Köşeli parantez içerisindeki değerler olasılık değerleridir. Birim kök testleri trendli model spesifikasyonu dikkate alınarak uygulanmıştır.

OLS modeline ait sonuçlar Tablo 2’de sunulmuştur. Sonuçlar incelendiğinde, Dolar-TL için ohr değerinin yaklaşık 0.7505; BIST30 endeksi içinse 0.9286 olduğu fakat her iki değişken için de OLS modelinden elde edilen hata terimlerinin, beklenildiği gibi, otokorelasyon sorunu içerdiği anlaşılmaktadır (Tablo 3). Bu nedenle VAR model sonuçlarına bakıldığında hem otokorelasyon sorunun giderildiği (Tablo 4) hem de BIST30 endeksi ve Dolar-TL kuru için ohr değerlerinin sırasıyla yaklaşık 0.797 ve 0.944 çıktığı anlaşılmaktadır (Tablo 5). Fakat, spot ve futures fiyat serileri arasında uzun dönemli bir ilişki var ise ECM model sonuçlarının dikkate alınması ekonometrik açıdan daha doğru bir yaklaşım olabilir. Bu amaçla, öncelikle serilere uygulanan Bai ve Perron (1998, 2003) testi sonuçları (Tablo 6) ile CUSUMSQ test istatistiklerinin sonuçları (Şekil 2) incelendiğinde her durumda serilerin hem sabit terim hem de trend bileşenlerinde yapısal kırılmalar olduğu anlaşılmaktadır. Serilerin yapısal kırılmalar altındaki durağanlık özelliklerini belirlemek amacıyla uygulanan Zivot ve Andrews (1992) birim kök testi sonuçları (Tablo 7) serilerin düzey değerlerinde durağan olmadığını fakat serilerin birinci farkları alındığında durağan hale geldiklerini göstermektedir. Bu bulgu da çalışma kapsamındaki serilerin tamamının Gregory ve Hansen (1996) koentegrasyon testinde kullanılabilmesi anlamına gelmektedir. Gregory ve Hansen (1996) koentegrasyon testi sonuçları Tablo 8’de sunulmuştur. Sonuçlar incelendiğinde her dört model formuna göre de değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişki olduğu anlaşılmaktadır. Bu da analizlerde ECM modelinin kullanılabilmesi anlamına gelmektedir<sup>10</sup>. Bu nedenle, ECM

<sup>10</sup> Aslında, literatürde ECM model yapısı kullanılmadan önce koentegrasyon analizinde daha çok Engle-Granger (1987) koentegrasyon testinden yararlanılmaktadır. Bu nedenle bu çalışmada Engle-Granger (1987) koentegrasyon testi de uygulanmış ve bulgular spot ve futures fiyatlar arasında uzun dönemli ilişki olduğunu göstermiştir. Yazardan talep edilmesi halinde bu sonuçlara da ulaşılabilir.

model sonuçlarına bakıldığında Dolar-TL için ohr değerinin yaklaşık 0.80; BIST30 endeksi içinse 0.9478 olduğu (Tablo 9) ve otokorelasyon sorununun da giderildiği anlaşılmaktadır (Tablo 10).

**Tablo 2 : OLS Sonuçları**

Değişken	Sabit terim	Ohr (eğim parametresi)
Dolar-TL	0.00554[0.5641]	0.750467*[0.000]
BIST 30	0.004387[0.7857]	0.928647*[0.000]

\*, %5 anlamlılık düzeyini göstermektedir. Köşeli parantez içerisindeki değerler olasılık değerleridir.

**Tablo 3: OLS Modelinin Hata Terimlerine Uygulanan Otokorelasyon Testi Sonuçları**

Değişken	Q (2)	Q (8)	Q (12)
Dolar-TL	275.35*[0.000]	302.14*[0.000]	320.33*[0.000]
BIST 30	2314.3* [0.000]	6021.9*[0.000]	6951.3*[0.000]

\*, %5 anlamlılık düzeyini göstermektedir. Köşeli parantez içerisindeki değerler olasılık değerleridir. Q (k) hata terimlerine uygulanan Ljung–Box Q istatistikleridir.

**Tablo 4: VAR Model Kalıntılarına Uygulanan Otokorelasyon Testi Sonuçları**

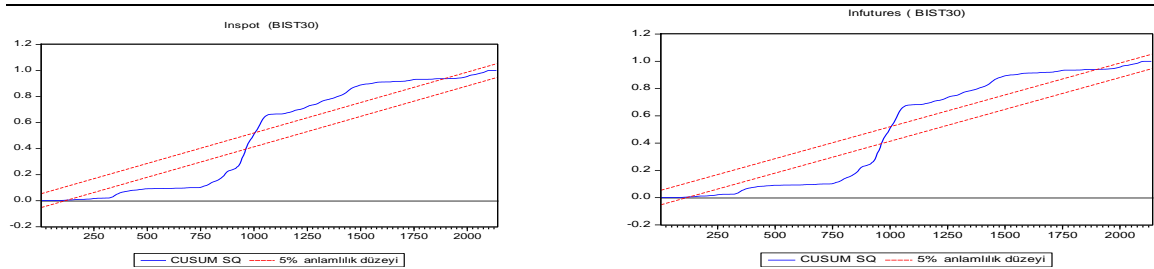
Değişken	Q (2)	Q (8)	Q (12)
BIST30			
Hata terimleri (spot)	0.0019 [0.999]	0.0264 [1.000]	0.0891 [1.000]
Hata terimleri (futures)	0.0007 [1.000]	0.0485 [1.000]	0.1123 [1.000]
Dolar-TL			
Hata terimleri (spot)	0.0094[0.995]	0.9168 [0.999]	1.8626[1.000]
Hata terimleri (futures)	0.0013 [0.999]	0.4575 [1.000]	2.0995[0.999]

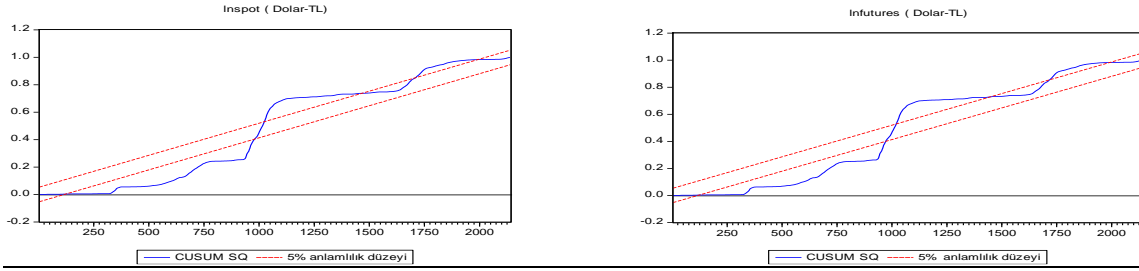
\*, %5 anlamlılık düzeyini göstermektedir. Köşeli parantez içerisindeki değerler olasılık değerleridir. Q (k) hata terimlerine uygulanan Ljung–Box Q istatistikleridir. VAR analizinde maksimum gecikme uzunluğu Schwert (1989) yaklaşımı ile optimal gecikme uzunluğu ise AIC kriteri ile belirlenmiştir.

**Tablo 5 : VAR Modeli Tahmin Sonuçları**

Değişkenler	$cov(\epsilon_{st}, \epsilon_{ft})$	$var(\epsilon_{ft})$	Ohr
BIST30	0.00034	0.00036	0.9444444
Dolar-TL	0.0000607	0.0000761	0.7976347

**Şekil 2: CUSUM SQ Test İstatistiği Sonuçları**





**Tablo 6: Bai ve Perron (1998, 2003) Testi Sonuçları**

	UDmax	WDmax
BIST30		
Spot	75.04592*	147.1413*
Futures	72.45940*	142.0700*
Dolar-TL		
Spot	96.40145*	189.0128*
Futures	95.25748*	186.7698*

\*, %5 anlamlılık düzeyini göstermektedir. UDmax ve WDmax test istatistiklerinin %5 anlamlılık düzeyindeki kritik tablo değerleri sırasıyla 11.70 ve 12.81'dir.

**Tablo 7 : Zivot ve Andrews (1992) Birim Kök Testi Sonuçları**

Değişkenler	Minimum t istatistiği (Düzy)		Minimum t istatistiği (Birinci fark)	
BIST30				
Spot	-3.485		-44.909*	
Futures	-3.532		-45.175*	
Dolar-TL				
Spot	-4.034		-44.042*	
Futures	-4.458		-47.980*	
Kritik tablo değerleri	%5	%10	%5	%10
	-5.08	-4.82	-5.08	-4.82

\*, %5 anlamlılık düzeyini göstermektedir. Verilen değerler test istatistikleridir. Maksimum gecikme uzunluğu Schwert (1989) yaklaşımı ile belirlenmiştir. Triminaj 0.15 alınmıştır.

**Tablo 8 : Gregory ve Hansen (1996) Koentegrasyon Testi Sonuçları**

	ADF		Zt		Za	
Model : C / S						
BIST30	-8.23*		-11.41*		-315.48*	
Dolar-TL	-11.05*		-17.63*		-590.20*	
Kritik tablo değerleri	%5	%10	%5	%10	%5	%10
	-4.95	-4.68	-4.95	-4.68	-47.04	-41.85
Model: C / S / T						
BIST30	-8.72*		-12.00*		-337.69*	
Dolar-TL	-11.84*		-18.99*		-654.85*	
Kritik tablo değerleri	%5	%10	%5	%10	%5	%10
	-5.50	-5.24	-5.50	-5.24	-58.58	-53.31
Model : C / T						
BIST30	-8.31*		-11.56*		-321.73*	
Dolar-TL	-11.04*		-17.65*		-591.63*	
Kritik tablo değerleri	%5	%10	%5	%10	%5	%10
	-4.99	-4.72	-4.99	-4.72	-47.96	-43.22
Model: C						
BIST30	-8.24*		-11.41*		-315.35*	
Dolar-TL	-11.04*		-17.64*		-591.20*	
Kritik tablo değerleri	%5	%10	%5	%10	%5	%10
	-4.61	-4.34	-4.61	-4.34	-40.48	-36.19

\*, %5 anlamlılık düzeyini göstermektedir. Verilen değerler test istatistikleridir. Maksimum gecikme uzunluğu Schwert (1989) yaklaşımı ile belirlenmiştir. Triminaj 0.15 alınmıştır.

**Tablo 9 : ECM Model Sonuçları**

	Ohr	Hata düzeltme terimi	DW
BIST30	0.947892*[0.000]	-0.0534*[0.000]	2.0041
Dolar-TL	0.800960*[0.000]	-0.0652*[0.001]	2.0179

\*, %5 anlamlılık düzeyini göstermektedir. Köşeli parantez içerisindeki değerler olasılık değerleridir. DW, Durbin-Watson istatistiğini göstermektedir. Maksimum gecikme uzunluğu Scwertz (1989) kriterine optimal gecikme uzunluğu ise AIC kriterine göre belirlenmiştir.

**Tablo 10: ECM Modelinin Kalıntılarına Uygulanan Otokorelasyon Testi Sonuçları**

Bağımlı değişken	Q (2)	Q (8)	Q (12)
Dolar-TL	0.3595 [0.835]	1.5604 [0.992]	5.847[0.924]
BIST 30	0.0642 [0.968]	0.3770 [1.000]	1.1735 [1.000]

\*, %5 anlamlılık düzeyini göstermektedir. Köşeli parantez içerisindeki değerler olasılık değerleridir.  $Q(k)$  model kalıntılarına uygulanan Ljung-Box  $Q$  istatistikleridir.

Fakat, bu aşamaya kadar incelenen modellerin en temel dezavantajlarından biri bu modellerin olası değişen varyans sorununu pek dikkate almamalarıdır. Bu nedenle, OLS, VAR ve ECM modellerinden elde edilen hata terimlerine değişen varyans testi uygulanmıştır. Sonuçlar incelendiğinde her durumda bu modeller için değişen varyans sorunun söz konusu olduğu anlaşılmaktadır (Tablo 11). Dolayısıyla, çalışmanın bu aşamasında değişen varyans sorununu dikkate alan GARCH modelleri ile ohr değerleri hesaplanmış ve elde edilen bulgular Tablo 12’de sunulmuştur. Sonuçlar incelendiğinde, BIST30 endeksi için GARCH, GJR-GARCH ve FIGARCH modellerinin sunduğu ohr değerlerinin sırasıyla 0.9606,0.9613 ve 0.9619 olduğu Dolar-TL içinse GARCH, GJR-GARCH ve FIEGARCH modellerinin ohr değerlerinin sırasıyla 0.736,0.782 ve 0.802 çıktığı anlaşılmaktadır<sup>11,12</sup>.

**Tablo 11 : OLS, VAR ve ECM Modelleri için Değişen Varyans Testi Sonuçları**

	$Q^2(2)$	$Q^2(8)$	$Q^2(12)$
Dolar-TL			
OLS			
Hata terimi	478.26*[0.000]	495.17*[0.000]	499.87*[0.000]
VAR			
Hata terimi (Spot)	242.60*[0.000]	728.84*[0.000]	859.90*[0.000]
Hata terimi (Futures)	222.72*[0.000]	277.58*[0.000]	291.22*[0.000]
ECM			
Hata terimi	81.031*[0.000]	84.339*[0.000]	86.777*[0.000]
BIST30			
OLS			
Hata terimi	438.87*[0.000]	658.78*[0.000]	763.14*[0.000]
VAR			
Hata terimi (Spot)	50.087*[0.000]	298.44*[0.000]	376.72*[0.000]
Hata terimi (Futures)	80.415*[0.000]	312.07*[0.000]	426.02*[0.000]
ECM			
Hata terimi	123.31*[0.000]	273.46*[0.000]	394.14*[0.000]

\*, %5 anlamlılık düzeyini göstermektedir. Parantez içerisindeki değerler olasılık değerleridir.  $Q^2(k)$  model kalıntılarına uygulanan Ljung-Box  $Q$  istatistikleridir.

<sup>11</sup> BIST30 endeksi için FIEGARCH, Dolar-TL kuru içinse FIGARCH modelinin tahmininde yakınsama sağlanamadığı (“no converge”) için bu modellerin tahmin sonuçlarına çalışmada yer verilememiştir.

<sup>12</sup> FIGARCH ve FIEGARCH modelleri tahmin edilmeden önce BIST30 endeksinin ve Dolar-TL kurunun spot ve futures getirilerinin volatilitesine Lo’nun (1991) modifiye edilmiş R/S testi ile Robinson ve Henry’nin (1999) GSP testi ( Gaussian semi-parametric test, GSP) uygulanmıştır. Bulgular, ilgili değişkenlerin volatilitésinin uzun hafıza özelliği sergilediğini göstermiştir. Yer kısıtı nedeniyle bulgular burada gösterilmemiştir. Yazardan talep edilmesi halinde temin edilebilir.

**Tablo 12: GARCH, GJR-GARCH, FIGARCH ve FIEGARCH Model Sonuçları**

	GARCH	GJR-GARCH	FIGARCH	FIEGARCH
BIST 30				
Getiri denklemi				
$\mu$ (sabit terim)	0.0016[0.863]	0.00356[0.718]	-0.000481[0.957]	na
$\beta$ (ohr)	0.9606*[0.000]	0.9613*[0.000]	0.961964*[0.000]	na
Varyans denklemi				
$\omega_0$ (sabit terim)	0.0041*[0.022]	0.0041*[0.0215]	0.00243[0.257]	na
$d$ (uzun hafıza)	0.1243*[0.000]	-	0.5757*[0.000]	na
$\varphi_1$ (ARCH)	0.8751*[0.000]	0.1333*[0.0007]	0.4905*[0.000]	na
$\gamma$ (Asimetri)	-	-0.0163[0.7044]	-	-
$\beta_1$ (GARCH)	-	0.87466*[0.000]	0.7997*[0.000]	na
$\theta_1$ (EGARCH1)	-	-	-	na
$\theta_2$ (EGARCH2)	-	-	-	na
Log Likelihood	-1877.52	-1877.376	-1849.257	na
AIC	1.7593	1.760164	1.7338	na
Dolar-TL				
Getiri denklemi				
$\mu$ (sabit terim)	-0.0026[0.721]	0.00529[0.4652]	Na	0.016[0.1008]
$\beta$ (ohr)	0.73633*[0.000]	0.782443*[0.000]	Na	0.801577*[0.0000]
Varyans denklemi				
$\omega_0$ (sabit terim)	0.0142*[0.0032]	0.002259[0.4713]	Na	-0.8306**[0.0557]
$d$ (uzun hafıza)	0.2857*[0.0229]	-	Na	0.4482*[0.0000]
$\varphi_1$ (ARCH)	0.6944*[0.000]	0.2029[0.1490]	Na	0.2898[0.7263]
$\gamma$ (Asimetri)	-	-0.2106[0.1079]		-
$\beta_1$ (GARCH)	-	0.91636*[0.000]	Na	0.5891*[0.0003]
$\theta_1$ (EGARCH1)	-	-	-	0.1460*[0.0000]
$\theta_2$ (EGARCH2)	-	-	-	0.1326[0.1629]
Log Likelihood	-904.262	-831.971	-	-780.094
AIC	0.84938	0.782784	-	0.736193

\*\*,\*\* sırasıyla %5 ve %10 anlamlılık düzeyini göstermektedir. Köşeli parantez içerisindeki değerler olasılık değerleridir. “na” ifadesi ilgili model parametrelerinin tahmin edilemediğini göstermektedir. Modeller normal dağılmamaya karşı dirençli standart hatalar elde etmek amacıyla Bollerslev ve Wooldridge (1992) tarafından tavsiye edilen sanki en çok olabirlik (Quasi maximum likelihood estimation) yöntemi ile tahmin edilmiştir.

### 3.2. Dinamik Modelden Elde Edilen Sonuçlar

AR(1)- CCC-GARCH( 1,1), AR(1)-DBEKK(1,1) ve AR(1)-DCC-GARCH (1,1) modellerine ilişkin parametre tahmin sonuçları sırasıyla Tablo13, 14 ve 15’te sunulmuştur. Sonuçlar incelendiğinde ARCH ve GARCH parametrelerinin her durumda pozitif ve istatistiki olarak anlamlı olduğu anlaşılmaktadır. AR(1)- CCC-GARCH(1,1) modeline göre BIST30 ve Dolar-TL için spot piyasa getirileri ile futures kontrat getirileri arasındaki şartlı korelasyon değerleri sırasıyla 0.916 ve 0.828 çıkmaktadır. Fakat, AR(1)-DCC-GARCH(1,1) modelinde alfa ve beta parametrelerinin istatistiki olarak anlamlı çıkması AR(1)- CCC-GARCH( 1,1) modelinin varsayımının aksine her iki finansal varlık için de spot piyasa getirileri ile futures kontrat getirileri arasındaki şartlı korelasyonun zamanla değiştiği anlamına gelmektedir. Bu nedenle AR (1)- DCC-GARCH (1,1) model sonuçlarına bakıldığında BIST30 ve Dolar-TL için spot piyasa getirileri ile futures kontrat getirileri arasındaki zamanla değişen şartlı korelasyonun ortalama değerinin sırasıyla 0.631 ve 0.655 olduğu anlaşılmaktadır. GO-GARCH modeline ilişkin sonuçlar Tablo 16’da sunulmuştur. Sonuçlar incelendiğinde tek bir istisna dışında<sup>13</sup> her durumda ARCH ve GARCH parametrelerinin pozitif ve istatistiki olarak anlamlı olduğu ve her durumda ARCH ve GARCH parametrelerinin toplamının birden küçük çıktığı anlaşılmaktadır. Ayrıca, temel bileşenler

<sup>13</sup> Bu durum Dolar-TL’nin analizinde NLS yönteminin kullanılması durumunda 2. temel bileşen için söz konusu olmaktadır.



analizine bakıldığında birinci faktörün özdeğerinin her durumda toplam varyansın oldukça yüksek bir oranını açıkladığı gözlemlenmektedir<sup>14</sup>.

BIST30 endeksi ve Dolar-TL kuru için dinamik modellerin sunduğu zamanla değişen ohr değerleri sırasıyla Şekil 3 ve 4'te, bu modellerden elde edilen ortalama ohr değerleri ise statik modellerin ohr değerleri ile birlikte Tablo 17'de sunulmuştur. Bulgular incelendiğinde hem BIST30 hem de Dolar-TL için en yüksek ohr değerlerini uzun hafıza özelliğine sahip GARCH modellerinin en düşük ohr değerlerini ise AR(1)-DCC-GARCH (1,1) modelinin sunduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca, genel olarak her iki değişken için de statik modellerin dinamik modellere göre daha yüksek ohr değerleri sunduğu ifade edilebilir.

**Tablo 13: AR(1)- CCC-GARCH (1,1) Model Tahmin Sonuçları**

Dolar-TL		BIST30	
Model parametreleri	Katsayılar	Model parametreleri	Katsayılar
Tekil GARCH modeli tahmin sonuçları		Tekil GARCH modeli tahmin sonuçları	
Spot		Spot	
Getiri denklemi		Getiri denklemi	
Sabit terim	-0.0070[0.5971]	Sabit terim	0.1369*[0.0002]
AR(1)	0.0662*[0.0032]	AR(1)	0.0323[0.1608]
Varyans denklemi		Varyans denklemi	
Sabit terim	0.0067*[0.0281]	Sabit terim	0.1095*[0.0135]
ARCH	0.1309*[0.0000]	ARCH	0.1045*[0.0000]
GARCH	0.8670*[0.0000]	GARCH	0.8684*[0.0000]
Log likelihood	-2186.078	Log likelihood	-4270.743
Futures		Futures	
Getiri denklemi		Getiri denklemi	
Sabit terim	-0.0139[0.4324]	Sabit terim	0.1393*[0.0001]
AR(1)	-0.0485[0.2174]	AR(1)	0.0509*[0.0334]
Varyans denklemi		Varyans denklemi	
Sabit terim	0.0146[0.1749]	Sabit terim	0.0921*[0.0052]
ARCH	0.1546*[0.0327]	ARCH	0.1058*[0.0000]
GARCH	0.8424*[0.0000]	GARCH	0.8731*[0.0000]
Log likelihood	-2441.461	Log likelihood	-4240.122
CCC model tahmin sonuçları		CCC model tahmin sonuçları	
Korelasyon	0.8285*[0.0000]	Korelasyon	0.9162*[0.0000]
Loglikelihood	-3387.181	Loglikelihood	-6556.771
AIC	3.175870	AIC	6.1381

\*, \*\* sırasıyla %5 ve %10 anlamlılık düzeyini göstermektedir. Köşeli parantez içerisindeki değerler olasılık değerleridir. Modeller, normal dağılmamaya karşı dirençli standart hatalar elde etmek amacıyla Bollerslev ve Wooldridge (1992) tarafından tavsiye edilen sanki en çok olabilirlik (Quasi maximum likelihood estimation) yöntemi ile tahmin edilmiştir.

<sup>14</sup> Gerek tek değişkenli gerekse çok değişkenli GARCH modellerinin özellikle varyans denklemlerindeki katsayıların istatistiki olarak anlamlı çıkması ve değişen varyans ile getiri denkleminde bağlı olarak otokorelasyon sorunlarını gidermesi beklenir. Fakat, uygulamada özellikle günlük veriye dayalı finansal analizlerde bu özelliklerin tamamının aynı anda gerçekleşmesi pek mümkün olmamaktadır. Bu nedenle uluslararası literatürde özellikle ohr analizine dayalı çalışmaların doğrudan modellerin öngörü performansına ve / veya MVHR / MVUF yöntemlerinin sonuçlarına odaklandıkları görülmektedir (Örneğin bakınız: Basher ve Sadorsky, 2016; Chang vd., 2011; Lai, 2019; Chang vd., 2013). Bu çalışmada da literatürle uyumlu bir şekilde benzer bir yaklaşım sergilenmiştir.

**Tablo 14: AR(1)-DBEKK(1,1) Model Tahmin Sonuçları**

Dolar-TL		BIST30	
Model parametreleri	Katsayılar	Model parametreleri	Katsayılar
Getiri denklemi		Getiri denklemi	
Sabit terim (spot)	-0.0136[0.4044]	Sabit terim (spot)	0.1173*[0.0001]
Sabit terim (futures)	-0.0144[0.4396]	Sabit terim (futures)	0.1151*[0.0001]
AR(1) (spot)	-0.1207*[0.0126]	AR(1) (spot)	-0.1938*[0.0000]
AR(1) (futures)	-0.1964*[0.0115]	AR(1) (futures)	-0.1988*[0.0000]
Varyans denklemi		Varyans denklemi	
Sabit terim (spot)	0.1926[0.1082]	Sabit terim (spot)	0.2451*[0.0000]
Sabit terim (futures)	0.2865[0.1604]	Sabit terim (futures)	0.2509*[0.0000]
Sabit terim (kovaryans)	0.0626[0.6449]	Sabit terim (kovaryans)	0.0607*[0.0008]
ARCH (spot)	0.3592*[0.000]	ARCH (spot)	0.2815*[0.0000]
ARCH (futures)	0.5775*[0.000]	ARCH (futures)	0.2705*[0.0000]
GARCH (spot)	0.8981*[0.000]	GARCH (spot)	0.9555*[0.0000]
GARCH (futures)	0.7810*[0.000]	GARCH (futures)	0.9568*[0.0000]
Log likelihood	-3383.613	Log likelihood	-6098.818
AIC	3.1725	AIC	5.710111

\*, \*\* sırasıyla %5 ve %10 anlamlılık düzeyini göstermektedir. Köşeli parantez içerisindeki değerler olasılık değerleridir. Modeller normal dağılmamaya karşı dirençli standart hatalar elde etmek amacıyla Bollerslev ve Wooldridge (1992) tarafından tavsiye edilen sanki en çok olabilirlik (Quasi maximum likelihood estimation) yöntemi ile tahmin edilmiştir.

**Tablo 15: AR(1)- DCC-GARCH (1,1) Model Tahmin Sonuçları**

Dolar-TL		BIST30	
Model parametreleri	Katsayılar	Model parametreleri	Katsayılar
Tekil GARCH modeli tahmin sonuçları		Tekil GARCH modeli tahmin sonuçları	
Spot		Spot	
Getiri denklemi		Getiri denklemi	
Sabit terim	-0.0070[0.5971]	Sabit terim	0.13687*[0.0002]
AR(1)	0.0662*[0.0032]	AR(1)	0.032264[0.1608]
Varyans denklemi		Varyans denklemi	
Sabit terim	0.0067*[0.0281]	Sabit terim	0.109523*[0.0135]
ARCH	0.1309*[0.0000]	ARCH	0.104477*[0.0000]
GARCH	0.8669*[0.0000]	GARCH	0.868374*[0.0000]
Log likelihood	-2186.078	Log likelihood	-4270.743
Futures		Futures	
Getiri denklemi		Getiri denklemi	
sabit terim	-0.0139[0.4324]	Sabit terim	0.13931*[0.0000]
AR(1)	-0.0485[0.2174]	AR(1)	0.05097*[0.0000]
Varyans denklemi		Varyans denklemi	
Sabit terim	0.0146[0.1749]	Sabit terim	0.092124*[0.0000]
ARCH	0.1546*[0.0327]	ARCH	0.105816*[0.0000]
GARCH	0.8424*[0.0000]	GARCH	0.870363*[0.0000]
Log likelihood	-2441.461	Log likelihood	-4240.122
DCC model tahmin sonuçları		DCC model tahmin sonuçları	
Korelasyon	0.6555*[0.000]	Korelasyon	0.63128*[0.0000]
$\theta_1$ (ALFA)	0.00478*[0.000]	$\theta_1$ (ALFA)	0.02879*[0.0000]
$\theta_2$ (BETA)	0.9952*[0.000]	$\theta_2$ (BETA)	0.97116*[0.0000]
Loglikelihood	-3260.537	Loglikelihood	-6169.457
AIC	3.05938	AIC	5.777998

\*, \*\* sırasıyla %5 ve %10 anlamlılık düzeyini göstermektedir. Köşeli parantez içerisindeki değerler olasılık değerleridir. Modeller normal dağılmamaya karşı dirençli standart hatalar elde etmek amacıyla Bollerslev ve Wooldridge (1992) tarafından tavsiye edilen sanki en çok olabilirlik (Quasi maximum likelihood estimation) yöntemi ile tahmin edilmiştir.

**Tablo 16: AR(1)-GOGARCH-NLS ve ML Modellerinin Tahmin Sonuçları**

GOGARCH-NLS ( Dolar-TL)		
Tersinir matris Z ( Z= P L <sup>1/2</sup> U )		
-0.99940	0.034543	
-0.82173	0.56988	
Gözlemlenemeyen faktörlere bağlı olarak GARCH modelinin ML ile tahmini		
1.temel bileşen için tahmin edilen tekil ARMA (0,0)-GARCH (1, 1) model sonuçları		
ARCH	0.1180*[0.0000]	
GARCH	0.8708*[0.0000]	
Sigma^2	0.011246	
2. temel bileşen için tahmin edilen tekil ARMA (0,0)-GARCH (1, 1) model sonuçları		
ARCH	0.5805*[0.0000]	
GARCH	0.0764[0.3701]	
Sigma^2	0.343078	
Log Likelihood ( model )	-3320.444	
AIC model (model )	3.111630	
GOGARCH-ML (Dolar-TL)		
Tersinir matris Z ( Z= P L <sup>1/2</sup> U )		
0.89372	0.44862	
0.99432	-0.10639	
1.bileşen için tahmin edilen tekil ARMA (0,0)-GARCH (1, 1) model sonuçları		
ARCH	0.1268*[0.0226]	
GARCH	0.8582*[0.0000]	
2. bileşen için tahmin edilen tekil ARMA (0,0)-GARCH (1, 1) model sonuçları		
ARCH	0.2630*[0.0060]	
GARCH	0.6289*[0.0000]	
Log Likelihood ( model )	-5237.579	
AIC (model )	3.145041	
GOGARCH-NLS (BIST30)		
Tersinir matris Z ( Z= P L <sup>1/2</sup> U )		
-0.97921	-0.20284	
-0.98090	0.19450	
Gözlemlenemeyen faktörlere bağlı olarak GARCH modelinin ML ile tahmini		
1.bileşen için tahmin edilen tekil ARMA (0,0)-GARCH (1, 1) model sonuçları		
ARCH	0.096000*[0.0000]	
GARCH	0.877170*[0.0000]	
Sigma^2	0.02683	
2.bileşen için tahmin edilen tekil ARMA (0,0)-GARCH (1, 1) model sonuçları		
ARCH	0.11365*[0.0000]	
GARCH	0.879032*[0.000]	
Sigma^2	0.007315	
Log Likelihood ( model )	-6136.465	
AIC model (model )	5.743425	
GOGARCH-ML (BIST30)		
Tersinir matris Z ( Z= P L <sup>1/2</sup> U )		
-0.96984	0.24376	
-0.98820	-0.15317	
1.bileşen için tahmin edilen tekil ARMA (0,0)-GARCH (1, 1) model sonuçları		
ARCH	0.095739*[0.0000]	
GARCH	0.877953*[0.0000]	
2.bileşen için tahmin edilen tekil ARMA (0,0)-GARCH (1, 1) model sonuçları		
ARCH	0.114047*[0.0000]	
GARCH	0.878456*[0.0000]	
Log Likelihood ( model )	-6134.418	

\*, \*\* sırasıyla %5 ve %10 anlamlılık düzeyini göstermektedir. Köşeli parantez içerisindeki değerler olasılık değerleridir. Modeller normal dağılmamaya karşı dirençli standart hatalar elde etmek amacıyla sanki en çok olabilirlik (Quasi maximum likelihood estimation) yöntemi ile tahmin edilmiştir.

**Tablo 17: Statik ve Dinamik Modellerin Sunduğu Ohr Değerleri**

Model	BIST30 (ohr)	Dolar-TL (ohr)
DBEKK	0.950779	0.757279
DCC-GARCH	0.917198	0.729125
CCC-GARCH	0.932616	0.744593
GOGARCH- NLS	0.923702	0.750796
GOGARCH-ML	0.922161	0.736084
OLS	0.928647	0.750467
Birebir hedging	1	1
VAR	0.944444	0.797635
ECM	0.947892	0.800960
GARCH	0.960619	0.736330
GJR-GARCH	0.961343	0.782443
FIGARCH	0.961964	-
FIEGARCH	-	0.801577

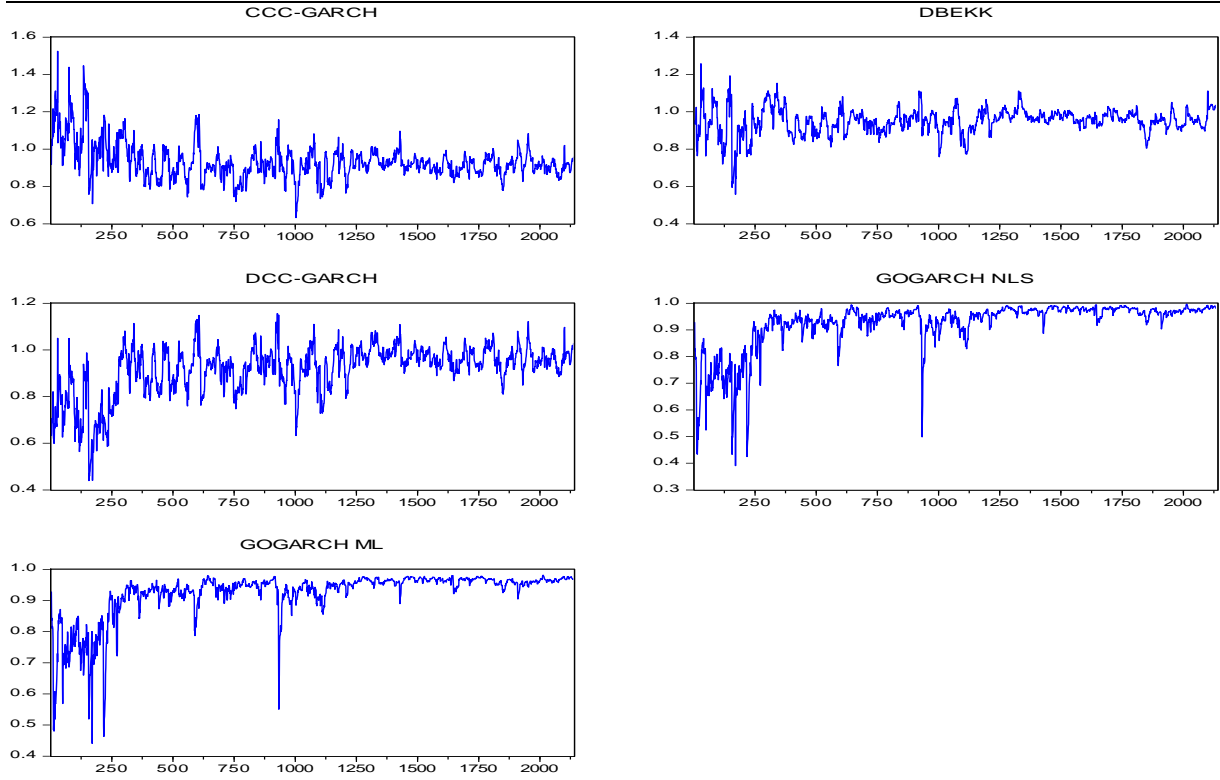
### 3.3. Modellerin Sunduğu Ohr Değerlerinin Hedging Etkinliğinin Analizi

Bu aşamaya kadarki analizlerde genel olarak çeşitli modeller tarafından hesaplanan ohr değerleri üzerinde durulmuştur. Çalışmanın bu aşamasında ise bu ohr değerlerinden hangisinin hedging etkinliğinin daha iyi olduğu MVHR ve MVUF yöntemleri ile incelenmiştir. BIST30 endeksi için MVHR ve MVUF yöntemlerine dayalı olarak elde edilen sonuçlar sırasıyla Tablo 18 ve 19'da sunulmuştur. Öncelikle, MVHR sonuçları incelendiğinde oldukça belirgin bir şekilde en yüksek MVHR değerini DBEKK modelinin sunduğu ardından ise sırasıyla GOGARCH-NLS ve GOGARCH-ML modellerinin geldiği anlaşılmaktadır. En düşük MVHR değerlerini ise CCC-GARCH modelinin sunduğu onu sırasıyla DCC-GARCH modeli ile birebir hedging yönteminin izlediği anlaşılmaktadır. Bu sonuçlara göre BIST30 endeksi için en etkin hedging imkanını DBEKK modelinin en kötü hedging imkanını ise CCC-GARCH modelinin sunduğu ifade edilebilir. MVUF sonuçlarına bakıldığında da yine en iyi hedging etkinliğini DBEKK modelinin sunduğu ardından ise GO-GARCH-NLS ve GOGARCH-ML modellerinin geldiği en kötü performansı ise yine sırasıyla CCC-GARCH ve DCC-GARCH modelleri ile birebir hedging yaklaşımının sergilediği anlaşılmaktadır. MVUF yönteminin MVHR yöntemine göre önemli avantajlarından biri bu yöntemin en iyi modeli seçerken futures piyasalardaki işlem maliyetlerini de dikkate alabilmesidir. İşlem maliyetlerinin dikkate alınmasının önemi ise çalışmada statik ve dinamik yöntemlere birlikte yer verilmesinden kaynaklanmaktadır. Çünkü, statik yöntemlerde spot piyasada taşınan pozisyonun dönem başında bir kez hedge edildiği ve dönme boyunca hedging işleminde herhangi bir değişiklik yapılmadığı varsayılırken dinamik modellerde zamanla değişen ohr değerleri ile çalışıldığından işlem maliyetleri önemli bir değişken haline gelmektedir. Dolayısıyla, işlem maliyetlerinin dikkate alınması durumunda statik modellerle dinamik modeller arasında MVUF yöntemine göre bir tercih yapılırken en iyi performansı gösteren dinamik modelin MVUF değerinden en iyi performansı sergileyen statik modelin MVUF değeri çıkarılarak elde edilen sonuçun işlem maliyetlerinden büyük olup olmadığına bakılmaktadır (Zhou, 2016). Fakat, bu analizin yapılabilmesi için işlem maliyetlerinin genel seyrinin bilinmesi gerekmektedir. Zhou (2016) çalışmasında futures piyasalardaki işlem maliyetlerinin 0.01-0.015 % arasında olduğunu ifade etmiştir. Bu çalışmada da bu işlem maliyetleri esas alınarak MVUF yaklaşımı yinelenildiğinde BIST30 endeksi için en iyi modelin yine DBEKK modeli olduğu anlaşılmaktadır. Çünkü, DBEKK modelinin MVUF değerinden OLS yönteminin MVUF değeri çıkarıldığında elde edilen değer  $[(-1.90613) - (-2.23419) = 0.32806]$  işlem maliyetlerinin  $[0.01 / 0.015 \% ]$  oldukça üzerinde çıkmaktadır<sup>15</sup>.

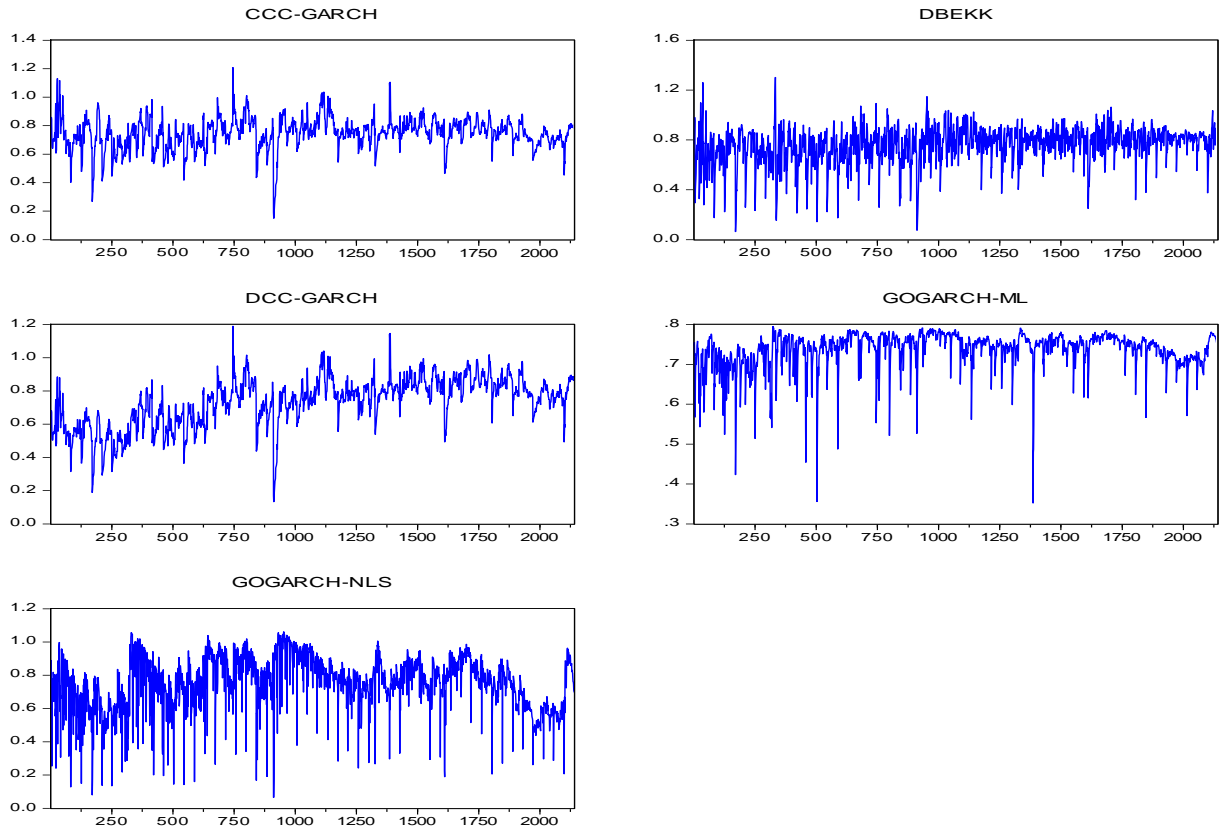
Dolar-TL için elde edilen sonuçlar incelendiğinde (Tablo 20 ve 21) MVHR yaklaşımına göre belirgin bir şekilde en uygun modelin GOGARCH-NLS modeli olduğu ardından ise DBEKK modelinin geldiği buna karşın en kötü performansı yine DCC-GARCH ve CCC-GARCH modelleri ile birebir hedging yaklaşımının sergilediği anlaşılmaktadır. MVUF yaklaşımına dayalı sonuçlar incelendiğinde de gerek işlem maliyetlerinin dikkate alındığı gerekse alınmadığı durumlarda en uygun modelin yine GO-GARCH-NLS modeli olduğu hemen ardından DBEKK modelinin geldiği en kötü performansı ise yine DCC-GARCH ve CCC-GARCH modelleri ile birebir hedging yaklaşımının sergilediği anlaşılmaktadır.

<sup>15</sup> Futures piyasalardaki işlem maliyetleri Türkiye gibi gelişen piyasa ekonomilerinde daha yüksek olabilir . Fakat, DBEKK modeli ile OLS modelinin MVUF değerleri arasındaki fark 0.32806 (%32.806) gibi oldukça yüksek bir değer olduğundan normal koşullarda Türk futures piyasalarındaki işlem maliyetlerinin bu seviyelere ulaşmayacağı açıktır.

**Şekil 3: BIST30 Endeksi için Zamanla Değişen Ohr Değerleri**



**Şekil 4: Dolar-TL için Zamanla Değişen Ohr Değerleri**



**Tablo 18: BIST30 Endeksi Ohr Değerleri ve Hedging Etkinliği (MVHR)**

Model	Ohr	Hedge edilmiş portföyün varyansı	Hedge edilmemiş portföyün varyansı	MVHR değerleri	Sıralama
DBEKK	0.950779	0.478111	3.754731	0.872664	1
DCC-GARCH	0.917198	0.598853	3.754731	0.840507	11
CCC-GARCH	0.932616	0.612604	3.754731	0.836845	12
GOGARCH- NLS	0.923702	0.543439	3.754731	0.855266	2
GOGARCH-ML	0.922161	0.551851	3.754731	0.853025	3
OLS	0.928647	0.559645	3.754731	0.850949	4
Birebir hedging	1	0.578755	3.754731	0.845860	10
VAR	0.944444	0.560621	3.754731	0.850689	5
ECM	0.947892	0.561080	3.754731	0.850567	6
GARCH	0.960619	0.563539	3.754731	0.849912	7
GJR-GARCH	0.961343	0.563715	3.754731	0.849866	8
FIGARCH	0.961964	0.563869	3.754731	0.849824	9

**Tablo 19: BIST30 Endeksi için Ohr Değerleri ve Hedging Etkinliği (MVUF)**

Model	Portföy getirisi	Portföy varyansı	K	MVUF	Sıralama
Hedge edilmemiş portföy					
	0.043005	3.754731	4	-14.9759	
Hedge edilmiş portföy					
DBEKK	0.006309	0.478111	4	-1.90613	1
DCC-GARCH	0.009049	0.598853	4	-2.38636	11
CCC-GARCH	0.003482	0.612604	4	-2.44693	12
GOGARCH- NLS	0.005251	0.543439	4	-2.16850	2
GOGARCH-ML	0.005163	0.551851	4	-2.20224	3
OLS	0.004387	0.559645	4	-2.23419	4
Birebir hedging	0.001419	0.578755	4	-2.31360	10
VAR	0.003730	0.560621	4	-2.23875	5
ECM	0.003586	0.561080	4	-2.24074	6
GARCH	0.003057	0.563539	4	-2.25110	7
GJR-GARCH	0.003027	0.563715	4	-2.25183	8
FIGARCH	0.003001	0.563869	4	-2.25247	9

**Tablo 20: Dolar-TL için Ohr Değerleri ve Hedging Etkinliği (MVHR)**

Model	OHR	Hedge edilmiş portföyün varyansı	Hedge edilmemiş portföyün varyansı	MVHR	Sıralama
DBEKK	0.757279	0.176907	0.683871	0.741315	2
DCC-GARCH	0.729125	0.269832	0.683871	0.605434	12
CCC-GARCH	0.744593	0.226982	0.683871	0.668092	10
GOGARCH- NLS	0.750796	0.142639	0.683871	0.791425	1
GOGARCH-ML	0.736084	0.197742	0.683871	0.710849	5
OLS	0.750467	0.197318	0.683871	0.711469	3
Birebir hedging	1	0.251312	0.683871	0.632516	11
VAR	0.797635	0.199271	0.683871	0.708613	7
ECM	0.800960	0.199553	0.683871	0.708201	8
GARCH	0.736330	0.197482	0.683871	0.711229	4
GJR-GARCH	0.782443	0.198222	0.683871	0.710147	6
FIEGARCH	0.801577	0.199608	0.683871	0.708121	9

Ayrıca, hem BIST30 hem de Dolar-TL için statik yöntemler arasında bir kıyaslama yapılması gerektiğinde de her durumda OLS yönteminin en iyi birebir hedging yaklaşımının ise en kötü performansı sergilediği anlaşılmaktadır. Dolayısıyla, kısaca ifade etmek gerekirse çalışma bulguları, açık bir şekilde, en etkin hedging imkanlarını BIST30 endeksi için DBEKK modelinin Dolar-TL içinse GOGARCH-NLS modelinin sunduğunu göstermektedir.

**Tablo 21: Dolar-TL için Ohr Değerleri ve Hedging Etkinliği (MVUF)**

Model	Portföy getirisi	Portföy varyansı	K	MVUF	Sıralama
Hedge edilmemiş portföy					
	0.018157	0.683871	4	-2.71733	
Hedge edilmiş portföy					
DBEKK	-0.00022	0.176907	4	-0.70785	2
DCC-GARCH	0.005631	0.269832	4	-1.07370	12
CCC-GARCH	0.004768	0.226982	4	-0.90316	10
GOGARCH- NLS	0.004497	0.142639	4	-0.56606	1
GOGARCH-ML	0.006474	0.197742	4	-0.78449	5
OLS	0.005535	0.197318	4	-0.78374	3
Birebir hedging	0.001338	0.251312	4	-1.00391	11
VAR	0.004741	0.199271	4	-0.79234	7
ECM	0.004686	0.199553	4	-0.79353	8
GARCH	0.005773	0.197482	4	-0.78416	4
GJR-GARCH	0.004997	0.198222	4	-0.78789	6
FIGARCH	0.004675	0.199608	4	-0.79376	9

#### 4. DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

Spot piyasadaki yatırımların finansal risklerinin yönetilmesinde türev piyasalarda işlem gören forward, futures, swap ve opsiyon gibi finansal varlıkların önemli bir işlevi bulunmaktadır. Türkiye gibi gelişen piyasa ekonomilerinin spot piyasalarındaki volatilitenin yüksekliği de bu ülkeler için türev piyasaların hedging etkinliğinin incelenmesini oldukça önemli bir konu haline getirmektedir. Bu çalışmada, Türkiye’de 2005-2013 döneminde faaliyette bulunan İzmir Vadeli İşlem ve Opsiyon Borsası’nda işlem gören BIST30 endeksi ve Dolar-TL kuru üzerine yazılı futures kontratlar dikkate alınarak optimal hedge rasyoları ve hedging etkinliği incelenmiştir. Çalışmada bu amaçla birebir hedging, OLS, VAR, ECM, GARCH, GJR-GARCH, FIGARCH ve FIGARCH modellerinden oluşan statik modeller ile AR(1)-DBEKK (1,1), AR(1)-DCC-GARCH(1,1), AR(1)-CCC-GARCH(1,1), AR(1)-GOGARCH-ML ve AR(1)-GOGARCH-NLS modellerinden oluşan dinamik modellerden yararlanılmıştır. En uygun modelin seçiminde ise ortalama-varyansa dayalı beklenen fayda fonksiyonu ile minimum-varyansa dayalı hedge rasyosu yaklaşımlarından yararlanılmıştır.

Çalışma bulguları bazı önemli sonuçlara işaret etmektedir. Öncelikle, bulgular BIST30 endeksi için en etkin hedging imkanını DBEKK, Dolar-TL kuru içinse GO-GARCH-NLS modelinin sunduğunu göstermektedir. Bulgular ayrıca, dinamik modeller arasında bir kıyaslama yapılması gerektiğinde daha az parametreye sahip olan modellerin (DBEKK ve GOGARCH) öne çıktığını sadece statik modeller arasında bir kıyaslama yapılması gerektiğinde ise en iyi performansı OLS modelinin en kötü performansı ise birebir hedging yaklaşımının sergilediğini göstermektedir. Bunun yanı sıra, çalışma bulguları ulusal yazında daha önce ohr analizinde kullanılmayan GOGARCH-NLS modelinin Dolar-TL için en uygun model olduğunu BIST30 endeksi içinse DBEKK modelinden sonra en iyi ikinci model olduğunu göstermektedir. Son olarak da İzmir Vadeli İşlem ve Opsiyon Borsası’nda ilgili dönemde işlem gören BIST30 endeksi ve Dolar-TL kuru üzerine yazılı futures kontratların yatırımcılara etkin hedging imkanları sunduğu anlaşılmaktadır.

Bulguların uygulamaya dönük önemli sonuçlar içerdiği düşünülmektedir. Öncelikle, çalışma bulguları, spot piyasada BIST30 endeksine yatırım yapılması durumunda ortaya çıkabilecek sistematik risklerin minimize edilebilmesinde BIST30 endeksi üzerine yazılı futures kontratların kullanılabilmesine işaret etmektedir. Bu kapsamda, spot piyasada BIST30 endeksine yatırım yapan ulusal ve / veya uluslararası yatırımcıların endekste meydana gelebilecek aşağı yönlü fiyat hareketlerinin yol açabileceği kayıp tutarlarından etkin bir şekilde korunabilmek amacıyla DBEKK modeli tarafından sunulan ohr değerini dikkate alabilecekleri anlaşılmaktadır. DBEKK modeli tarafından sunulan ohr değeri de yaklaşık 0.9508 çıkmaktadır. Bu değer spot piyasada BIST30 endeksinde taşınacak 1 TL’lik uzun pozisyon için futures piyasalarda BIST30 endeksi üzerine yazılı yaklaşık 0.9508 TL’lik futures kontratta kısa pozisyon taşınması gerektiği anlamına gelmektedir. İkinci olarak, spot piyasada finansal ve reel sektör kuruluşlarınca Dolar-TL kurunda taşınacak uzun pozisyonların riskinin minimize

edilmesinde GOGARCH-NLS modeli tarafından sunulan ohr değerinin kullanılabilceği anlaşılmaktadır. GOGARCH-NLS modeli tarafından sunulan ohr değeri yaklaşık 0.7508 çıkmaktadır. Bu da spot piyasada Dolar-TL kurunda taşınacak 1 TL'lik uzun pozisyon için futures piyasalarda Dolar-TL kuru üzerine yazılı yaklaşık 0.7508 TL'lik futures kontratta kısa pozisyon taşınması gerektiği anlamına gelmektedir. Üçüncü olarak, GOGARCH-NLS modelinin ohr değerlerinin belirlenmesinde ve etkin hedging stratejilerinin oluşturulmasında hem Dolar-TL kuru hem de BIST30 endeksi için oldukça iyi bir performans sergilemesi uluslararası literatürde oldukça ilgi gören bu modelin ulusal yazında da özellikle türev piyasa ile ilgili işlemlerde etkin bir şekilde kullanılabilceği anlamına gelmektedir. Bu nedenle, bu modele ulusal yazında daha çok yer verilmesi gerektiği düşünülmektedir. Ayrıca, ulusal yazında, GO-GARCH-NLS modelinin volatilitenin modellenmesi, opsiyonların fiyatlanması ve piyasa riski analizi gibi diğer çeşitli finansal analizlerde de kullanılmasının uygulamaya dönük önemli katkılar sağlayabileceği düşünülmektedir.

Fakat, bu çalışmada BIST 30 endeksi ve Dolar-TL kuru için optimal hedge rasyoları belirlenirken çok değişkenli GARCH modelleri iki değişkenli modeller olarak tahmin edilmiştir. Bir diğer ifade ile bu modeller sadece BIST30 endeksinin spot ve futures getirilerini veya sadece Dolar-TL kurunun spot ve futures getirilerini içeren iki değişkenli modeller olarak tanımlanmışlardır. Fakat, literatürde özellikle aralarında güçlü etkileşimler olan (BIST30 endeksi ve Dolar-TL gibi) finansal varlıkların spot ve futures getirilerinin birlikte modellenmesinin daha iyi performans sergileyen modeller elde edilmesine katkı sağladığını ifade eden çalışmalar da bulunmaktadır (Örneğin bakınız: Ji ve Fan, 2011). Bu nedenle, bundan sonraki çalışmalarda bu durum dikkate alınarak hem BIST30 endeksinin hem de Dolar-TL kurunun spot ve futures getirilerini birlikte dikkate alan dört değişkenli modellerin performanslarının bu çalışmada kullanılan iki değişkenli modellerin performansları ile karşılaştırılabileceği düşünülmektedir.

## KAYNAKÇA

Ai, C., Chatrath, A. & Song, F. (2007), "A Semi-parametric Estimation of the Optimal Hedge Ratio", *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 47 (2), 366-381.

Aksoy, G. & Olgun, O. (2009), "Optimal Hedge Oranı Tahminlemesi Üzerine Ampirik Bir Çalışma: VOB Örneği", *İktisat İşletme ve Finans Dergisi*, 24 (274), 33-53.

Aragó, V. & Salvador, E. (2011), "Sudden Changes in Variance and Time Varying Hedge Ratios", *European Journal of Operational Research*, 215 (2), 393-403.

Awang, N., Azizan, N.A., İbrahim, I. & Said, R.M. (2014), "Hedging Effectiveness Stock Index Futures Market: An Analysis on Malaysia and Singapore Futures Market", *International Conference on Economics, Management and Development*, [https://pdfs.semanticscholar.org/74d1/e4336edb66eccd7d9276\\_24a36657432380f4.pdf](https://pdfs.semanticscholar.org/74d1/e4336edb66eccd7d9276_24a36657432380f4.pdf).

Bai, J., & Perron, P. (2003), "Computation and Analysis of Multiple Structural Change Models", *Journal of Applied Econometrics*, 18, 1-22.

Bai, J., & Perron, P. (1998), "Estimating and Testing Linear Models with Multiple Structural Changes", *Econometrica*, 66, 47-78.

Baillie, R.T., Bollerslev, T. & Mikkelsen, H.O. (1996), "Fractionally Integrated Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity", *Journal of Econometrics*, 74, 3-30.

Basher, S.A. & Sadorsky, P. (2016), "Hedging Emerging Market Stock Prices with Oil, Gold, VIX, and Bonds: A Comparison Between DCC, ADCC and GO-GARCH", *Energy Economics*, 54, 235-247.

Bollerslev, T. & Mikkelsen, H.O. (1996), "Modeling and Pricing Long Memory in Stock Market Volatility", *Journal of Econometrics*, 73, 151-184.

Bollerslev, T. (1986), "Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity", *Journal of Econometrics*, 31, 307-327.

Bollerslev, T. (1990), "Modelling the Coherence in Short-Run Nominal Exchange Rate: A Multivariate Generalized ARCH approach", *Review of Economics and Statistics*, 72, 498-505.

Bollerslev, T. & Wooldridge, J.M. (1992), "Quasi-Maximum Likelihood Estimation and Inference in Dynamic Models with Time-Varying Covariances", *Econometric Reviews*, 11, 143-172.

Boswijk, H.P. & van der Weide, R., (2006), "Wake Me up Before You GO-GARCH", *Tinbergen Institute Discussion Paper*, No. 06-079/4, Tinbergen Institute, Amsterdam and Rotterdam.

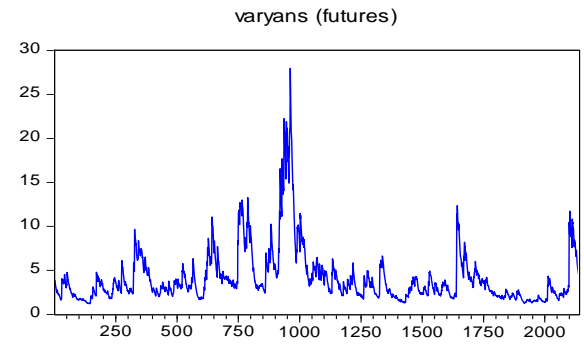
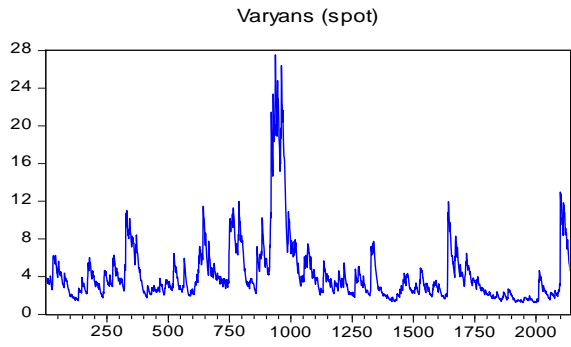
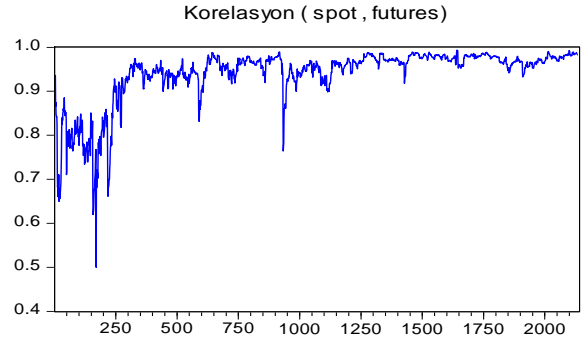
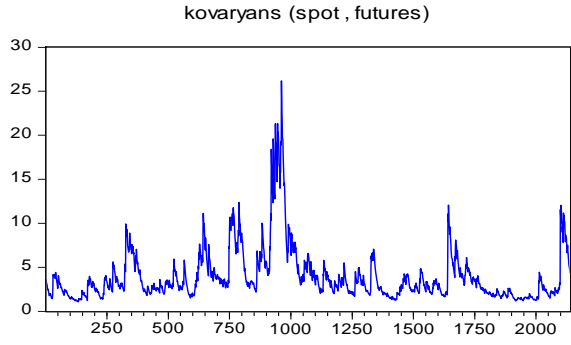


- Chang, C.L., McAleer, M. & Tansuchat, R. (2011), “Crude Oil Hedging Strategies Using Dynamic Multivariate GARCH”, *Energy Economics* 33(5), 912-923.
- Chang, C-L., González-Serrano, L. & Jimenez-Martin, J-A. (2013), “Currency Hedging Strategies Using Dynamic Multivariate GARCH”, *Mathematics and Computers in Simulation*, 94, 164–182.
- Chen, S-S., Lee, C-F. & Shrestha, K. (2003), “Futures Hedge Ratios: A Review”, *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 43, 433–465.
- Choudhry, T. (2003), “Short-Run Deviations and Optimal Hedge Ratio: Evidence from Stock Futures”, *Journal of Multinational Financial Management*, 13(2), 171-192.
- Coakley, J., Dollery, J. & Kellard, N. (2008), “The Role of Long Memory in Hedging Effectiveness”, *Computational Statistics & Data Analysis*, 52, 3075-3082.
- Çavuşoğlu, T. & Gökten, S. (2011), “NYMEX Ham Petrol Vadeli İşlem Sözleşmeleri Pazarında Piyasa ve Korunma Etkinlikleri”, *İktisat İşletme ve Finans*, 26 (308), 29-51.
- Çelik, İ. & Özdemir, A. (2014), “Vadeli İşlem Piyasalarında Optimal Hedge Rasyosunun Tahmini: 1979’den Günümüze Bir Literatür Araştırması”, *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 6 (10), 37-46.
- Çevik, İ. (2014), “Vadeli İşlem Piyasasında Optimal Hedge Rasyosunun Statik ve Dinamik Teknikler ile Hesaplanması”, *Uluslararası Alanya İşletme Fakültesi Dergisi*, 6(3), 1-13.
- Dickey, D. & Fuller, W. (1979), “Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series with Unit Root”, *Journal of American Statistical Association*, 74, 427-431.
- Ederington, L. H. (1979), “The Hedging Performance of the New Futures Markets”, *Journal of Finance*, 34, 157–170.
- Engle, R. & Kroner, K. (1995). “Multivariate Simultaneous Generalized ARCH”, *Econometric Theory*, 11, 122-150.
- Engle, R. (2002), “Dynamic Conditional Correlation. A Simple Class of Multivariate Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity Models”, *Journal of Business and Economic Statistics*, 20, 339–350.
- Engle, R.F. & Granger, C.W.J. (1987), “Cointegration and Error Correction: Representation, Estimation and Testing”, *Econometrica*, 55, 251-276.
- Ersoy, E. (2011), “Türkiye’de ve Dünyada Organize Türev Piyasaların Gelişimi”, *Muhasebe ve Finansman Dergisi*, 51, 63-80.
- Ghoddusi, H. & Emamzadehfard, S. (2017), “Optimal Hedging in the US Natural Gas Market: The Effect of Maturity and Cointegration”, *Energy Economics*, 63, 92-105.
- Glosten, L.R., Jagannathan, R. & Runkle, D.E. (1993), “On the Relation Between the Expected Value and the Volatility of the Nominal Excess Return on Stocks”, *Journal of Finance*, 48, 1779–1801.
- Gök, İ.Y. (2016), “Türkiye Pay Endeks Futures Piyasasında Optimum Korunma Oranı ve Korunma Etkililiği”, *Ege Akademik Bakış*, 16(4), 719 -732.
- Gregory, A.W., & Hansen, B.E. (1996), “Residual-based Tests for Cointegration in Models with Regime Shifts”, *Journal of Econometrics*, 70, 99-126.
- Hatmi-J, A. & Roca, E. (2006), “Calculating the Optimal Hedge Ratio: Constant, Time-Varying and the Kalman Filter Approach”, *Applied Economics Letters*, 13, 293-299.
- Ji, Q. & Fan, Y. (2011), “A Dynamic Hedging Approach For Refineries in Multiproduct Oil Markets”, *Energy*, 36, 881-887.
- Johnson, L. L. (1960), “The Theory of Hedging and Speculation in Commodity Futures”, *Review of Economic Studies*, 27, 139–151.
- Kim, J.M. & Park, S.Y. (2016), “Optimal Conditional Hedge Ratio: A Simple Shrinkage Estimation Approach”, *Journal of Empirical Finance*, 38, 139-156.
- Kotkatvuori-Örnberg, J. (2016), “Dynamic Conditional Copula Correlation and Optimal Hedge Ratios with Currency Futures”, *International review of Financial analysis*, 47, 60-69.

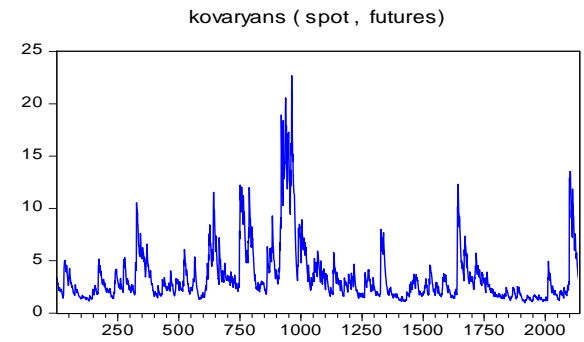
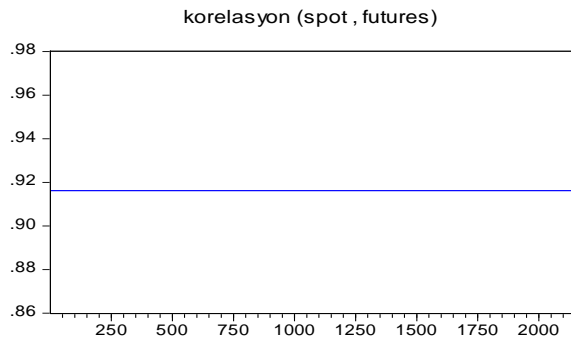
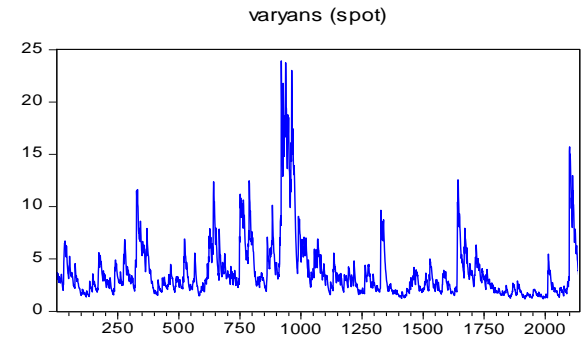
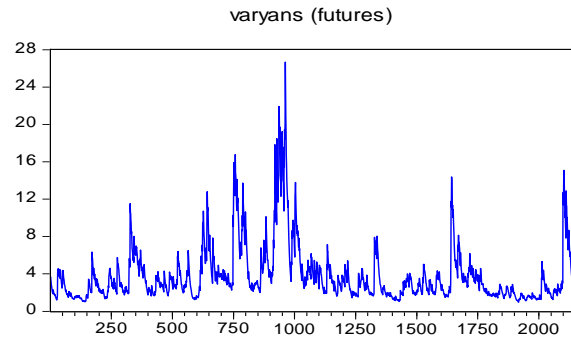
- Kroner, K.F. & Sultan, J. (1993), "Time-Varying Distributions and Dynamic Hedging with Foreign Currency Futures", *The Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 28(4), 535-551.
- Kumar, B., Singh, P.& Pandey, A. (2008), "Hedging Effectiveness of Constant and Time Varying Hedge Ratio in Indian Stock and Commodity Futures Markets (August 6, 2008)", <https://ssrn.com/abstract=1206555> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1206555>. (Erişim tarihi:12.09.2019).
- Lai, Y.S. (2019), "Evaluating the Hedging Performance of Multivariate GARCH Models", *Asia Pacific Management Review*, 24 (1), 86-95.
- Lien, D. & Tse, Y.K (2002), "Some Recent Developments in Futures Hedging", *Journal of Economic Surveys*, 16 (3), 357–396.
- Lo, A.W.(1991). "Long-Term Memory in Stock Market Prices", *Econometrica*, 59 (5), 1279-1313.
- McMillan, D. (2005), "Time-Varying Hedge Ratios for Non-Ferrous Metals Prices", *Resources Policy*, 30 (3), 186-193.
- Mohamed, R.A.H. (2018), "Using GO-GARCH for Modeling the Volatility Dynamics Among Indices in Stock Markets", *International Journal of Research and Reviews in Applied Sciences*, 37 (1), 1-21.
- Nelson, D. (1991), "Conditional Heteroskedasticity in Asset Return: A New Approach", *Econometrica*, 59, 2589–2598
- Olgun, O.& Yetkiner, H. (2011), "Determination of Optimal Hedging Strategy for Index Futures: Evidence from Turkey", *Emerging Markets Finance and Trade*, 47(6), 68-79.
- Özaydın, O. (2018), "Vadeli BIST 30 Endeksi Kontratları Üzerine Koruma Oranı Tahmini ve Koruma Oranı Etkinliği", *Bankacılık ve Sermaye Piyasası Araştırmaları Dergisi-BSPAD*, 2(6), 16-27.
- Phillips, P.C.B.& P. Perron. (1988), "Testing for a Unit Root in Time Series Regression", *Biometrika*, 75, 335-346.
- Robinson, P.M. & M. Henry (1999), "Long and Short Memory Conditional Heteroskedasticity in Estimating the Memory Parameter of Levels", *Econometric Theory*, 15(3), 299-336.
- Schwert, W. (1989), "Tests for Unit-Roots: A Monte Carlo Investigation", *Journal of Business and Economic Statistics*, 7 (2), 147-159.
- Silber, W. (1985), "The Economic Role of Financial Futures. In: Peck, A.E. (Ed.), *Futures Markets: Their Economic Role*", American Enterprise Institute for Public Policy Research, Washington, DC.
- Sing, G. (2017), "Estimating Optimal Hedge Ratio and Hedging Effectiveness in the NSE Index Futures", *Journal of Business Research*, 6(2), 108-131.
- van der Weide, R. (2002), "GO-GARCH: A Multivariate Generalized Orthogonal GARCH Model", *Journal of Applied Econometrics*, 17, 549-564.
- Wang, Y. & Wu, C. (2012), "Forecasting Energy Market Volatility using GARCH Models: Can Multivariate Models Beat Univariate Models?", *Energy Economics*, 34, 2167-2181.
- Wang, Y., Geng, Q.& Meng, F. (2019), "Futures Hedging in Crude Oil Markets: A Comparison between Minimum-Variance and Minimum-Risk Frameworks", *Energy*, 181(15), 815-826.
- Zakoian, J. (1994), "Threshold Heteroskedastic Models", *Journal of Economic Dynamics and Control*, 18, 931-955.
- Zhou, J. (2016), "Hedging Performance of REIT Index Futures: A Comparison of Alternative Hedge Ratio Estimation Methods", *Economic Modelling*, 52, 690-698.
- Zivot, E., & Andrews, D.W.K. (1992), "Further Evidence on the Great Crash, the Oil Price Shocks, And Unit Root Hypothesis", *Journal of Business & Economic Statistics*, 10, 251-270.

## EK I: DBEKK ve CCC-GARCH Modellerine Dayalı Değerler (BIST30)

DBEKK BIST30 endeksi

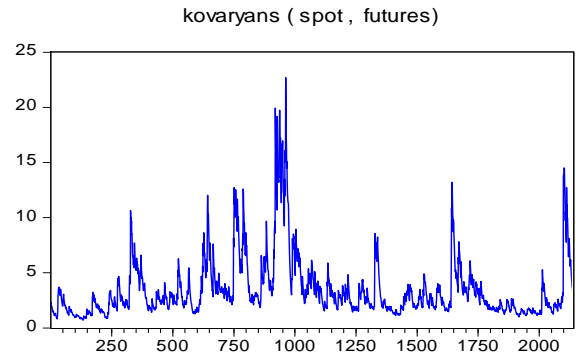
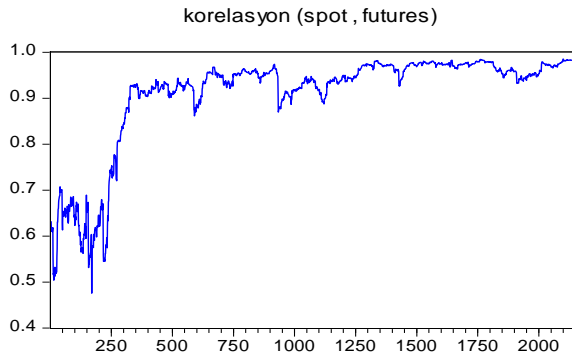
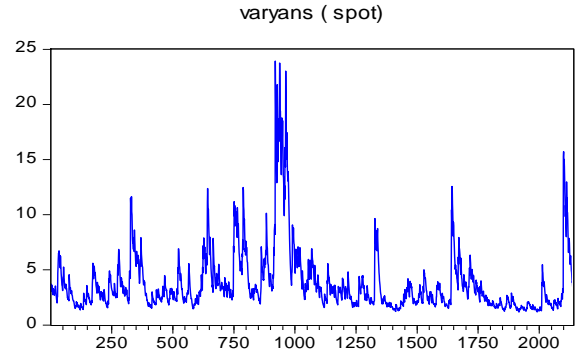
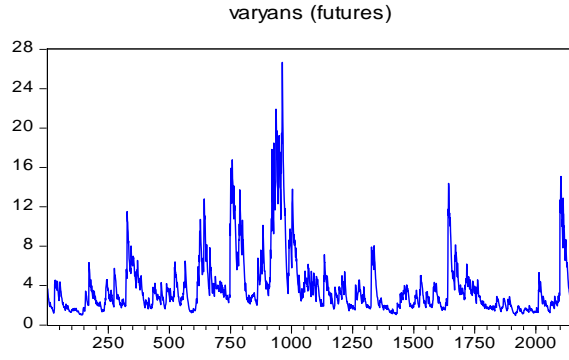


CCC-GARCH BIST30 endeksi

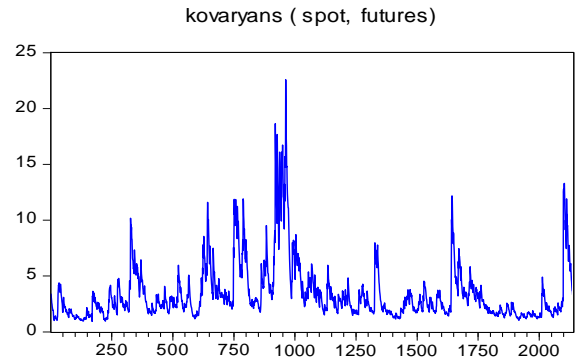
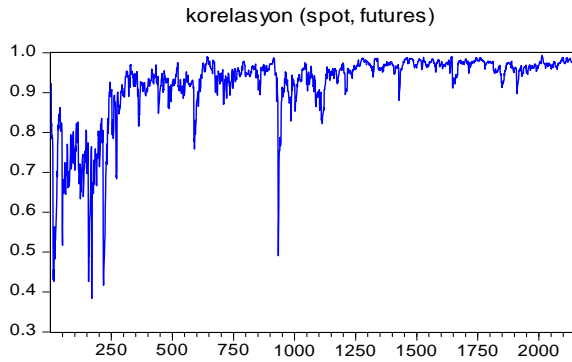
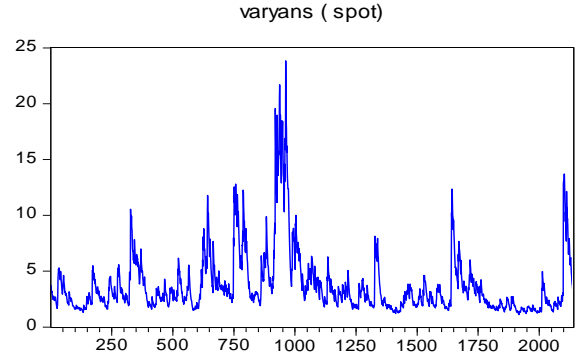
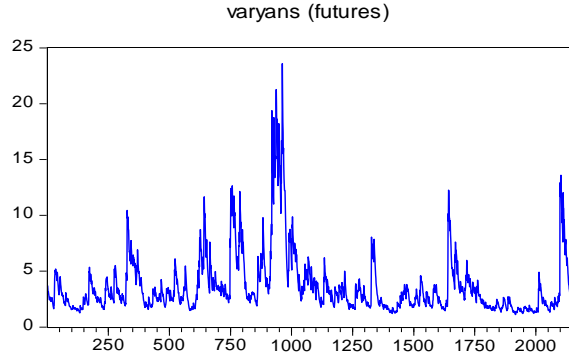


## EK II : DCC-GARCH ve GO-GARCH-NLS Modellerine Dayalı Değerler (BIST30)

DCC-GARCH BIST30 endeksi

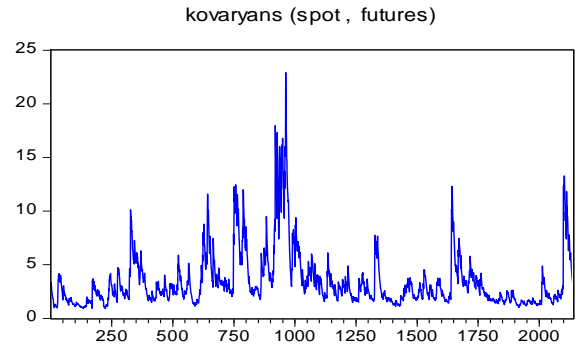
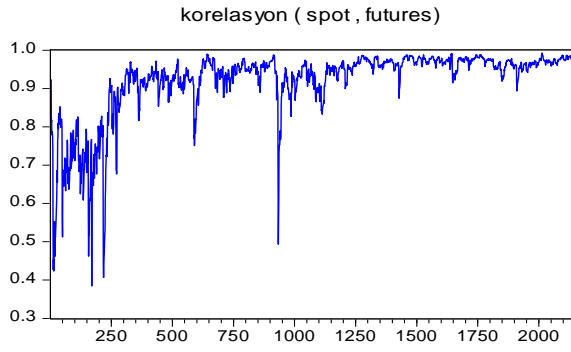
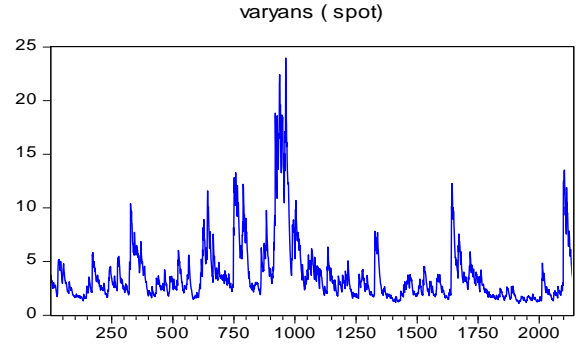
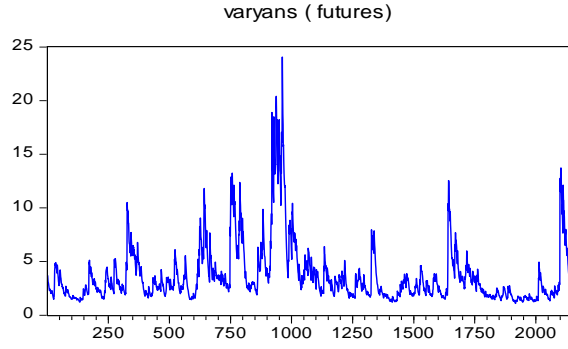


GOGARCHNLS BIST30 endeksi

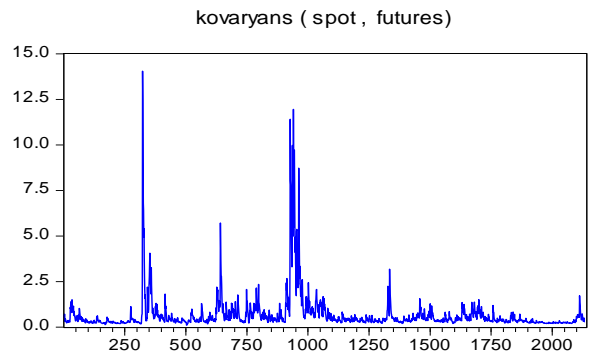
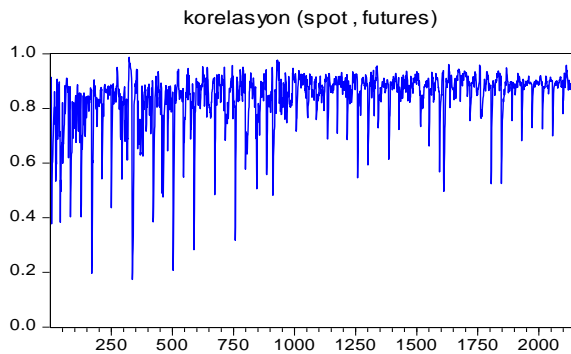
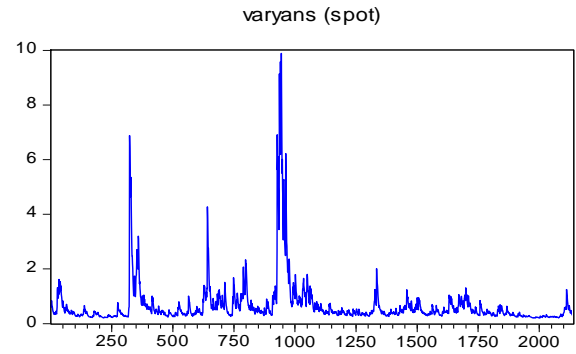
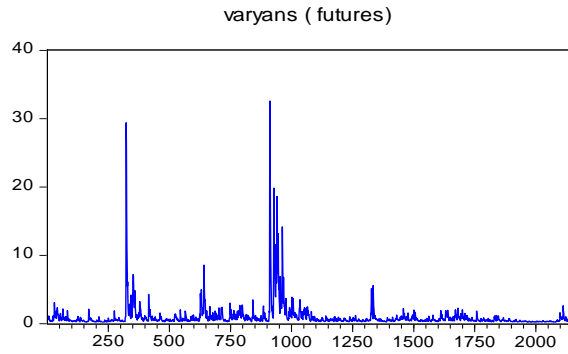


### EK III :GO-GARCH-ML (BIST30) ve DBEKK(Dolar-TL) Modellerine Dayalı Değerler

GOGARCHML BIST30 endeksi

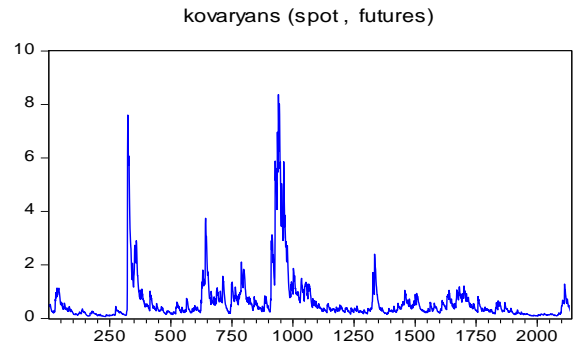
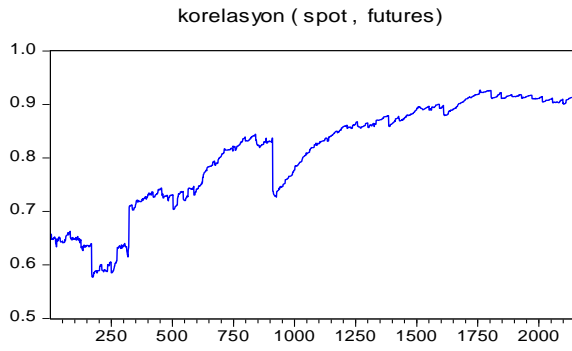
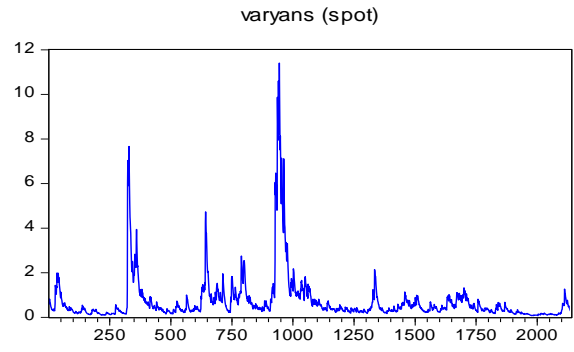
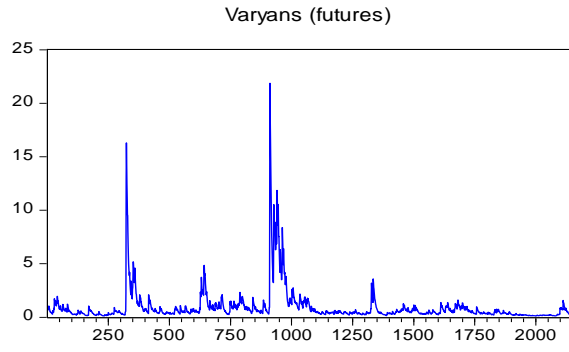


DBEKK Dolar-TL kuru

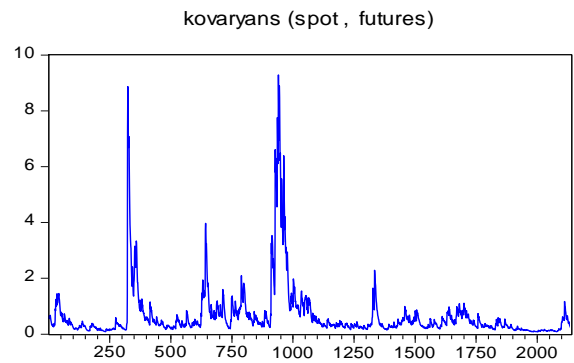
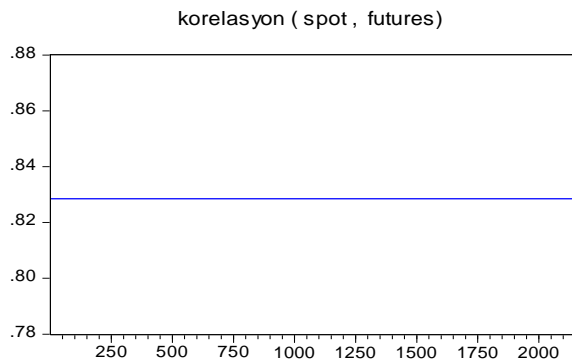
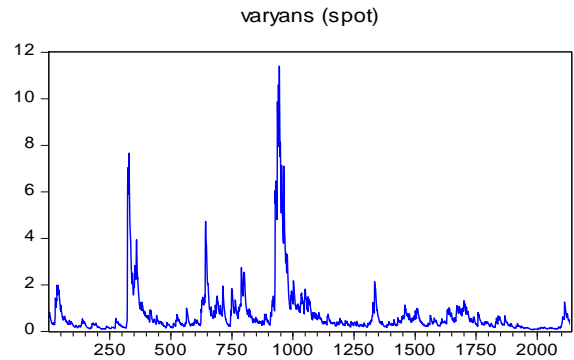
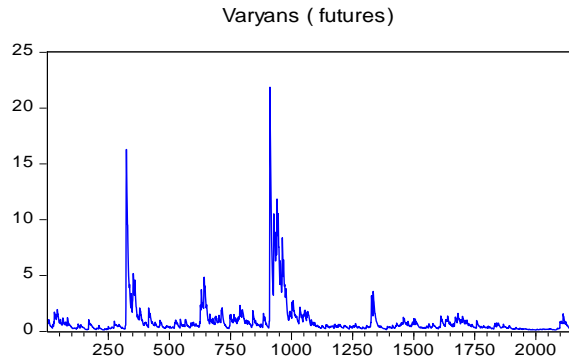


## EK IV : DCC-GARCH ve CCC-GARCH Modellerine Dayalı Değerler (Dolar-TL)

DCC GARCH Dolar-TL

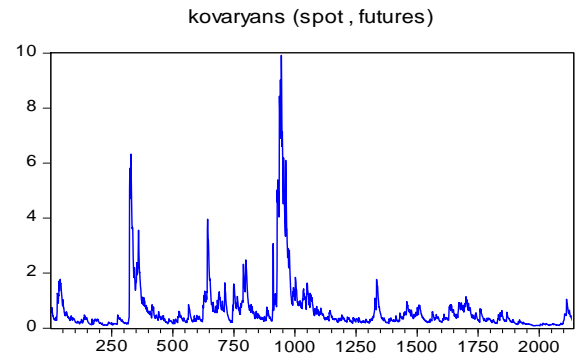
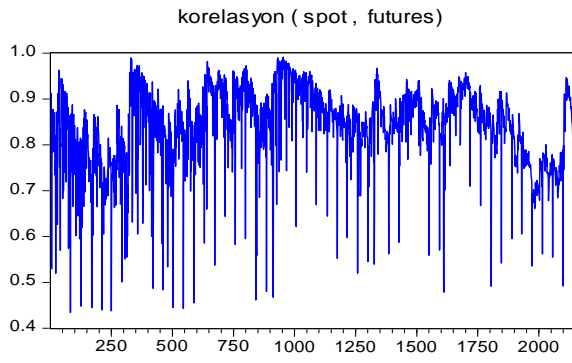
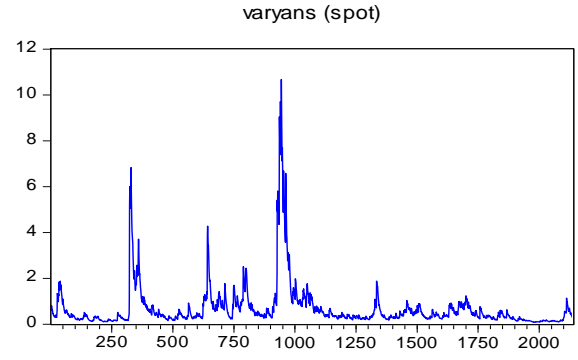
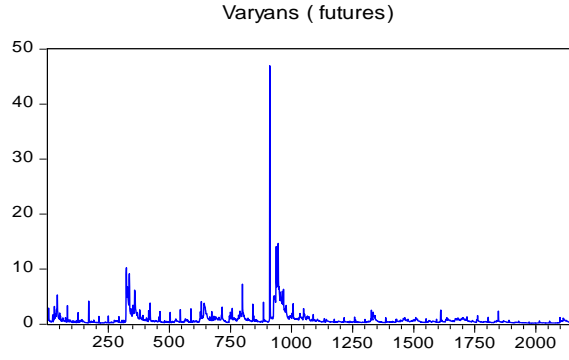


CCC GARCH Dolar-TL



## EK V: GO-GARCH-NLS ve GO-GARCH-ML Modellerine Dayalı Değerler (Dolar-TL)

GOGARCH-NLS Dolar-TL



GOGARCHML Dolar-TL

