The Journal of Academic Social Science Studies
Yıl: 16 - Sayı: 98 , s. 461-494, Kış 2023

Gayrimenkul Türevleri, Gayrimenkul Türev Fiyatlandırma Modelleri ve Türkiye'de Bir Uygulama* **

Arş. Gör. Dr. Toygun Atasoy
ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-7399-0215
Ankara Üniversitesi, Uygulamali Bilimler Fakültesi, Gayrimenkul Geliştirme ve Yönetimi Bölümü, Ankara – TÜRKİYE

Prof. Dr. Harun Tanrıvermiş
ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-0765-5347
Ankara Üniversitesi, Uygulamali Bilimler Fakültesi, Gayrimenkul Geliştirme ve Yönetimi Bölümü, Ankara – TÜRKİYE

Makale Geçmişi
Geliş: 19.11.2023
Kabul: 30.12.2023
On-line Yayın: 31.12.2023

Anahtar Kelimeler
Gayrimenkul Türevleri
Gayrimenkul Piyasaları
Gayrimenkul Türev Modelleri
Volatilite Modellemesi
Konut Fiyat Endeksi

Araştırma Makalesi

Öz

Finansal risklerden korunma ya da söz konusu riskleri azaltmak amacıyla ekonomide bazı finansal araçlar geliştirilmiş olup, türev finansal ürünler, söz konusu araçlar içinde önemli bir yere sahip olmuştur. Gayrimenkul piyasalarında gayrimenkul türevleri olarak bilinen türev sözleşmelerin kullanımı, gelişmiş ekonomilerde oldukça yaygındır. Gayrimenkul finansman sistemlerinin gelişmesi ile birlikte ikincil piyasalarda işlem gören türev sözleşmelerin sayısında artış olmuş ve gayrimenkul türev modellerinde ise ekonomik koşullara göre değişim gerçekleşmiştir. Araştırma kapsamında öncelikle gayrimenkul türev modellerinden Shiller-Weiss, Syz'ın Modeli, BFSP (Bragt-Franche-Singor-Pelsser), Cao-Wei, Fabozzi-Shiller-Tunaru, Geltner ve Fisher ile Bjork ve Clapham modelleri incelenmiştir. Ayrıca 2010-2020 döneminde aylık olarak yayımlanan Ankara Konut Fiyat Endeksine ilişkin volatilite modellemesi E-GARCH (Üstel GARCH) yöntemi kullanılarak tahmin edilmiş ve araştırma sonuçlarına göre; asimetrik etkiyi gösteren parametrenin negatif ve anlamlı olduğu ve negatif şokların, pozitif şoklardan daha büyük etkiye sahip olduğu saptanmıştır. Ankara Konut Fiyat Endeksini etkileyen değişkenler seçilerek VAR modeli oluşturulmuş ve varyans ayrıştırması sonuçlarına göre konut fiyat endeksindeki değişim irdelenmiştir. Ankara Konut Fiyat Endeksi verilerine dayalı oluşturulan uygulama örneğine göre opsiyon modelleri arasında Syz'ın Modelinin daha risksiz bir model olduğu tespit edilmiştir. Forward/futures sözleşmelerde Cao-Wei Modelinin bir konut fiyat endeksine dayalı olması açısından Türkiye koşullarında uygulanabilir olduğu belirlenmiştir. Swap sözleşmelerde ise Bjork ve Clapham Modelinin gayrimenkul piyasalarının dinamiklerini daha iyi yansıtması nedeniyle Türkiye için uygun olduğu değerlendirilmiştir.

* Bu makale, İntihal.net tarafından taranmıştır. Bu makale, Creative Commons lisansı altındadır. Bu makale için etik kurul onayı gerekmemektedir.

** Bu çalışma, Toygun Atasoy'un Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gayrimenkul Geliştirme ve Yönetimi Anabilim Dalı'nda 07.09.2022 tarihinde savunulan doktora tezinden üretilmiştir.

DOI:
http://dx.doi.org/10.29228/JASSS.74270

Atıf Bilgisi / Reference Information

Atasoy, T. & Tanrıvermiş, H. (2023). Gayrimenkul Türevleri, Gayrimenkul Türev Fiyatlandirma Modelleri ve Türkiye'de Bir Uygulama. *Jass Studies-The Journal of Academic Social Science Studies*, 16(98), 461-494.

The Journal of Academic Social Science Studies
Year: 16 - Number: 98 , p. 461-494, Winter 2023

Real Estate Derivatives, Real Estate Derivative Pricing Models and an Application in Turkey ***

Res. Asst. Toygun Atasoy
Ankara University, Faculty of Applied Sciences, Department of Real Estate Development and Management, Ankara – TÜRKİYE

Prof. Dr. Harun Tanrivermiş
Ankara University, Faculty of Applied Sciences, Department of Real Estate Development and Management, Ankara – TÜRKİYE

Article History

Submitted: 19-12-2023
Accepted: 10-01-2024
Published Online: 30.09.2023

Keywords

Real Estate Derivatives
Real Estate Markets
Real Estate Derivative Models
Volatility Modelling
Housing Price Index

Research Article

Abstract

Some financial instruments have been developed in the economy to hedge or reduce financial risks, and derivative financial products have an essential place among these instruments. Using derivative contracts known as real estate derivatives in real estate markets is quite common in developed economies. With the development of real estate financing systems, the number of derivative contracts traded in secondary markets has increased, and real estate derivative models have changed according to economic conditions. Within the scope of the research, Shiller-Weiss, Syz's Model, BFSP (Bragt-Franche-Singor-Pelsser), Cao-Wei, Fabozzi-Shiller-Tunaru, Geltner and Fisher, Bjork and Clapham models are analyzed. In addition, the Ankara House Price Index's volatility modeling, published monthly for the period 2010-2020, is estimated using the E-GARCH (Exponential GARCH) method. According to the results of the study, it is found that the parameter indicating the asymmetric effect is negative and significant, and negative shocks have a larger effect than positive shocks. A VAR model was constructed by selecting the variables affecting the Ankara House Price Index, and the change in the house price index was analyzed according to the variance decomposition results. According to the application example based on Ankara House Price Index data, Syz's Model is found to be a less risky model among option models. In forward/futures contracts, the Cao-Wei Model was found to be applicable under Turkish conditions as it is based on a house price index. In swap contracts, the Bjork and Clapham Model is suitable for Turkey as it better reflects the dynamics of real estate markets.

* This article was checked by Intihal.net. This article is under the Creative Commons license. Ethics committee approval is not required for this article.

** This study was produced from the first author's doctoral thesis.

DOI:
http://dx.doi.org/10.29228/JASSS.74270

GİRİŞ

Mali piyasaların kurulma amacı; fon ihtiyacı olan tarafları, fon sahibi olan piyasada yer alan aktörlerle bir araya getirmektir. Kamu ve özel sektör yatırımcıları ile uluslararası yatırımcılar mali piyasaların en temel oyuncularıdır. İşlemin türüne göre mali piyasaları, spot piyasalar ve türev piyasalar şeklinde sınıflandırabilmek mümkündür. Spot piyasalarda, ürünün teslimatı yapıldığı zaman ödeme gerçekleştirilirken, türev piyasalarda ise hem ödeme hem de teslimat sonraki bir zaman diliminde, önceden belirlenmiş tutar ve vade üzerinden yapılır (Saltoğlu 2018). Bir türev ürün, dayanak varlık olarak bilinen başka bir varlığın değerinden türetilen bir finansal araç olarak tanımlanabilir. Modern dünyada çok çeşitli türev ürünler yer almakta olup, söz konusu ürünler organize borsalarda (organized exchanges) ya da tezgâh üstü (over the counter, OTC) piyasalarda alınıp satılabilir (Chisholm, 2010). Organize piyasalar, standartlaştırılmış finansal araçların alınması ve satılmasına imkân tanıyan hukuki düzenlemelerin yapıldığı borsalardır (Saltoğlu, 2018). Tezgâh üstü piyasalarda ise organize piyasaların aksine çok az düzenleyici denetimeler bulunmakta veya hiç denetleme yapılamamaktadır (Dodd, 2002).

En yaygın olarak kullanılan finansal türev ürünler; Forwards Sözleşmeler, Futures Sözleşmeler, Opsiyonlar ve Swaplar (Chambers, 2012) olmakla birlikte bu çalışmada opsiyon sözleşmeler üzerine uygulama gerçekleştirilmiştir. Söz konusu finansal türev ürünler, spekülatif (yatırım) ya da riskten korunma amacıyla kullanılabildiği gibi, gelecekteki belirsiz sonuçların tahminlerinin de görülebilmesi açısından önem taşımaktadır. Bu piyasada yer alan spekülatörler, kar elde etmek isteyen yatırımcılardır. Riskten korunanlar ise maruz kaldıkları riski azaltmak amacıyla ilgili türev finansal ürünleri alan ya da satan kişilerdir (Boyle & McDougall, 2019). Finansal türev ürünlerin en büyük avantajlarından bir tanesi, dayanak varlığın gelecekteki belirsizlikleri için bir fiyat belirlenmesi ve ileri bir tarihte ortaya çıkabilecek risklerin yönetilmesi bakımından bir sigorta olarak işlem görmesidir. Finansal türev ürünlerin faydaları bulunmasına rağmen, türev piyasalarına yönelik bazı eleştiriler de bulunmaktadır. Eleştiriler arasında, 2007-2008 döneminde yaşanan ve mortgage (uzun vadeli teminatlı ipotekli krediler) krizi olarak da adlandırılan krizin, yüksek kaldıraçlı türev ürünlerin fiyatlanmasının yanlış olması ve ürünlerin hatalı kullanılmasından kaynaklandığı hususu ön plana çıkmaktadır. Söz konusu dönemde en faydalı kullanım alanı olan risk yönetiminde kullanılmayan finansal türev ürünler, daha çok spekülatif amaçlar için kullanılmış ve bu nedenle olumsuz sonuçların ortaya çıkmasına neden olmuştur (Saltoğlu, 2018).

Türkiye'de gayrimenkul piyasasının çok hızlı büyümesi, gayrimenkul yatırımları ve projelerinin analizine daha fazla özen gösterilmesini zorunlu kılmış olup, gayrimenkul ipoteğine dayalı krediler için ikincil piyasaların gelişmesi sağlanmıştır. Gayrimenkul piyasaları; gayrimenkullerin fiziksel özelliklerinin yanında, taşınmazın bulunduğu ülkenin makroekonomik faktörlerinden de doğrudan etkilenmektedir. Gayrimenkul ipoteğine dayalı kredilere bağlı olarak ikincil piyasaların gelişmesi sağlanmıştır. Özellikle ipoteğe dayalı menkul kıymetlerin ortaya çıkarılması ile gayrimenkul piyasalarının sermaye piyasaları ile entegrasyonu zorunlu olmuş, piyasa daha likit hale gelmiş, finansal kurumlar riski menkul kıymetleştirme sayesinde azaltabilmiş ve ek kaynak ortaya çıkarılmıştır. Ayrıca ipoteğe dayalı türev araçlar geliştirilmiş ve ikincil piyasalarda rekabet ve etkinliğin meydana gelmesi sağlanmıştır (Eroğlu, 2010). Bu çalışmada, gayrimenkul türev modelleri incelenmiş ve Türkiye'de Konut Fiyat Endeksine yönelik bir uygulama gerçekleştirilmiştir.

1. Materyal ve Yöntem

Finansal bir varlığa dayalı olarak çıkarılan ve söz konusu dayanak varlığın değerine göre değeri belirlenen türev araçlar, borsada işlem gören şirketlerin hisse senetlerine, ihraç edilen

tahvillere, döviz kuruna, faiz oranlarına, emtia fiyatlarına dayalı olabileceği gibi enerji piyasalarına veya gayrimenkul piyasalarına da bağlı olabilir. Gayrimenkul türevleri söz konusu olduğunda, dayanak genellikle bireysel bir varlık değil geniş tabanlı bir gayrimenkul endeksi olmaktadır (Tunaru, 2017). Türkiye'de, Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası (TCMB) tarafından yayımlanan Konut Fiyat Endeksi (KFE), konut satışlarında kredi talebine bağlı olarak ortaya çıkan değerleme raporlarının sonuçlarına göre hesaplanmaktadır. Çalışmada, 2010-2020 dönemi içinde Ankara İli düzeyinde Konut Fiyat Endeksine ait veriler analiz aşamasında kullanılmıştır. Konut Fiyat Endeksine ait veriler, 2010 yılının Ocak ayından itibaren 2020 yılının Aralık ayına kadar aylık olarak düzenlenmiş olup, söz konusu veriler enflasyondan arındırılarak analize dahil edilmiştir. Kullanılan verilerin volatilite modellemesi gerçekleştirilmiş olup, elde edilen sonuçlar incelenen gayrimenkul türev fiyatlandırma modellerine uyarlanmış ve söz konusu modellere göre değerlendirme ve karşılaştırma yapılmıştır.

Finans bilim alanında, opsiyon fiyatlandırması gibi çeşitli problemler, bir zaman serisinin volatilitesi veya değişkenliği üzerine yapılan çalışmaları harekete geçirmiştir (Shumway & Stoffer, 2017). Finansal varlıklara ilişkin getirilerde sıklıkla inceleme konusu olan volatilite, bir değişkenin, belli bir süre içerisinde ortalamasına göre yüksek artış ya da azalış şeklinde hareket etmesi anlamına gelmektedir. Başka bir ifade ile finansal araçların getirilerinin standart sapması ya da varyansı olarak tanımlanmaktadır (Akel, 2011). Volatilitenin modellenmesi için otoregresif koşullu değişen varyans (ARCH) modeli (Engle, 1982), genelleştirilmiş ARCH modeli (Bollerslev, 1986) ve üstel GARCH (EGARCH) modeli (Nelson, 1991) önerilmiştir. Volatilite modellemesinden önce zaman serilerinde durağanlık ve otoregresif hareketli ortalamalar modellerine (ARMA) ilişkin yöntemler üzerinde durulmuştur. ARMA modelinin oluşturulmasında cari değerlerle yayımlanan konut fiyat endeksi reel hale getirilerek kullanılmıştır. Reel Ankara Konut Fiyat Endeksinin volatilite serisini elde edebilmek için reel Konut Fiyat Endeksinin getiri serisi elde edilmiştir.

Çalışma kapsamında ayrıca Ankara İli Konut Fiyat Endeksi ile makroekonomik değişkenler arasındaki ilişkiler de incelenmiştir. Literatür incelemesi sonucu konut fiyatlarını etkileyen birçok değişken olduğu belirlenmiş olup, bunlar döviz kuru, gayrisafi yurtiçi hasıla, hanehalkı geliri, inşaat maliyet endeksi, işsizlik oranı konut kredisi faiz oranı, konut kredisi hacmi, nüfus, para arzı, sanayi üretim endeksi, yeni konutlar fiyat endeksi, yurtiçi üretici fiyat endeksi olarak sıralanabilir (Aliefendioğlu & Çevik, 2015; Karadaş & Salihoğlu, 2020; Atasoy & Tursun 2022; Tursun, 2023). Bu çalışmada, kullanılan analizlere göre en iyi sonucu veren ve Konut Fiyat Endeksini etkileyen değişkenler; döviz kuru (ABD dolar), Yi-ÜFE ve konut kredisi faiz oranı (%) olarak seçilmiş olup, bu işlemde bütün değişkenlerin cari değerleri alınmıştır. Bu aşamada, değişkenler arasındaki ilişkileri incelemek için Granger nedensellik testi uygulanmış ve VAR modeli kurularak, varyans ayrıştırması sonuçları yorumlanmıştır. Çalışmada son olarak bir senaryo üzerinden Ankara İli Reel Konut Fiyat Endeksine dayalı olarak piyasada yer alabilecek türev sözleşmelerin bir uygulaması gerçekleştirilerek, gayrimenkul türev modellerinin değerlendirilmesi yapılmış ve önerilerde bulunulmuştur.

2. Türev Finansal Araçlar ve Gayrimenkul Türev Fiyatlandırma Modelleri

Bu bölümde forward, futures, opsiyonlar ve swaplar olacak şekilde türev finansal araçlar incelenmiş olup, gayrimenkul türev fiyatlandırma modelleri söz konusu araçlara göre denge modelleri, arbitrajsız modeller ve ekonometri ve matematik temelli modeller olmak üzere değerlendirilmiştir.

2.1 Türev Finansal Araçlar

Finansal olarak alınan risklerden korunma veya bu riski azaltma amacıyla bazı finansal araçlar ortaya çıkarılmıştır. Söz konusu araçlar içinde türev finansal ürünler önemli bir yer almakta

olup, bunların forward, futures, opsiyonlar ve swaplar olmak üzere dört çeşidi bulunmaktadır. Türev ürünlerin türev piyasalarda işlem gören değerleri, dayalı oldukları finansal araçlara bağlıdır. Türev ürünlerin dayalı oldukları varlıklar; borsada işlem gören şirketlerin hisse senetleri, ihraç edilen tahviller, döviz kuru, faiz oranları ve emtia fiyatları olarak sıralanabilir. Bu açıdan türev ürünler, piyasalarda alım-satımı gerçekleştirilen varlıkların uzantısı (türevi) işlevini gören finansal araçlardır. Türev araçların alınıp satılabildiği piyasalara ise, türev piyasalar denilmektedir (Chambers, 2012). Türev piyasalara vadeli işlem piyasaları adı da verilmektedir. Vadeli işlem piyasalarında işlem gören bütün araçlar, vadeli işlem sözleşmeleri olup, söz konusu sözleşmeler; hisse senedi ya da tahvil gibi araçlar değildir ve daha önceden belirtilmiş olan vadede ve miktarda olan, sözleşmede adı geçen varlığın teslimini içeren türev finansal araçlardır (Karatepe, 2000).

Türev araçların kullanılmasının oldukça eski bir dönemde başladığı, ilk vadeli sözleşmenin milattan önceki zamanlarda Thales tarafından kullanıldığı ve söz konusu sözleşmenin günümüzdeki alım opsiyonlarına benzediği belirtilmektedir. Thales'in, zeytinlerin hasat edilmesi için yağhaneler ile yaptığı sözleşmelerin, yağışa ve iklime ilişkin verileri kullanarak modeller ürettiği ve bu nedenlerle başarılı bir fiyat tahminlemesi yaptığı ifade edilmektedir. Zaman içinde Japonya'da pirinç tarımı üzerinde vadeli işlemler yapılmış, Amerika'da hububat yetiştiriciliğinin mevsimsel özellikleri olması nedeniyle tahıl fazlalığının depolanmasında yaşanan güçlüklerin çözümünde türev sözleşmeler kullanılmıştır (Karatepe, 2000; Saltoğlu, 2018).

İkinci Dünya Savaşı bittikten sonra finans piyasalarında tekrar yapılanma süreci Bretton Woods anlaşması ile başlamıştır. Bu anlaşmaya göre, anlaşmayı imzalayan ülkeler, döviz kurlarını sabit tutmayı ya da belirlenmiş olan kur değerinin %1 altında veya üzerinde tutmayı kabul etmişlerdir. 1971 yılında anlaşma bozulmuş ve dünya finans piyasaları hızlıca değişmeye başlamıştır. Anlaşmanın bozulmasından sonraki süreç içinde, piyasalar özellikle döviz ve faiz riski ile karşı karşıya kalmış ve finansal risk yönetimi kavramı oldukça önemli bir konuma taşınmıştır (Chambers, 2012).

Türev finansal araçlar, altın, gümüş ve petrol gibi emtialar ile mısır ve pamuk gibi tarım ürünleri veya gayrimenkuller gibi fiziki bir ürüne dayalı olabileceği gibi, bazı finans ürünlerine (hisse senedi, tahvil ya da bir endeks gibi) de dayalı olabilir. Türev araçların kullanımındaki amaçlar; korunma, spekülasyon ve arbitraj olarak sıralanabilir (Biket, 2015). Bunlar kısaca aşağıda açıklanmıştır:

i. Korunma (Hedging): Döviz fiyatlarının, faiz oranlarının ya da fiyatların beklenmedik değişimlerine karşılık, yatırımcıların spot piyasada bulundukları durumun tersine türev piyasalarda bir pozisyon alarak spot piyasalardaki olası risklerine karşılık önlem almasıdır.

ii. Spekülasyon: Finansal araçların değerlerinde meydana gelen değişimlere yönelik yatırım yapan kişilerin, söz konusu araçların değerlerini tahmin ederek veya beklentilerine dayanarak kar etmek için alım-satım yapmasıdır.

iii. Arbitraj: Bir malın, aynı zaman diliminde bir piyasadan alınarak başka bir piyasada avantajlı bir fiyata satılması ve risksiz olarak fiyat değişimlerinden kaynaklı olarak kar edilmesidir.

Türev finansal araçlara ilişkin sözleşmeleri, forward, futures, opsiyonlar ve swap olarak dört ana grupta toplanmaktadır. Bunlar kısaca aşağıda açıklanmıştır:

2.1.1 Forward sözleşmeleri

Forward sözleşmeleri, doğrudan iki taraf arasında yapılır. Fiziksel olarak teslim edilen forward sözleşmelerinde, bir taraf gelecek bir tarihte mutabık kalınan sabit bir fiyattan dayanak bir emtia veya finansal varlık almayı kabul ederken, diğer taraf, söz konusu ürünü öngörülen fiyattan teslim etmeyi kabul etmektedir. Her iki taraf da teslimat tarihinde dayanakların değerine

bakılmaksızın, yasal ve bağlayıcı bir taahhüt olan sözleşmeyi yerine getirmekle yükümlüdür (Chisholm, 2010). Forward sözleşmeleri, iki taraf arasında gelecekte işlem yapmalarını zorunlu kılan bir anlaşma olup, varlığın fiyatı ve vadesi önceden belirlenmiştir. Bir forward sözleşmesinin temel özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir (Gottesman, 2016):

- Sözleşmenin taraflarından birine "uzun pozisyon" ve diğer tarafa ise "kısa pozisyon" denir.
- Uzun pozisyona sahip olan taraf, gelecekte kısa pozisyona sahip olan tarafa ait olan sözleşmeye konu varlığı vadesinde satın almakla yükümlüdür. Kısa pozisyon tarafı ise varlığı satmak zorundadır.
- Varlık "dayanak varlık" olarak bilinir. Dayanak varlık herhangi bir varlık olabilir. Yaygın örnekler arasında hisse senetleri, tahviller, para birimleri ve emtialar sayılabilir.
- İşlemin gerçekleşeceği zamandaki noktaya "vade tarihi" denir.
- Dayanak varlığın satın alındığı fiyat "forward fiyat" olarak adlandırılır. İşlem gelecekte gerçekleşmesine rağmen, forward fiyat başlangıçta belirlenir.
- Taraflar, dayanak varlık, vadeli fiyat, son kullanma tarihi dahil tüm ayrıntılar başlangıçta belirtilir.

Yalçıner vd. (2014) tarafından forward sözleşmelerinin önemli özellikleri aşağıdaki gibi sıralanmıştır:

- Organize olmayan bir piyasada oluşturulması,
- Çoğunlukla bankaların özel sayılabilecek müşterileri ile imzalanan sözleşmeler olması,
- Herhangi bir standart sözleşmenin bulunmaması ve sözleşmenin şartlarının iki taraf arasında belirlenmesi,
- Sözleşmenin taraflar arasındaki güvene göre gerçekleştirilmesinden dolayı teminat sisteminin olmaması,
- Taraflar arasında anlaşılması durumunda iptal işleminin yapılması,
- Üçüncü kişilere devrinin mümkün olamaması,
- Vadenin sonunda tarafların yükümlülüklerinin yerine getirmesi.

Forward sözleşmelerinde ileri bir tarihte belli bir değer üzerinden bir varlığın satışı ve alışı meydana gelmektedir. Bu durumda ileri bir tarihte satışı gerçekleşecek varlığın fiyatının tespiti büyük önem taşımakta olup, genellikle cash-and-carry hesaplaması olarak bilinen yöntem ile fiyat tespiti yapılmaktadır. Bu, arbitraj fırsatlarının aktif ve verimli bir pazarda mevcut olmaması gerektiği varsayımına dayanmaktadır (Chisholm, 2010). Cash and carry, bir malı satın alma ve belli bir zaman elde tutma veya söz konusu malın taşıma maliyetlerini içeren ve peşin fiyatı ile gelecekteki fiyatı arasındaki ilişkiyi açıklayan bir kavramdır (Chambers, 2012).

Başlangıçta belirlenen forward fiyatı aşağıda verilen eşitlik ile tespit edilir:

$$F = S_0 \cdot e^{r_0(T-t_0)} \quad (2.1)$$

Burada;

F: Forward Fiyatı,

t_0: Sözleşme başlangıç tarihi,

T: Sözleşme bitiş tarihi,

S_0: Dayanak varlığın başlangıç tarihindeki fiyatı,

r_0: Başlangıç tarihindeki sürekli bileşik risksiz faiz oranını gösterir.

Buna göre forward fiyatının belirleyicileri, başlangıç tarihinde dayanak varlığın fiyatı, başlangıç tarihinde risksiz faiz oranı ve sözleşme bitiş tarihidir. Bu denklem sonucu oluşan forward fiyat, teorik forward fiyatını temsil etmekle birlikte, ileride gerçekleşen fiyattan farklılık

gösterebilir.

Forward değeri ise forward fiyatından farklılık göstermektedir. Forward değeri, alınan pozisyona göre elde edilen kazanç ya da kaybı gösterir. Forward başlangıçta sıfır değere sahip olacak şekilde tasarlanırken, daha sonra Forward değerinin belirleyicileri kaçınılmaz olarak değişecektir. Bir forward sözleşmesinde uzun pozisyon için forward değeri aşağıdaki denkleme göre belirlenebilir:

$$f_t = S_t - F \cdot e^{-r_t(T-t)} \quad (2.2)$$

Burada;

f_t: Uzun forward değeri,

F: Forward fiyatı,

t: Değerleme tarihi,

T: Sözleşmenin vade tarihi,

$T-t$: Değerleme tarihi ile vade tarihi arasındaki dönem,

St: Dayanak varlığın değerleme tarihindeki fiyatı,

r_t: Değerleme tarihindeki sürekli bileşik risksiz faiz oranını gösterir.

Forward değerine ilişkin denkleme göre; değerleme tarihinde dayanak varlığın fiyatı, forward fiyatı, değerleme tarihinde risksiz faiz oranı ve sözleşme bitiş tarihi forward değerinin belirleyicileridir. Eğer f_t pozitif çıkarsa, uzun pozisyon almış olan yatırımcının kazançta olduğu ve aksine kısa pozisyonda olan yatırımcının f_t değeri kadar zararda olduğu; f_t'nin negatif çıkması durumunda ise uzun pozisyon almış olan yatırımcının zararda ve kısa pozisyonda olan yatırımcının kazançta olduğu belirlenmektedir (Gottesman, 2016).

Forward sözleşmeler, finansal araçlar üzerine yapılabildiği gibi, emtialar üzerine de yapılabilir. Söz konusu işlemler, döviz kuru riski, faiz oranı riski ve mal fiyat değişim risklerinden korunma amacıyla kullanılmaktadır. Finansal varlıklara ilişkin yapılan işlemlere finansal forward sözleşmeler, emtialar (gerçek varlıklar) üzerinden imzalanan sözleşmeler ise emtia forward sözleşmeler olarak adlandırılmaktadır (Yalçıner vd. 2014).

2.1.2 Futures sözleşmeleri

Belirlenen miktarlardaki malların, emtiaların ya da menkul kıymetlerin önceden belirlenmiş bir zamanda, belirlenmiş bir fiyat üzerinden teslimini içeren sözleşmelere futures sözleşmeler adı verilmektedir (Yalçıner vd. 2014). Futures sözleşmeler, borsalarda işlem gören standart vadeli sözleşmeler olup, vadeli işlem sözleşmeleri borsalarda işlem gördüğü için, büyük ölçüde standartlaştırılmıştır (Gottesman, 2016). Bir forward sözleşmesi ile aynı yapıya sahip olan futures sözleşmeler arasındaki fark ise futures sözleşmelerin organize ve düzenlenmiş bir borsa yoluyla yapılmasıdır (Chisholm, 2010).

Futures sözleşmelerinin iki tarafı bulunmakta olup, sözleşmenin alıcısı uzun pozisyon ve satıcısı ise kısa pozisyondadır ve sayılarının birbirine eşit olması gerekmektedir (MEB, 2011). Sözleşmeye ilişkin belirlenmiş değer ise futures değeridir ve spot (hemen teslim) fiyatı ile genelde eşit değildir. Söz konusu değerden yüksek ya da düşük olabilir (Hull, 2017). Bu futures sözleşmesinin özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Organize bir borsada işlem görmesi ve Dolar ve Euro gibi dünyada kabul gören güçlü para birimlerinin kullanılması,
- Sözleşmeye ilişkin vade ve kontrat büyüklüğü gibi koşulların standart özellikler taşıması,
- Sözleşmeye ilişkin bütün yükümlülüklerin yerine getirilmesinin takas merkezi tarafından garanti altına alınması,

- Tarafların birbirini görmemeleri,
- Sözleşmelerin tekrar alınabilir ve satılabilir olması,
- Fiyat değişim sınırlarının uygulanması (örnek olarak Türkiye'de buğday için ± % 10 uygulaması) gibi

Takas merkezi başlangıç ve sürdürme teminatları ile yükümlülüğünü garanti altına almaktadır. Ödenmeme riski ile karşı karşıya kalan takas merkezi, teminatların yanı sıra futures sözleşmelerde günlük mutabakat uygulaması da kullanmaktadır. Bir futures sözleşmesinde pozisyon alabilmek için söz konusu sözleşmede öngörülen miktar ya da oranda başlangıçta yatırım hesabında olması gereken en düşük tutar, başlangıç teminatı olarak adlandırılır. İşlemler sonucunda başlangıç teminatının azalabileceği en alt sınır, sürdürme teminatını oluşturmakta ve genellikle başlangıç teminatının belirli bir yüzdesinin alınması ile tespit edilmektedir. Türkiye'de söz konusu oran % 75 olarak belirlenmiştir (Yalçıner vd. 2014). Eğer yatırımın değeri sürdürme değerinden daha düşük bir durum meydana gelirse, aracı kurum yatırımcıya teminat tamamlama çağrısı yapacaktır. Bu durumda yatırımcı portföyün değeri ile başlangıç teminatı arasındaki farkı hesabına yatırması gerekir. Aksi durumda aracı kurum yatırımcının hesabını başka bir yatırımcıya satabilir (Saltoğlu 2018).

Futures piyasalarında alıcı ve satıcı arasında yer alan aracılara takas odaları (clearing house) adı verilir. Takas odası, üyeleri yatırımcı gerçek ve tüzelkişi olan bağımsız kuruluşlardır. Söz konusu yatırımcılar birbirleri ile değil, takas odası ile anlaşır ve bunun sonucunda alım satım işlemleri takas odası tarafından gerçekleştirilir. Takas odasının olmadığı durumlarda, alıcı ile satıcı birbirine sorumluluk içine girer ve taraflardan biri ödenmeme riski ile karşı karşıya kalabilir. Takas odasının bulunması durumunda ise taraflara karşı sorumluluğu üstlenir ve onlar adına güvence verir (Chambers, 2012).

Sadece birkaç ay vadeli forward ve futures sözleşmelerinin işlem fiyatları arasında teorik olarak göz ardı edilebilecek kadar küçük farklar vardır. Uygulamada ise teorik modellerde yansıtılmayan forward ve futures sözleşmelerin fiyatlarının farklı olmasına neden olabilecek bir dizi faktör bulunmaktadır. Söz konusu faktörler; vergiler, işlem maliyetleri ve teminatların işleyişini içermektedir. Karşı tarafın temerrüde düşme riski, futures sözleşmesinde, takas odasının rolü nedeniyle genellikle daha azdır ve futures sözleşmeleri, forward sözleşmelerine göre daha likit ve alım-satımı daha kolay sözleşmeler olarak bilinmektedir. Bütün bu farklılıklara rağmen, çoğu amaç için futures sözleşmeler ile forward sözleşmelerinin fiyatlarının aynı olduğu varsayılmaktadır (Hull 2009).

2.1.3. Opsiyon sözleşmeleri

Opsiyon sözleşmeleri, finansal bir varlık üzerinde ileride yapılacak bir işlem için iki taraf arasında bir sözleşme ile belirlenen ve varlığın referans bir fiyattan alma ya da satma hakkını belirten sözleşmelerdir (Boyle & McDougall, 2019). Yalçıner vd. (2014)'e göre, sözleşmeye dayanak oluşturan belli bir miktardaki malı, finansal aracı, sermaye piyasası aracını veya ekonomik göstergeyi belirlenmiş bir vadede veya vadeye kadar belirlenmiş bir fiyattan alma ya da satma hakkını, belli bir prim karşılığında opsiyonu satın alan kişiye veren sözleşmelerdir. Chambers (2012), bu anlaşma ile opsiyonun satın alan tarafın, belirli bir fiyat üzerinden opsiyon konusu varlığı alma veya satma hakkına sahip olduğunu belirtmiştir. Bunun için alıcı satıcıya, opsiyon fiyatı da denilen bir fiyatı ödemekle birlikte, diğer taraftan satıcı opsiyon anlaşmasıyla, alıcının talep etmesi halinde, önceden anlaşılan fiyat üzerinden varlığı teslim etme yükümlülüğünü üstlenmektedir.

Opsiyon sözleşmelerine ilişkin işlemlerin özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir (Akçay vd. 2012):

- Opsiyonlar, alıcısına opsiyon sözleşmesinde yer alan vadede uygulama fiyatından (strike price) sözleşme ile belirlenmiş finansal varlığı alma veya satma hakkını verir, ancak yükümlülük getirmez.
- Opsiyon sözleşmeleri borsalarda işlem gören opsiyon kontratları hariç olmak üzere standart anlaşmalar değildir yani anlaşmaya konu finansal varlık için istenilen vade ve miktarda fiyatlanabilir.
- Opsiyon işlemlerinde, opsiyon hakkı satın alan tarafın, söz konusu hakkı kullanma yükümlülüğü bulunmamaktadır.
- Opsiyon işlemlerinde opsiyonu satan tarafın ise opsiyonun şartlarını yerine getirme yükümlülüğü bulunmamaktadır.

Opsiyon sözleşmelerinin alış opsiyonu (call opsiyon) ve satış opsiyonu (put opsiyon) olmak üzere iki türü bulunmaktadır. Ayrıca, her bir opsiyon türü için opsiyonun alıcısı ve satıcısı olmak üzere iki tarafı bulunmaktadır (Tablo 1) (Chambers, 2012).

Taraf/Tür	**Alış Opsiyonu (Call Opsiyon)**	**Satış Opsiyonu (Put Opsiyon)**
Alıcı Taraf	Alış Hakkı	Satış Hakkı
Satıcı Taraf	Satış Yükümlülüğü	Alış Yükümlülüğü

Tablo 1. Opsiyon Sözleşmesinin Türleri ve Tarafları

Opsiyon sözleşmelerinde, alma hakkını alan taraf, vade başında bir prim karşılığında vadenin sonunda sözleşmede belirtilen finansal varlığı anlaşma fiyatından alma hakkına sahiptir. Alma hakkını satan taraf, vade başında bir prim alarak vade sonunda söz konusu varlığı anlaşma fiyatından sözleşmenin diğer tarafına verme yükümlülüğündedir. Opsiyon sözleşmelerinin diğer bir türü olan satış opsiyonunda, satma hakkını alan taraf, vade başında bir prim ödeyerek vade sonunda söz konusu varlığı anlaşma fiyatından satma hakkını elde eder. Satma hakkını satan taraf ise vade başında bir prim alarak vade sonunda söz konusu varlığı anlaşma fiyatından sözleşmenin diğer tarafına satma yükümlülüğünü üstlenir (Akçay vd. 2012).

Black & Scholes (1973) opsiyon fiyatlamasına ilişkin bir model geliştirmişlerdir. Bu model, teorik olarak sonucu gelecekte belirsiz olan durumlara bağlı olarak bütün kontratların değerlemesinde kullanılabilmektedir (Chambers, 2012). Söz konusu modelde belirlenen bazı varsayımlar aşağıdaki gibi sıralanabilir (Black & Scholes 1973):

i. Kısa vadeli faiz oranı opsiyon sözleşmesinin süresi boyunca bilinmektedir ve sabittir.
ii. Finansal varlıkların fiyatlarının arbitraja olanak vermeyecek şekilde değişmesi gerekir.
iii. Varlıkların getirileri lognormal dağılım izlemektedir.
iv. Finansal varlığın oynaklığı (volatilitesi) ve risksiz faiz oranı sabittir.
v. Opsiyon türü Avrupa tipi sözleşmedir.
vi. Temettü ve faiz ödemesi yoktur.
vii. İşlem maliyeti (komisyon) yoktur.

Black-Scholes alış opsiyon fiyatlama modeli aşağıdaki gibidir:

$$c=S\,N(d_1)-Ke^{-rT}N(d_2) \tag{2.3}$$

Söz konusu formülde;

$$d_1=\frac{\ln(S/K)+[r+\sigma^2/2]T}{\sigma\sqrt{T}} \tag{2.4}$$

$$d_2=d_1-\sigma\sqrt{T} \tag{2.5}$$

Eşitlik (2.1)'de; S; dayanak varlığın fiyatı, K; uygulama fiyatı, T; vade süresi, r; risksiz faiz oranı, σ^2; dayanak varlığın sürekli bileşiklendirilen getirilerinin yıllık değişimi (varyans veya volatilite) ve $N(d_1)$ ve $N(d_2)$ ise standart normal değişken için kümülatif olasılık dağılım fonksiyonu

olarak tanımlanmıştır.

Black-Scholes satış opsiyon fiyatlama modeli aşağıdaki gibidir:

$$p_t=c_t-S_t+Ke^{-rT} \quad (2.6)$$

Eşitlik (2.3)'de yer alan c değeri, Eşitlik (2.6)'da yerine konulduğunda;

$$p_t=S_t\ N(d_1)-Ke^{-rT}N(d_2)-S_t+Ke^{-rT}$$

$$p_t=S_t[N(d_1)-1] + Ke^{-rT}[1- N(d_2)] \quad (2.7)$$

elde edilir (Akçay vd. 2012, Chambers, 2012).

Opsiyon Primlerinin Duyarlılığı

Black-Scholes modelinde, opsiyonların fiyatlamasının yanında yatırımcıların opsiyon priminin duyarlılığı ve dolayısıyla yatırımcıların risk yönetimi de amaçlanmıştır. Opsiyonun fiyatını belirleyen değişkenlerin (dayanak varlığın fiyatı, vade, faiz oranı, işlem fiyatı ve volatilite gibi) incelenmesinin amaçlarından biri söz konusu değişkenlerde yaşanan bir değişikliğin opsiyona yansıması ve diğeri ise portföy riskinin azaltılmasıdır (Tural, 2008). Opsiyon greekleri olarak da adlandırılan Delta (δ), Gamma (Γ), Theta (θ), Vega (v) ve Rho (ϱ) terimleri, opsiyon primlerinin duyarlılığını ölçen değişkenlerdir.

***Delta (δ)*:** Delta, diğer tüm değişkenler sabit olmak üzere dayanak varlığın fiyatında gerçekleşen bir birimlik değişimin sonunda opsiyon priminde ortaya çıkan değişim olarak ifade edilir. Opsiyonun deltası, riskten korunma olarak da tanımlanabilir ve aşağıdaki şekilde ifade edilmiştir (Shakir, 2010):

$$Delta=\frac{Opsiyon\ Fiyatındaki\ \ Değişim}{Dayanak\ Varlık\ Fiyatındaki\ Değişim}$$

Delta aynı zamanda opsiyon fiyatının dayanak varlık fiyatına göre birinci dereceden kısmi türevi olarak da tanımlanabilir (Akçay vd. 2012).

Satın alma (call) opsiyonunun deltası;

$$\frac{\partial c}{\partial s}= N(d_1) \quad (2.8)$$

Satma (put) opsiyonunun deltası;

$$\frac{\partial p}{\partial s}= N(-d_2) \quad (2.9)$$

ile ifade edilmektedir.

Yukarıdaki formüllerde; ðs; dayanak varlığın spot fiyatındaki bir birimlik değişimi, ðc; call opsiyonun ve ðp ise put opsiyonun fiyatında meydana gelen değişimi göstermektedir (Shakir, 2010). Deltanın değeri call opsiyonlar için 0-1 arasında, put opsiyonlar için -1 ile 0 arasında bir değer almaktadır. Delta, opsiyonlara konu dayanak varlığın fiyatlarında yaşanan küçük değişimlerde etkili olabilmekte ve dolayısıyla dayanak varlığın büyük sıçramalar yapması durumunda yanıltıcı olabilmektedir (Akçay vd. 2012).

***Gamma (Γ)*:** Gamma, dayanak varlığın fiyatına göre opsiyon deltasının değişim oranı olarak tanımlanmaktadır (Hull, 2009). Başka bir ifadeyle gamma, dayanak varlığın bir birimlik değişimi için deltadaki değişimi ölçmektedir. Bu durumda gamma ikinci türevdir ve deltanın deltası olarak adlandırılabilir (Hacker & Ernst, 2017). Gamma'yı Tural (2008), opsiyon fiyatının, dayanak varlığın fiyatına göre ikinci türevi olarak tanımlamıştır. Eğer gamma yüksek ise opsiyon deltasının dayanak varlığın fiyatına göre duyarlı olduğu anlamına gelmektedir.

$$Gamma=\frac{Deltadaki\ \ Değişim}{Dayanak\ Varlık\ Fiyatındaki\ Değişim}$$

Black Scholes modeline göre Gamma aşağıdaki şekilde ifade edilir (Shakir, 2010):

$$\Gamma=\frac{\partial^2 p}{\partial S^2}=\frac{N'(d_1)}{S_0\sigma\sqrt{T}} \quad (2.10)$$

Vega (v): Vega, opsiyon priminin volatiliteye göre birinci türevi olup, volatilitedeki artış veya azalışların opsiyonun fiyatındaki etkisini ölçen gösterge olarak tanımlanabilir (Akçay vd. 2012). Yalçıner vd. (2014), Vega'yı dalgalanma oranı olarak tanımlamakla birlikte, dalgalanmayı ise dayanak finansal ürünün fiyatının artması ya da azalması fark etmeksizin belli bir zaman dilimi içinde fiyatın bulunduğu noktadan ne kadar aşağı ya da yukarı gidebileceğinin ifadesi şeklinde tanımlanmıştır. Bu işlem aşağıdaki gibi ifade edilmiştir:

$$V=\frac{\partial c}{\partial \sigma} \quad (2.11)$$

Veganın değeri arttıkça opsiyonun da değeri artış gösterirken, Vega'nın değeri düştüğünde opsiyon değeri düşer. Vega katsayısı, volatilitede % 1'lik değişim olduğunda opsiyon fiyatındaki değişimi gösterir.

Theta (θ): Opsiyon fiyatının, opsiyonun vadesine göre değişimini ifade eden Theta, vadenin azalması sürecinde opsiyon fiyatında meydana gelen değişimin bir ölçüsü şeklinde tanımlanabilir (Hull, 2009). Geyikçi (2020), Theta'nın opsiyonun zamandaki değişikliklere karşı duyarlılığını ölçtüğünü belirterek, opsiyon fiyatı ile zaman arasındaki ilişkiyi gösterdiğini ifade etmiştir:

$$\theta=\frac{\partial c}{\partial t} \quad (2.12)$$

Bir opsiyon için θ değerinin hemen her zaman negatif değer aldığı gözlenebilir. Bunun nedeni, vadeye kalan gün sayısı azaldıkça, opsiyonun daha az değerli hale gelmesidir. Theta değeri büyük olduğunda, opsiyon değerindeki günlük azalmanın fazla olacağı anlamına gelir (Yalçıner vd. 2014).

Rho (ρ): Rho, faiz oranlarında meydana gelen % 1 değişimin opsiyon değeri ile ilişkini ölçer. Başka bir ifade ile opsiyon fiyatının faiz oranına göre duyarlılığını gösterir (Geyikçi, 2020). Bu işlem aşağıdaki eşitlik ile ifade edilmektedir:

$$\rho=\frac{\partial c}{\partial r} \quad (2.13)$$

İleri bir tarihte ihtiyacı olan varlığı satın almak yerine bir opsiyon sözleşmesi ile söz konusu varlığın satın alma opsiyonunu alan bir yatırımcı, varlık için ödeyeceği kaynağı opsiyon kullanım zamanına kadar piyasa faiz oranı üzerinden değerlendirebilir. Bu durum, opsiyonu satın alan kişi tarafından kazançlı bir durumdur. Faiz oranlarındaki değişim ilgili yatırımcının kazancını da değiştirecek ve faiz oranlarının yükselmesi durumunda, satın alma opsiyonunun primi de artacaktır (Yalçıner vd. 2014).

Lambda (λ): Delta'ya benzerlik göstere Lambda, dayanak varlığın fiyatında meydana gelen yüzdelik değişimin opsiyonun fiyatında yaratacağı yüzdelik değişimin ölçüsü şeklinde tanımlanır ve varlık fiyatının opsiyon fiyatına oranının delta ile çarpımı şeklinde hesaplanır. Opsiyon yatırımı ile birlikte oluşan kaldıraç derecesini de gösteren Lambda, vadeye yaklaşıldıkça azalmaktadır (Yalçıner vd. 2014). Bu işlem aşağıdaki eşitlik ile ifade edilmektedir:

$$\lambda=\frac{p}{c} \quad (2.14)$$

2.1.4. Swap sözleşmeleri

Swap sözleşmelerinin iki tarafı bulunmakla birlikte taraflar, belirlenmiş finansal varlıklara ait ileriki tarihlerde gerçekleşecek nakit akışlarının karşılıklı olarak değiştirilmesini içeren bir sözleşmedir. Tarafların amacı, içinde bulundukları finansal durumları kendi yararlarına değiştirmektir (Chambers, 2012). Swap sözleşmesindeki taraflardan biri bir endekse dayalı ya da

değişken bir ödeme planı seçerken, diğer taraf ise sabit bir ödemeyi kabul eder. Söz konusu sözleşmeye çerçevesinde taraflar bir nakit akışı değişimi gerçekleştirmektedir. Her iki taraf da nakit akımlarını değiştirecekleri dayanak varlığın gelecek dönemde alacağı değerler hakkında farklı beklentiler içinde oldukları bilinmektedir (Saltoğlu, 2018).

Swap sözleşmesinde bir spot işlem ile bir forward işlem yapılmak üzere iki işlem söz konusudur. Bu duruma örnek olarak, bir firma Euro'ya karşılık Dolar swap sözleşmesine taraf olmuşsa, sahip olduğu Euro cinsi parayı spot piyasada Dolar karşılığında satmaktadır. Fakat söz konusu satış şarta bağlı bir satış olup, bu şart vade tarihinde Euro cinsi paranın satın alınması ve Dolar cinsi paranın satılması şartıdır. Spot ve forward işlemleri içeren swap sözleşmeler, spot ve forward piyasa arasında bağlantı kuran bir fonksiyona da sahiptir (Yalçıner vd. 2014).

Swap sözleşmelerinin; faiz swapları, para swapları, paralel borçlar, karşılıklı borçlar, varlık swapları, kokteyl swaplar, para ve faiz swapları gibi türleri bulunmaktadır. Faiz swapları, tarafların sözleşme üzerinde belirledikleri varsayımsal anapara tutarına bağlı olarak hesaplanan, bir tarafta sabit faize ilişkin ödemelerin yer aldığı, diğer tarafta ise değişken faiz ödemelerinin bulunduğu ve söz konusu ödemelerin aynı para birimi üzerinden birbirleri ile değiştirilmesine ilişkin yapılan sözleşmedir. Para swapı; taraflar arasında belirlenmiş tutardaki paranın başka bir para ile takası ve söz konusu vade sonunda takas edilen anaparaların iadesini içeren bir sözleşme şeklinde ifade edilebilir. Paralel borçlar; farklı ülkelerde bulunan şirketlerin kendi ülkelerindeki yardımcı başka bir şirket aracılığı ile belirli bir süre için borçlanmalarıdır. Karşılıklı borçlar; farklı ülkelerde bulunan şirketlerin belirlenmiş bir süre için birbirlerinin para birimi üzerinden borçlanmalarını ifade eder. Vade bitiminde borçlanılan paralar geri ödenir. Paralel borçlardan farkı ise ana şirketlerin doğrudan birbirlerine borç vermeleridir. Varlık swapları, sentetik bir varlık yaratmak için bir varlık ve bir swapın kombine edilmesi ile oluşur. Örneğin, aynı para birimi veya farklı para birimi üzerinden sabit faizli bir varlık, değişken faizli bir varlığa dönüştürülebilir. Kokteyl swaplar, birden fazla swap türünü bir arada bulunduran swaplardır. Para ve faiz swapı, bir para swapı ve bir faiz swapından kombine edilerek oluşturulmuş swap türü olarak tanımlanabilir.

2.2. Gayrimenkul Türev Fiyatlandırma Modelleri

Gayrimenkul türev sözleşmeleri, değerleri gayrimenkullerin piyasa fiyatlarına dayalı olarak değişen finansal araçlar olmakla birlikte, gayrimenkul sektöründe yer alan aktörler için bir risk yönetim aracı ve spekülatörler için ise bir yatırım aracı olarak görülmektedir. Gayrimenkul türevlerinde dayanak varlık genellikle geniş tabanlı bir gayrimenkul endeksi olmaktadır. Tunaru (2017) tarafından gayrimenkul türevleri ile ilgili önerilen modeller; denge modelleri, arbitraj içermeyen modeller ve ekonometri ve matematik temelli modeller olmak üzere üç ana grupta toplanmaktadır. Söz konusu modellerden denge modelleri için Geltner-Fisher (2007) Modeli ve Cao-Wei (2010) Modeli, arbitraj içermeyen modeller için Syz (2008) Modeli ve Bjork-Clapham (2002) Modeli ile ekonometri ve matematik temelli modellerden Shiller-Weiss (2008) lognormal model, Van Bragt-Francke-Singor-Pelsser (BFSP) (2009) Model ve Fabozzi-Shiller-Tunaru (2011) modelleri incelenmiştir (Tablo 2).

Model	Türev Sözleşme Türü	Model	Açıklama
Black Scholes (1973)	Opsiyon	$c=S\,N(d_1)-Ke^{-rT}N(d_2)$ $p_t=S_t[N(d_1)-1]+Ke^{-rT}[1-N(d_2)]$ $d_1=\frac{ln(S/K)+[r+\sigma^2/2]T}{\sigma\sqrt{T}}$ $d_2=d_1-\sigma\sqrt{T}$	Gayrimenkul türev modellerinden opsiyon sözleşmeler için temel teşkil eden model olup, modelde; S dayanak varlığın fiyatı, K uygulama fiyatı, T vade süresi, r risksiz faiz oranı ve σ^2 dayanak varlığın sürekli bileşiklendirilen getirilerinin yıllık değişimi (varyans veya volatilite) ve $N(d_1)$ ve $N(d_2)$ ise standart normal dağılım fonksiyonu
Shiller-Weiss Lognormal Model (1999) (Ekonometri ve Matematik Temelli)	Opsiyon-Futures	$w=(P_t,K,T,\mu,\sigma,r)=Ke^{-r(T-t)}N\left[\frac{ln\left(\frac{K}{P_t}\right)-\mu}{\sigma}\right]-P_te^{\mu+\frac{\sigma^2}{2}-r(T-t)}N\left[\frac{ln\left(\frac{K}{P_t}\right)-\mu}{\sigma}-\sigma\right]$ $c=(P_t,K,T,\mu,\sigma,r)=P_te^{\mu+\frac{\sigma^2}{2}-rT}N\left[\frac{ln\left(\frac{P_t}{K}\right)+\mu}{\sigma}+\sigma\right]-Ke^{-rT}N\left[\frac{ln\left(\frac{P_t}{K}\right)+\mu}{\sigma}\right]$	T vade, t vadeye kalan süre, kullanım fiyatı K, e^{-rt} iskonto faktörü, P endeks değeri
Bjork ve Clapham (2002) (Arbitrajsız)	Swap	$X_k=I_{t_k}-I_{t_{k-1}}+\int_{t_{k-1}}^{t_k}e^{\int_s^{t_k}r_u du}dD_s-\Delta L(t_{k-1},t_k)I_{t_{k-1}}$	X_k, t_k zamanında CREILS alıcısına yapılan net ödemeler
Geltner ve Fisher (2007) (Denge)	Swap	$s \le LIBOR + L + B^{uzun}$ $s \ge LIBOR + L - \alpha + B^{kısa}$	s, swap sözleşmesinde ödenen faiz oranı, α kısa pozisyon alan tarafın getiri beklentisi, L gecikme etkisi
Syz'ın Modeli (2008) (Arbitrajsız)	Opsiyon	$C(S_t,t)=S_te^{p(T-t)}\Phi(d_1)-Ke^{-r(T-t)}\Phi(d_2)$ $d_1=\frac{Ln\left(\frac{F_t}{K}\right)+(\frac{\sigma^2}{2})(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}}$ $d_2=d_1-\sigma\sqrt{T-t}$	T vade, t geçen süre, S endeks değeri, p gayrimenkul yayılımı, F opsiyon sözleşmesinin fiyatı, K uygulama fiyatı

Tablo 2. Gayrimenkul Türev Fiyatlandırma Modelleri ve Açıklamaları

BFSP (Bragt-Franche-Singor-Pelsser) Modeli (2009) (Ekonometri ve Matematik Temelli)	Forward-Opsiyon	$\sigma=\sqrt{\frac{1}{T-t}ln\left(\frac{M_2}{M_1}\right)}$ $F_T(t)=M_1$ $M_1=M_{1,0}+\sum_{i=1}^{T-t}M_{1,i}$ $M_{1,0}=e^{\left((r_{N,T}(t)-q)(T-t)\right)}a(t)(1-K)^{(T-t)}$ $M_{1,i}=e^{\left((r_{N,T}(t)-q)(T-t)\right)}\gamma(t)K(1-K)^{i-1}$ $M_2=\sum_{i=0}^{T-t}M_{1,i}^2\,e^{(\sigma_2^{*2}i)}+\sum_{i<j}M_{1,i}M_{1,j}\,e^{(\sigma_2^{*2}i)}$	BFSP modeli, opsiyon değerini t zamanında hesaplar, M_1, birinci moment, M_2 ikinci moment, $r_{N,T}(t)$ t zamanında T vadesine kadar olan risksiz getiri, e^{-q} r'nin düzeltme faktörü put ve call opsiyonlar için Black - Scholes modeli kullanılır
Cao-Wei (2010) (Denge)	Forward-Futures-Opsiyon	$f_t(H_t,K,T)=e^{-\Phi(T-t)}E_t\left(\frac{U_c(\delta_T)}{U_c(\delta_t)}(H_T-K)\right)$ ve $f_t(H_t,K,T)=0$ $F_t(H_t,T)=\frac{E[U_c(\delta_T)H_T]}{E[U_c(\delta_T)]}$ $c_t(H_t,K,T)=e^{-\Phi(T-t)}E_t\left(\frac{U_c(\delta_T)}{U_c(\delta_t)}max(H_T-K,0)\right)$ $p_t(H_t,K,T)=e^{-\Phi(T-t)}E_t\left(\frac{U_c(\delta_T)}{U_c(\delta_t)}max(K-H_T,0)\right)$	H_T konut değerine bağlı, $T \geq t$ vadesinde, teslimat fiyatı K bir forward sözleşmesinin değeri f_t =0 iken t zamanındaki forward değeri fiyatı Ft Opsiyon kullanım fiyatı K ve vadesi t (t<T) ct alış (call) ve pt satış (put) opsiyonları
Fabozzi-Shiller-Tunaru Modeli (2011) (Ekonometri ve Matematik Temelli)	Opsiyon	$\widehat{Y}_t=Y_t-\Psi_t$ $d\widehat{Y}_t=-\theta\widehat{Y}_t dt+\sigma dW_t$ *Ornstein Uhlenbeck* $m_{y;t,T}=\Psi_T-\frac{\lambda\sigma}{\theta}+\left(Y_t-\Psi_t+\frac{\lambda\sigma}{\theta}\right)e^{\theta(t-T)}$ ve $\sigma^2_{y;t,T}=\frac{\sigma^2}{2\theta}\left[1-e^{2\theta(t-T)}\right]$ $call_t=e^{(m_{y;t,T}+\sigma^2_{y;t,T}/2)}N\left(\frac{m_{y;t,T}+\sigma^2_{y;t,T}-ln(K)}{\sigma^2_{y;t,T}}\right)-KN\left(\frac{m_{y;t,T}-ln(K)}{\sigma^2_{y;t,T}}\right)$ $put_t=KN\left(\frac{ln(K)-m_{y;t,T}}{\sigma^2_{y;t,T}}\right)-e^{\left(m_{y;t,T}+\sigma^2_{y;t,T}/2\right)}N\left(\frac{ln(K)-m_{y;t,T}+\sigma^2_{y;t,T}}{\sigma^2_{y;t,T}}\right)$	Gayrimenkul endeks değeri $\{I_t\}_{t\geq 0}$, logaritmik fiyat sürecini $Y_t=logI_t$, uzun dönem trend terimi $\{\Psi_t\}_{t\geq 0}$, faiz oranı $\{r_t\}_{t\geq 0}$, ortalama geri dönüş hızı parametresi θ, volatilite σ ve Wiener süreci $\{W_t\}_{t\geq}$, zaman içinde bir dönemden diğerine ortaya çıkan değişmelerin giderilmesi sürecinde Ornstein Uhlenbeck süreci, piyasa riski λ

Tablo 2. Gayrimenkul Türev Fiyatlandırma Modelleri ve Açıklamaları (devamı)

Gayrimenkul türev modelleri ayrı ayrı forward, futures, opsiyon ve swap sözleşmelerine, gayrimenkul piyasasına ve ekonomik teoriler dikkate alınarak incelenmiştir. Geçmişte gayrimenkul dışı finansal varlıklar için ortaya çıkan türev modeller, gayrimenkul piyasalarına göre geliştirilerek kullanılmıştır. Gayrimenkul türev sözleşmeleri arasında forward sözleşmelerde, forward sözleşme kurallarına ve gayrimenkul piyasalarına uygun olarak geliştirilen Syz ve Cao-Wei modelleri olduğu dikkati çekmiştir. Futures sözleşmelerinde Shiller-Weiss (1999) modelinin uygulamada kullanıldığı belirlenmiştir. Opsiyon sözleşmelerinin temel eşitliği Black-Scholes modeli olup, diğer opsiyon modelleri söz konusu modelin gayrimenkul piyasalarına uyarlanması ile ortaya çıktığı vurgulanmalıdır. Swap sözleşmelerde kullanılan modellerde ise en önemli tartışma konusunun arbitraj olduğu ve taraflardan birinin bir gayrimenkul endeksine dayalı ödeme planının seçtiği ve diğer tarafın ise sabit bir ödemeyi kabul ettiği modellere dönük olarak oluşturulmuş olduğu saptanmıştır.

Genel olarak gayrimenkul türevleri incelendiğinde; Black-Scholes modelinin opsiyonlar için temel eşitlik olduğu ancak gayrimenkul piyasalarında doğrudan kullanılamayacağı tespit edilmiştir. Opsiyon sözleşmeleri arasında; Shiller-Weiss modeli, Syz'ın modeli, BFSP (Bragt-Franche-Singor-Pelsser) modeli, Cao-Wei modeli ve Fabozzi-Shiller-Tunaru modelleri gayrimenkul türevleri için geliştirilmiş ve öne çıkan modeller olarak bilinmektedir. Bjork ve Clapham modeli; ticari bir gayrimenkul endeksine bağlı swap olarak adlandırılan olan CREILS kavramını içerir. Modelde, CREILS, arbitrajsız sürekli zaman modelleme çerçevesinde ele alınmıştır. Modelin dezavantajlarından biri karşı taraf temerrüt riskinin varlığına izin vermemesidir. Syz (2008) çalışmasında söz konusu modelin arbitrajsız olması durumunun gayrimenkul piyasaları açısından geçerli olamayacağını vurgulamıştır. Modelin hisse senetleri gibi piyasalarda sorunsuz çalışabileceği ancak gayrimenkul piyasalarında işlevini yitirdiğini belirtmiştir. Syz (2008), bu durumun nedenini ise swap anlaşmasının bir tarafında yer alan gayrimenkul endeksinin içerdiği gayrimenkullerin tamamının anında satın alınması durumunun mümkün olmaması ve fiili alım ve satımlardaki işlem maliyetlerin (tapu harcı, aracılık, danışmanlık ve değerleme ücreti gibi) yansıtılamaması olarak açıklamıştır. Ayrıca fiziki olarak gayrimenkul piyasalarının bir takım dezavantajları da mevcut olup, bunlar yavaş işlem süreci, alım satım sırasında oluşan maliyetler, açığa satışın mümkün olamaması, gayrimenkulün likitidesinin düşük olması ve yönetim maliyetlerinin yüksekliği olabileceği sıralanabilir. Bu nedenlerden dolayı arbitraj yerine bir arbitraj bandının gerekli olacağı açıktır. Daha kesin olarak, bir türev için arbitraj fiyat bandı, dayanak finansal aracın fiyatının ve söz konusu fiziki piyasa dezavantajlarının bir fonksiyonudur. Ancak fiyatlar bu aralığın dışındaysa, fiziksel özellikler kullanılarak arbitraj yapılabilir. Fiziki gayrimenkul piyasalarının dezavantajları kısa pozisyonda bulunan yatırımları için uzun pozisyondaki yatırımlara göre daha yüksek bir etkiye sahip olduğundan, arbitraj bandı kısa pozisyon ucunda uzun pozisyon ucuna göre daha geniş olacaktır.

BFSP modeli, bir opsiyon sözleşmesinin t zamanındaki değerini hesaplamakla birlikte, söz konusu değeri momentler aracılığıyla belirlemektedir. Black-Scholes modelini temel olan BFSP modeli; Black-Scholes modelinden farklı olarak bir düzeltme faktörü içermektedir. Belirtilen düzeltme faktörü; gayrimenkul piyasalarındaki volatilite ve riske göre tanımlanmıştır. Cao-Wei modeli; bir konut fiyat endeksine dayalı olarak geliştirilen bir modeldir. Konut endekslerinin ticarete konu olmamasından kaynaklanan risk primleri çerçevesinde geliştirilen modelde, risk primini türevin denge değeri ile risk nötral değeri arasındaki yüzde farkı olarak tanımlamıştır. Sabit maaşı ve konutu olan bir birey üzerinden gerçekleştirilen varsayımlar doğrultusunda, kişinin emeklilik öncesi tüketim ve emeklilik sonrası servetinden beklenen faydasının bugünkü değerini maksimum yapacak optimizasyon probleminin çözümü ile ortaya çıkan bir modeldir. Fabozzi-

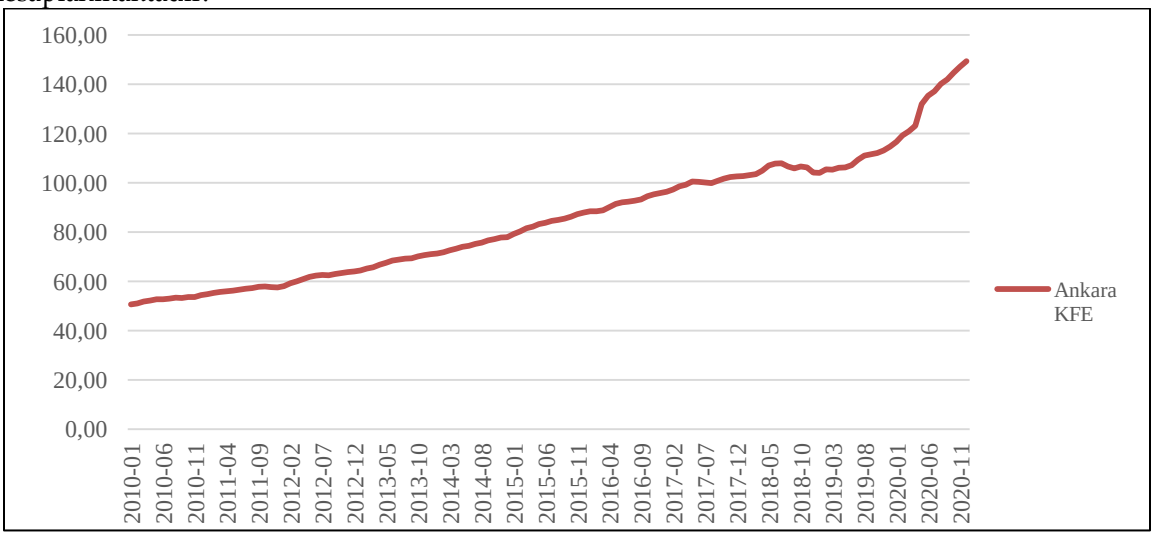
Shiller-Tunaru modeli ise Black-Scholes eşitliğini temel alan bir model olup, vade içinde bir dönemden diğer döneme geçiş aşamalarında meydana gelen değişimlerin giderilmesini Ornstein Uhlenbeck süreci olarak tanımlayarak modeli geliştirmişlerdir.

Türkiye gayrimenkul piyasalarında sadece Konut Fiyat Endeksinin tespit ve ilan edilmesi nedeniyle, söz konusu endeks uygulanabilir bir endeks olarak değerlendirilmiştir. Ancak varsayımlar ve hesaplamaların, Türkiye'nin ekonomik yapısına göre geliştirilebileceği açıktır.

3. Ankara Konut Fiyat Endeksinin Volatilite Modellemesi ve Gayrimenkul Türev Fiyatlandırma Modellerine Yönelik Uygulama Örneği

3.1. Ankara Konut Fiyat Endeksinin Volatilite Modellemesi

Bu bölümde Ankara Konut Fiyat Endeksi'nin volatilite modellemesi gerçekleştirilmiştir. TCMB tarafından yayımlanan cari Ankara Konut Fiyat Endeksi 2010-2020 dönemi içinde incelendiğinde; Ankara'daki konut fiyatlarının 2010 yılından itibaren bir yükseliş trendi içinde olduğu dikkati çekmektedir (Şekil 1). Cari fiyatlar ile açıklanan endeks, Ankara İli sınırları içinde yer alan konutların değerleme raporları doğrultusunda ve Ankara İlini temsil edebilecek şekilde hesaplanmaktadır.



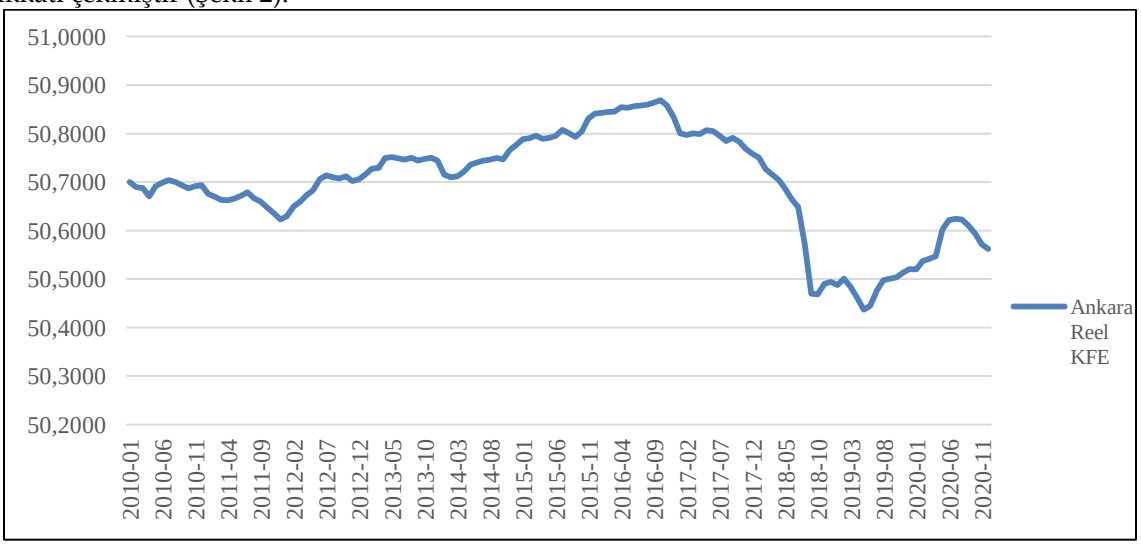
Şekil 1. Ankara İli Konut Fiyat Endeksi (Cari Fiyatlarla)

2018 ve 2019 yıllarında inşaat maliyetlerinin artması, arz bolluğu ve talep yetersizliği gibi nedenlerle endekste bir azalışın yaşandığı gözlenmektedir. Bu dönemin hemen arkasından Türkiye'de 2020 yılının Nisan ve Mayıs ayında Kovid-19 salgını ile ilgili ilk vakaların görülmesinin ardından bir takım tedbirler ve karantina uygulaması başlamıştır. Kovid-19 salgınının ortaya çıkmasından sonra her sektörde daralma yaşanmış olup, bu durum gayrimenkul sektörünü de etkilemiştir. Bu etki Ankara İli Konut Fiyat Endeksi'nde de görülmüştür. Ardından konut kredisi faiz oranlarının azalması ve uzun vadeli konut kredilerinde ödeme kolaylığının getirilmesiyle birlikte 2020 yılının ikinci yarısında konut alım satım sayısında ve fiyatlarında artış meydana gelmiştir. Söz konusu fiyat artışlar cari fiyatlar üzerinden olmakla birlikte, reel olarak da incelenmiştir. Çalışmada, Ankara İli Konut Fiyat Endeksi, Yi-ÜFE verileri ile Fisher denklemi kullanılarak reel endeks sayısına dönüştürülür.

$$1+\text{reel getiri (değişim \%)} = \frac{1+\text{finansal değer (değişim \%)}}{1+\text{enflasyon oranı (değişim \%)}}$$

Bu işlem bir gayrimenkul yatırımcısının, enflasyondan etkilenmeden yatırımının ölçülebilirliği açısından değerlendirilerek yapılmıştır. 2012 yılı ile başlayan konut fiyatlarındaki reel

artışın 2016 yılının sonuna kadar devam ettiği belirlenmiştir. Ardından sert bir düşüşe geçen reel Konut Fiyat Endeksi, 2019 yılının Haziran ayından itibaren tekrar yükselişe geçmiştir. Özellikle konut kredisi faiz oranlarının düşürülmesi ile birlikte 2020 yılının Temmuz ayına kadar yükseldiği dikkati çekmiştir (Şekil 2).

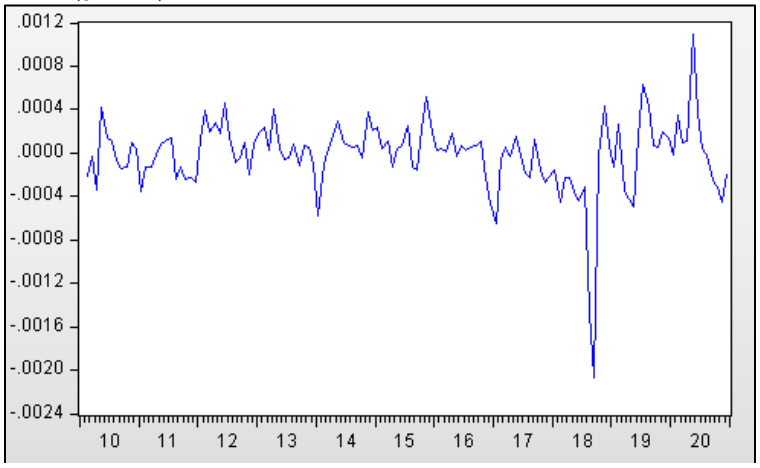


Şekil 2. Ankara İli Reel Konut Fiyat Endeksi

Reel Ankara Konut Fiyat Endeksinin oynaklık (volatilite) serisini elde edebilmek için reel Konut Fiyat Endeksinin getiri serisi elde edilmiştir. Getiri serisi aşağıdaki eşitlik kullanılarak tespit edilmiştir:

Getiri Serisi: $(R_t)=ln(kfe)_t - ln(kfe)_{t-1}$

Burada; R_t: t tarihinde Konut Fiyat Endeksinin getiri serisini göstermektedir. Konut Fiyat Endeksi getiri serisinin grafiği incelenmiş olup, özellikle 2018 yılında getiri serisinde bir düşüşün olduğu gözlenmektedir (Şekil 3).



Şekil 3. Cari Konut Fiyat Endeksinin Getiri Serisi

Getiri endeksinin tanımlayıcı istatistikleri aşağıda gösterilmiştir. Buna göre getiri serisinin sola çarpık bir dağılımda olduğu, ortalama, medyan ve standart sapmanın birbirlerine yakın olduğu ve normal dağılım göstermediği anlaşılmıştır (Tablo 3).

İstatistikler	Getiri Endeksi
Gözlem Sayısı	131

Ortalama	0,00002
Medyan	0,00004
Maksimum	0,00109
Minimum	-0,00208
Std. Sapma	0,00034
Çarpıklık	-2,09191
Basıklık	15,38318
Jarque-Bera p	932,54240 (0,0000)

Tablo 3. Getiri Serisine Ait Tanımlayıcı İstatistikler

Konut Fiyat Endeksi getiri serisinin durağan olup olmadığını ortaya koymak amacıyla Genişletilmiş Dickey Fuller (ADF) testi uygulanmıştır. Ekonomi literatüründe durağanlık, değişkenlerin belirli zaman diliminde bir değere yönelmeleri şeklinde tanımlanabilir. Dolayısıyla sapmaları içeren ve bazı değişkenler arasındaki ilişkiyi veren serinin durağan olması gerekir (Yurdakul, 2016). Söz konusu testin sonucuna göre Konut Fiyat Endeksi getiri serisinin düzeyde durağan olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4).

Getiri Endeksi						
Birim Kök Düzeyi	Sadece Sabit İçeren		Sabit ve Trend İçeren		Sabit ve Trend İçermeyen	
	Test İstatistiği	Olasılık	Test İstatistiği	Olasılık	Test İstatistiği	Olasılık
Düzeyde	**-6.580364**	**0,0000**	**-6.619658**	**0,0000**	**-6.591632**	**0,0000**

Tablo 4. Getiri Endeksinin Birim Kök Testi

Reel Konut Fiyat Endeksinin getiri serisini modellemek için AR, MA ve ARMA modelleri denenmiştir. Bu modeller arasında ARMA(3,3) modelinin en uygun olduğu sonucuna ulaşılmış olup, tahmin sonuçları aşağıdaki gibi belirlenmiştir (Tablo 5):

ARMA Modelleri		**Katsayı**	**p-değeri**	**AIC**	**SIC**	**HQC**
ARMA(3,3)	AR(3)	-0,923240	0,0000	-13,52771	-13,37174	-13,46434
	MA(3)	0,938781	0,0000			

Tablo 5. Tercih Edilen ARMA Modellerinin Sonuçları

Seçilen ARMA(3,3) modelinin kalıntılarının white noise (temiz dizi) olup olmadığı araştırılmıştır. Bu amaçla, kalıntıların korelogramları incelenmiş olup (prob>0,05), temiz dizi olduğu saptanmıştır (Tablo 6).

No	**AC**	**PAC**	**Q-stat**	**Olasılık Değeri**
1	0,001	0,001	0,0001	0,992
2	-0,058	-0,058	0,4557	0,796
3	0,075	0,076	1,2222	0,748
4	0,076	0,072	2,0006	0,736
5	0,107	0,117	3,5672	0,613
6	0,093	0,099	4,7605	0,575
7	-0,030	-0,027	4,8879	0,674
8	-0,085	-0,101	5,9103	0,657
9	0,111	0,075	7,6496	0,570
10	0,083	0,055	8,6438	0,566

11	-0,026	-0,016	8,7441	0,646
12	-0,005	-0,001	8,7478	0,724
13	0,075	0,077	9,5828	0,728
14	-0,050	-0,065	9,9559	0,765
15	0,096	0,073	11,323	0,729
16	0,008	-0,018	11,332	0,789
17	-0,209	-0,192	17,980	0,390
18	-0,084	-0,118	19,068	0,388
19	0,047	-0,003	19,404	0,431
20	-0,123	-0,123	21,769	0,353
21	-0,097	-0,065	23,237	0,331
22	-0,060	-0,042	23,814	0,357
23	-0,018	0,054	23,869	0,411
24	0,070	0,102	24,658	0,425
25	0,062	0,080	25,288	0,446
26	-0,046	0,030	25,645	0,483
27	-0,075	-0,009	26,577	0,487
28	-0,008	-0,070	26,588	0,541
29	-0,073	-0,118	27,498	0,545
30	0,038	0,055	27,752	0,584
31	-0,064	-0,059	28,460	0,597
32	0,012	0,093	28,486	0,645
33	-0,087	-0,031	29,816	0,626
34	-0,027	-0,060	29,945	0,667
35	-0,082	-0,139	31,163	0,654
36	0,078	0,091	32,268	0,647

Tablo 6. ARMA(3,3) Modelinin Kalıntıların Korelogram Sonuçları

ARMA(3,3) modelinin ARCH modellemesine uygunluğunun tespit edilmesi amacıyla, aşağıdaki hipotezler oluşturulmuş, söz konusu modelin hata teriminde ARCH etkisi araştırılmış ve değişen varyans testi sonuçlarına göre ARCH etkisi olduğu görülmüştür (Tablo 7).

Sonuçlar	**Değer – Olasılık Değeri**
F istatistik değeri	16,22489
Olasılık Değeri F(1,128)	0,0001
Olasılık Değeri Ki-kare(1)	0,0001

Tablo 7. ARCH Değişen Varyans Test Sonucu

H_0: Modelde ARCH etkisi yoktur.

H_A: Modelde ARCH etkisi vardır.

Daha sonra Reel Konut Fiyat Endeksinin getiri serisi için çeşitli gecikmelerde GARCH ve EGARCH modellerine ait katsayılar tahmin edilmiştir. Bu modeller arasında EGARCH(1,1) modelinin ise %1 anlamlılık düzeyinde bütün parametrelerin anlamlı olduğu belirlenmiştir.

ARCH ve GARCH modelleri pozitif ve negatif şoklara karşı oynaklığın eşit etkileneceğini varsayarak asimetrik etkiyi dikkate almamaktadır. Ancak finansal piyasalarda negatif şokların aynı büyüklükte pozitif şoklara oranla volatiliteyi daha fazla etkilediği (artırdığı) bilinmektedir. Literatürde kaldıraç etkisi şeklinde tanımlanan söz konusu durum, koşullu varyans

modellenmesinde GARCH modelinin bazı zamanlarda yetersiz kalmasına yol açmaktadır. Zaman serilerinde bu asimetrik özelliğin yansıtılmasını sağlamak amacıyla EGARCH (Üstel GARCH) modeli geliştirilmiştir (Nelson 1991).

EGARCH modeli koşullu varyans denklemi aşağıdaki gibidir:

$$ln(\sigma_t^2) = \omega + \beta\, ln(\sigma_{t-1}^2) + \theta \frac{u_{t-1}}{\sqrt{\sigma_{t-1}^2}} + \alpha \left[\left| \frac{u_{t-1}}{\sqrt{\sigma_{t-1}^2}} \right| \right]$$

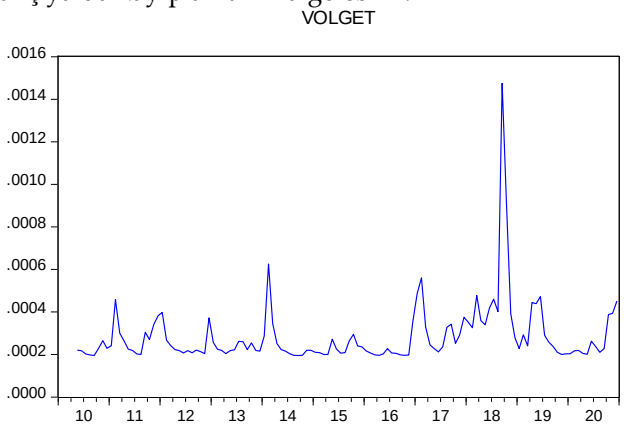
EGARCH modelinde koşullu varyans h_t (σ_t^2)'nin logaritması alındığı için, katsayılar negatif olsa bile modelin koşullu varyansı pozitif olacaktır. Bu nedenle, oluşturulan modelin koşullu varyansının pozitif olma koşulunu sağlaması için katsayılar üzerine ek kısıtlamalar getirmeye gerek olmamaktadır. Eğer $\frac{u_{t-1}}{\sqrt{\sigma_{t-1}^2}}$ değişkenine ait parametre pozitif ise şokun logaritmik koşullu varyans üzerine etkisi ($\alpha + \theta$)'dır. Eğer $\frac{u_{t-1}}{\sqrt{\sigma_{t-1}^2}}$ değişkenine ait parametre negatif ise şokun logaritmik koşullu varyans üzerine etkisi ($-\alpha + \theta$)'dır (Enders 2004). EGARCH modeline ilişkin koşullu varyans ve koşullu standart sapma değerleri elde edilmiştir. Modelin tahmin sonuçları incelendiğinde, asimetrik etkiyi gösteren θ parametresinin anlamlı ve negatif olduğu tespit edilmiştir. Buna göre negatif şokların, pozitif şoklardan daha büyük etkiye sahip olduğu ortaya çıkmaktadır. β parametresi incelendiğinde, piyasaya giren bilginin koşullu varyans üzerindeki kalıcılığının anlamlı olduğu anlaşılmaktadır (Tablo 8).

	Katsayı	**Olasılık Değeri**
Ortalama Denklemi		
AR(3)	-0,923240	0,0000
MA(3)	0,938781	0,0000
C	2,84E-05	0,3231
Varyans Denklemi		
C(4) (ω_0)	-9,455233	0,0012
C(5) (α_1)	0,519445	0,0379
C(6) θ	-0,406589	0,0198
C(7) β	0,448284	0,0097

Tablo 8. EGARCH Modeline İlişkin Analiz Sonuçları

Koşullu standart sapma serisi volatilite serisi olup, reel konut fiyat endeksinin volatilite serisi elde edilmiştir (Şekil 3). İnceleme dönemi olan 2010-2020 dönemi içinde Ankara Reel Konut Fiyat Endeksi için elde edilen volatilite değerleri incelendiğinde; en düşük değerin 0,0195, en yüksek değerin 0,1475 olduğu ve yüksek volatilitenin yaşandığı dönemin 2018 yılı olduğu ortaya konulmuştur. 2018 krizinin etkilerinden dolayı volatilitenin yüksek değerler aldığı, volatilitenin yüksek olduğu dönemlerde Ankara Konut Fiyat Endeksinde 2017 yılının sonu itibariyle diğer dönemlere göre sert bir düşüş meydana geldiği ve söz konusu düşüşün 2019 yılına kadar devam ettiği belirlenmiştir. Bu dönemin, volatilitenin düşük olduğu zamanlara göre daha riskli bir süreçte olduğu, başka bir ifade ile bu dönemde yapılan yatırımın daha yüksek bir risk taşıdığı vurgulanmalıdır. Bu durum, yatırımcının piyasaya ilişkin yatırım görüşünü ortaya net bir şekilde koyması açısından önemlidir. Riskten kaçınan davranış sergileyen bir yatırımcı bu dönem içinde

tüm yatırımlarından çıkarken, risk almayı seven yatırımcı için bir yatırım seçeneği oluşturabilir. Bu dönem, riskten korunma amacıyla yatırım yapanların dışında kalan yatırımcılar (spekülatörler) için ortalama üstü bir kazanç ya da kayıp anlamına gelebilir.



Şekil 3. EGARCH modeline ilişkin koşullu standart sapma

Granger Nedensellik Testi ve VAR Modeli

Araştırma kapsamında cari Ankara İli Konut Fiyat Endeksi ile makroekonomik değişkenler arasındaki ilişkiler de incelenmiştir. Bu işlemde bütün değişkenlerin cari değerleri alınmıştır. Konut Fiyat Endeksini etkileyen değişkenler; döviz kuru (ABD dolar), Yi-ÜFE, konut kredisi faiz oranı (%) olarak seçilmiştir. "Konut kredisi faiz oranı" dışındaki değişkenlerin logaritması alınmıştır. Öncelikle değişkenlerin durağan olup olmadıklarını ortaya koymak amacıyla ADF birim kök testi uygulanmıştır. ADF birim kök testi sonucunda Konut Fiyat Endeksi, döviz kuru ve Yi-ÜFE değişkenleri birinci sıra fark durağan bulunmuştur. Konut kredisi faiz oranı değişkeni ise düzeyde durağan bulunmuştur. Daha sonra değişkenler arasındaki ilişkileri incelemek için Granger nedensellik testi uygulanmış ve VAR modeli kurularak, varyans ayrıştırması sonuçları yorumlanmıştır.

VAR modelinde değişkenlerin dışsaldan içsele doğru sıralanması önemlidir. Bunun için Granger nedensellik testinden yararlanılmış olup, Granger nedensellik testi için, uygun gecikme sayısı Schwarz kriterine göre 2 olarak bulunmuştur. Granger nedensellik testi sonuçları aşağıda verilmiştir (Tablo 9):

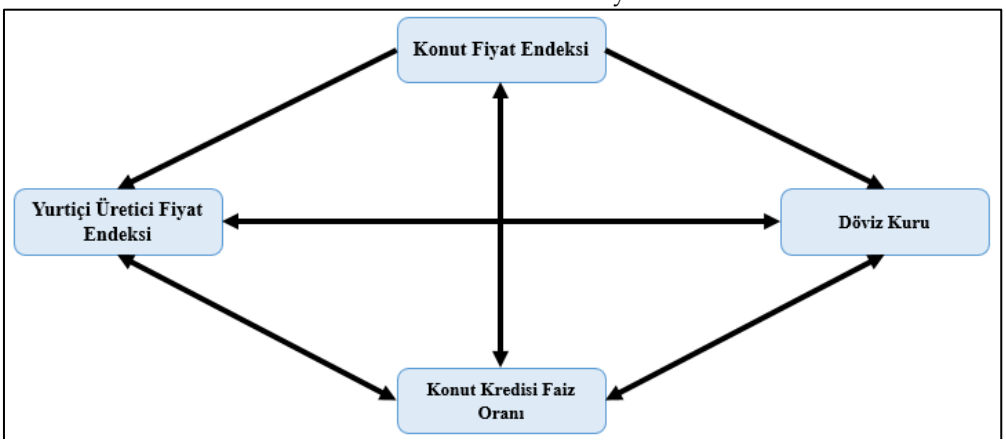
Boş Hipotezler (H_0)	F-İstatistik Değeri	Olasılık Değeri (Prob.)*
Konut fiyat endeksi, konut kredisi faiz oranı Granger nedeni değildir	16,72	0,0000
Konut kredisi faiz oranı, konut fiyat endeksinin Granger nedeni değildir	2.97	0,0540
Yi-ÜFE, döviz kurunun Granger nedeni değildir	6,04	0,0031
Döviz kuru, Yi-ÜFE nin Granger nedeni değildir	15,49	0,0000
Yi-ÜFE, konut kredisi faiz oranın Granger nedeni değildir	20,23	0,0000
Konut kredisi faiz oranı, Yi-ÜFE'nin Granger nedeni değildir	4,12	0,0180
Konut kredisi faiz oranı, döviz kurunun Granger nedeni değildir	3,83	0,0242

Döviz kuru, konut kredisi faiz oranın Granger nedeni değildir	15,63	0,0000
Konut fiyat endeksi, Yi-ÜFE'nin Granger nedeni değildir	3,53	0,0320
Konut fiyat endeksi, döviz kurunun Granger nedeni değildir	4,65	0,0113
*Prob değeri 0.06'nın altında olanlar yani Granger nedeni olanlar tabloya eklenmiştir		

Tablo 9. Değişkenlere ilişkin Granger Nedensellik testi sonuçları

Yukarıda verilen değişkenlerin Granger nedensellik ilişkilerine dayalı olarak aşağıdaki akım şeması elde edilmiştir (Şekil 4). Buna göre; Yi-ÜFE ile döviz kuru arasında ve Yi-ÜFE ile konut kredisi faiz oranı arasında çift yönlü bir nedensellik söz konusu olmaktadır. Konut kredisi faiz oranı ile konut fiyat endeksi ve konut kredisi faiz oranı ile döviz kuru arasında da çift yönlü bir ilişki bulunmaktadır. Konut Fiyat Endeksinden Yi-ÜFE'ye ve Konut Fiyat Endeksinden döviz kuruna doğru tek yönlü bir ilişki vardır. Bu sonuçlara göre, çalışmanın amacı konut fiyat endeksini açıklamak olduğu için değişkenlerin dışsaldan-içsele sıralamasında konut fiyat endeksi en çok etkilenen değişken olarak alınmıştır. Bu sonuçlara göre, VAR modeli için değişkenlerin sıralaması aşağıdaki gibi yapılabilir:

Döviz Kuru – Yi-ÜFE – Konut Kredisi Faiz Oranı – Konut Fiyat Endeksi



Şekil 4. Değişkenlere ilişkin Granger Nedensellik yönü

VAR modeline ilişkin ortaya çıkan sonuçlardaki hareketli ortalamalardan elde edilen varyans ayrıştırması, değişkenlerde meydana gelen şokların kaynaklarının yüzdesel olarak ifadesi anlamına gelmektedir. Modeldeki değişkenlerde ortaya çıkan değişimin ne kadarının kendisinden, ne kadarının diğer değişkenlerden meydana geldiğini göstermesi bakımından da önemli görünmektedir. Eğer bir değişkende görülen değişimlerin büyük bölümü kendi şoklarından kaynaklanıyorsa, bu değişken dışsal olarak belirlenmektedir (Enders, 1995; Barışık & Kesikoğlu, 2006). Varyans ayrıştırması sonuçları aşağıda verilmiştir (Tablo 10):

Periyod	Standart Hata	Log Döviz Kuru	Log Yi-ÜFE	Konut Kredisi Faiz Oranı (%)	Log Ankara KFE (Cari)
1	0,79	2,17	0,34	11,19	86,31
2	1,31	1,96	1,03	14,01	82,99
3	1,65	1,83	1,01	13,24	83,91
4	1,98	2,43	3,11	11,94	82,52
5	2,28	5,15	5,46	12,20	77,19

6	2,58	7,92	5,79	13,22	73,07
7	2,90	10,52	7,20	13,72	68,56
8	3,23	13,51	10,05	13,52	62,92
9	3,56	15,94	12,89	13,31	57,86
10	3,85	17,57	15,25	13,66	53,52
11	4,15	18,87	17,15	14,35	49,62
12	4,42	19,91	18,80	14,89	46,40
13	4,66	20,64	20,46	15,36	43,53
14	4,88	21,07	22,22	15,77	40,95
15	5,09	21,29	23,89	16,26	38,56
16	5,27	21,34	25,08	16,94	36,64
17	5,42	21,18	25,92	17,67	35,23
18	5,54	20,90	26,68	18,29	34,13
19	5,63	20,57	27,30	18,90	33,24
20	5,71	20,19	27,63	19,61	32,56

Tablo 10. Konut Fiyat Endeksine ilişkin varyans ayrıştırması sonuçları

Ankara ili Konut Fiyat Endeksinin varyans ayrıştırması sonuçları incelendiğinde; 20. periyotta konut kredisi faiz oranının Ankara İli Konut Fiyat Endeksine katkısının % 19,61; Yurtiçi Üretici Fiyat Endeksi'nin Ankara İli Konut Fiyat Endeksine katkısının % 27,63 ve döviz kurunun Ankara İli Konut Fiyat Endeksine katkısının % 20,19 olduğu ortaya çıkmaktadır. Ankara ili Konut Fiyat Endeksindeki değişimin % 32,56'sı kendisi tarafından açıklanmaktadır (Tablo 10). Konut piyasalarında yaşanan değişimler göz önüne alındığında, söz konusu değişimin en fazla kendi iç dinamiklerinden kaynaklandığı belirlenmiştir. Öte yandan konut piyasalarındaki değişimlerde Yi-ÜFE'nin etkili olduğu, gayrimenkul yatırımlarının enflasyona karşı dirençli olduğu anlaşılmıştır.

3.2 Gayrimenkul Türev Fiyatlandırma Modellerine Yönelik Uygulama Örneği

Ankara İli Reel Konut Fiyat Endeksine dayalı olarak piyasada yer alabilecek türev sözleşmelerin etkinliğinin araştırılması amaçlanmış ve bu amaçla önceki bölümlerde verilen gayrimenkul türev modellerinin bir değerlendirilmesi yapılmıştır. Söz konusu örnekler, bir senaryo üzerinden ele alınmış ve/veya genel çerçeve ile modelin değerlendirilmesi gerçekleştirilmiştir. Uygulama örneklerinde çalışma periyodu olarak yani ilgili türev sözleşmesinin 2018 yılının Ocak ayı ile 2018 yılının Aralık ayı alınmıştır. Bu dönemin seçilmesinin en önemli nedeni inşaat maliyetlerinde yaşanan artış olup, söz konusu dönem içinde endeksin başlangıç değeri 50,7506, kullanım değeri 50,8350, Ocak ayı volatilite değeri 0,0353 ve risksiz faiz oranı 0,08 olarak alınmıştır. İncelenen sonuçlar aşağıda özet olarak sunulmuştur:

i. Black Scholes Modelinin Değerlendirilmesi

Opsiyon sözleşmelerinin fiyatını; opsiyon sözleşmelerinin dayanak varlığının değeri, vadesi, volatilite, risksiz faiz oranı ve uygulama değeri etkilemektedir. Opsiyon sözleşmelerinin dayanak modeli olan Black Scholes modeline göre aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir. Bir yatırımcı konut fiyatlarının artacağı şeklindeki öngörülerine dayanarak 2018 yılının Ocak ayında Konut Fiyat Endeksine dayalı opsiyon sözleşmesine uzun pozisyon alarak yatırım gerçekleştirmiştir. Konut Fiyat Endeks değeri sözleşme tarihi olan 2018 yılının Ocak ayında 50,7506 ve kullanım değeri ise 50,8350 olmuştur. Bu durumda söz konusu yatırımcının almış olduğu sözleşmelere ilişkin sonuçlar aşağıdaki gibi tespit edilmektedir.

$c=S\,N(d_1)-Ke^{-rT}N(d_2)$

Eşitlikte;

$d_1=\frac{ln(S/K)+[r+\sigma^2/2]T}{\sigma\sqrt{T}}=\frac{ln(50,7506/50,8350)+[0,08+0,0375/2]12}{0,193649167\sqrt{12}}=1,76$

$d_2=d_1-\sigma\sqrt{T}=1,7640-0,193649167\sqrt{12}=1,09$

olarak bulunmuştur. Bu durumda standart normal dağılım tablosundan;

$N(d_1)=0,9608$, $N(d_2)=0,8621$ olup,

c = (50,506) (0,9608) – (50,8350) (0,8621) $e^{-0,08*12}$ = 48,7612 – 16,7800 = 31,9810

Opsiyon satış primi: c/S = 0,6302

Black Scholes opsiyon fiyatlama modelinde opsiyon değeri, dayanak varlık ve piyasa borçlanma araçları ile hesaplanabilmekte ve piyasa risklerine karşı bir koruma (hedge) sağlanması mümkün olmaktadır. Modelde, $S\,N(d_1)$ terimi dayanak varlıktan alınması gereken tutarı, $Ke^{-rT}N(d_2)$ ise satın alınacak dayanak varlık için yapılması gereken borçlanmayı tanımlamaktadır. Aralarındaki farkın ise prim olduğu ve yatırımcının katlanması gereken net maliyet olduğu belirtilmelidir (Akçay vd. 2012). Opsiyonun satan tarafında bulunan yatırımcı sözleşme başına 31,9810 TL prim tahsilatı yapar. Opsiyonu satın alan kişi ise sözleşme başına 31,9810 TL tutarı satıcıya vermiş olur. Endeks değerinin vade sonunda 50,4940 olarak gerçekleştiği görülmüştür. Bu durumda, 639.620 TL tutarı ile 20.000 adet sözleşme alan taraf için zararın olacağı, ödediği miktar kadar olurken, opsiyonu satan tarafın karı ise yine aynı tutarda olmaktadır. Eğer endeks değeri 50,8350'ye ulaşması durumunda opsiyonu satan taraf, alan tarafa 1.016.700 TL ödeme yapması gerekecektir. Bu durumda opsiyonu satan tarafın zararı 377.080 TL olurken, bu tutarın opsiyonu alan tarafın karı olacağı açıktır.

ii. Syz'ın Modelinin Değerlendirilmesi

Syz (2008), T vade için S_t endeksinde t zamanında forward değerini aşağıdaki şekilde tanımlamıştır:

$F_t(T)=S_te^{(r+p)(T-t)}$

Syz (2008), Black-Scholes modeline dayalı olarak opsiyon sözleşmelerinin fiyatlarının belirlenmesi için bir model geliştirmiş olup, söz konusu model aşağıda verilmiştir:

$C(S_t,t)=S_te^{p(T-t)}\Phi(d_1)-Ke^{-r(T-t)}\Phi(d_2)$

$d_1=\frac{Ln\left(\frac{F_t}{K}\right)+(\frac{\sigma^2}{2})(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}}$

ve

$d_2=d_1-\sigma\sqrt{T-t}$

Yukarıdaki varsayımlara ek gayrimenkul yayılımının % 2,2 olduğu varsayımı ile bir piyasada bir yatırımcının almış olduğu sözleşmelere ilişkin sonuçlar aşağıda belirtilmiştir:

$F_t(T)=S_te^{(r+p)(T-t)}=50,7506\ e^{(0,08+0,26)(12-0)}=172,59$

$d_1=\frac{Ln\left(\frac{F_t}{K}\right)+(\frac{\sigma^2}{2})(T-t)}{0,193649167\sqrt{12}}=\frac{Ln\left(\frac{172,59}{50,7506}\right)+(\frac{0,0353}{2})(12-0)}{0,193649167\sqrt{12}}=2,16$

$d_2=d_1-\sigma\sqrt{T-t}=2,16-\ 0,193649167\sqrt{12}=1,49$

Standart normal dağılım tablosuna göre;

$\Phi(d_1)$ = 0,9846 ve $\Phi(d_2)$ = 0,9319 olup, call opsiyon değeri aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

$C(S_t,t)=S_te^{p(T-t)}\Phi(d_1)-Ke^{-r(T-t)}\Phi(d_2)=50,7506e^{0,022(12)}0,9846-50,8350e^{-0,08(12)}0,9319$

$C(S_t,t)=110,54$

Syz'ın modeli, Black Scholes modelinin gayrimenkul piyasalarına uyarlanmış bir versiyonu olduğu ve özellikle gayrimenkul yayılımının kullanılmasının piyasanın etkilerini ortaya koyması

açısından avantajlı olduğu değerlendirilmiştir. Modelde *t*, dayanak endeksteki son güncelleme tarihi ve T ise vade öncesi ya da vade sonundaki son güncelleme tarihidir. Bu durum, modelin herhangi bir anda olmaktan çok yaklaşık değer olarak çalışmakta olduğunu göstermekle birlikte, modelin etkinliği açısından bir dezavantaj yaratmaktadır. Örnek olarak, yıllık güncellemesi yapılan bir endekse dayalı türev sözleşmenin altıncı ayında son güncelleme üzerinden altı ay geçtiği ve vade sonuna da yine aynı sürenin kaldığı bir durum içinde, piyasa dinamiklerinin değişebileceği göz önünde bulundurulmaktadır.

iii. Geltner-Fisher Modelinin Değerlendirilmesi

Geltner & Fisher (2007) çalışmalarında bir denge modeli geliştirmişlerdir. Kısaca Türkiye için uyarlanan söz konusu modelde aşağıdaki senaryo durumunda olası durumlar ortaya koymuştur. Burada, gayrimenkul endeksi sermaye getirisi ile TRLIBOR (Türk Lirası Referans Faiz Oranı) arasında bir swap anlaşması olduğu varsayılmıştır.

2018 yılının Ocak ayında TRLIBOR= %14,40, gayrimenkul risk primi % 3,50 ve endeksten beklenen getiri % 4,50 olduğu varsayımı altında aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir. Bu verilere göre, beklenen toplam getiri endeksi;

$E(RP_p|\Xi) = TRLIBOR + RP_p$ = % 17,90 (% 14,40 + % 3,50)

olarak hesaplanmıştır. Uzun vadede, gayrimenkul endeksinde beklenen getiri, denklemde ifade edilen rasyonel beklentileri varsayarak, denge beklentisi olan ortalama gayrimenkul üzerindeki ortalama beklenen toplam getiriye eşit olacaktır.

$E(RP_x) = TRLIBOR + RP_p$ =(14,40+3,50) % 17,90

Türkiye'de yayımlanan gayrimenkul fiyat endeksi değerlendirildiğinde; endeksin piyasaya göre geç hareket etme durumu oluştuğundan endeksteki riskin, ortalama bir gayrimenkule doğrudan yatırım yapılmasına ilişkin fiili piyasa değeri riskinden daha düşük olmasına neden olabilir. Bu durumda, RP_x, RP_p'den küçük olacaktır ve $E(RP_x|\Xi) = LIBOR + RP_x < LIBOR + RP_p = E(RP_x)$ gerçekleşecektir.

$E(RP_x|\Xi)$, bir denge beklentisini tanımlarken, $E(RP_x)$ belirli bir zaman diliminde gerçekçi bir beklentiyi göstermektedir. *m*, gayrimenkul piyasası ortalamanın üzerinde oranlarda yükseldiğinde pozitif olan ve gayrimenkul piyasası düştüğünde negatif olan geçici momentum etkisini temsil etmekle birlikte, endeksteki gecikme etkilerinin toplamı;

$L = E(RP_x) - E(RP_x|\Xi) + m$ olarak tanımlanmıştır.

Uzun pozisyon alan bir yatırımcının elde ettiği getiri, en azından piyasanın gerekli beklenen yatırım getirisine ya da riskinin, endeksteki riskine eşit olmalıdır ki, bu aynı zamanda endeksten beklenen getiridir. Söz konusu beklenti;

$E[r^B] = TRLIBOR + E(RP_x|\Xi) + L + B^{uzun} - E[\gamma_s] - F \geq E(RP_x|\Xi)$

$\Rightarrow F \leq TRLIBOR + B^{uzun} - E[\gamma_s]$

olarak ifade edilebilir. Örnek olarak alınan verilerde;

$F_L = TRLIBOR + L$ = (14,40 + 4,50) 18,90

olarak bulunmaktadır. Denge modeline ilişkin toplam getiri = % 22,40 (14,40+3,50+4,50) olmakla birlikte, uzun pozisyonun tam olarak karşı karşıya olduğu gayrimenkul endeksine eşit bir riskle beklenen yatırım getirisi;

$E[r^B] = 22,40+14,40- 18,90 = \%\ 17,90$

olarak saptanmıştır. Endeks her zaman gecikme veya risk farkı etkisi olmayacak şekilde dengede (L=0) ise uzun pozisyon alan yatırımcının gayrimenkul piyasası hakkında yükseliş beklentileri, klasik vadeli işlem paritesi teoremine ve $F = TRLIBOR + E[\gamma_s]$ fiyat koşuluna eşit olacaktır.

Kısa pozisyon alan bir yatırımcının bir gayrimenkul portföyünün bulunduğu ve riskini yönetebilmek için gayrimenkul endeksine dayalı türev sözleşme almak istediği varsayılarak aşağıdaki işlemler gerçekleştirilmiştir:

$E^b[r^b]=E^b[r_{bRE}]+F-E^b[g_s]$

Burada; $E^b[r_{bRE}]$: gayrimenkul portföyündeki beklenen toplam getiri olmakla birlikte LİBOR ve denge risk primi toplamına eşittir. $E^b[r^b]$: sözleşmenin süresi boyunca yatırımcının kendi gayrimenkul portföyünde oluşacak toplam getiriye ilişkin beklentilerini ve $E^b[g_s]$: ise yatırımcının gayrimenkul endeksindeki büyüme oranıyla ilgili beklentilerini tanımlamaktadır.

Örnek olarak alınan verilerde ödemeler;

$F_S \geq TRLIBOR + L$ =(14,40 + 4,5) 18,90

oranında gerçekleşecektir. F ≥ TRLIBOR + L − α − b_s - $E[\gamma_s]$ olduğundan, en az TRLIBOR artı endeks gecikme etkisi yatırımcının gayrimenkul portföyü üzerindeki beklenen alfa etkisine eşit olduğu sürece swap anlaşmasına girmeye istekli olacağı vurgulanmalıdır.

iv. Bjork-Clapham Modelinin Değerlendirilmesi

Buttimer vd. (1997), ticari gayrimenkul endeks bağlantılı swap değerinin sıfır olmadığını belirtmişlerdir. Bjork ve Clapham (2002) ise bu görüşü reddederek CREILS (commercial real estate index linked swaps) değerinin arbitrajsız teorik değerlerinin sıfıra eşit olduğunu ileri sürmüşlerdir. Bu model, Bjork ve Clapham'ın iddia ettikleri düşünceler çerçevesinde her zaman $t \leq t_0$ zamanında sıfıra eşit bir CREILS'ın arbitrajsız değerine sahip olduğunu ifade etmektedir. Ayrık zamanlı modeller kullanıldığında Bjork ve Clapham metodolojisi altında üretilen fiyatlar arbitrajsızdır. Söz konusu CREILS, önceden belirlenmiş $t_0 \leq t_1 \leq \ldots \leq t_n$ zaman noktalarında, bir ticari gayrimenkul endeksinden kupon ödemeleri yapar. Bjork-Clapham modeli, Türkiye'de güvenilir bir ticari gayrimenkul endeksi bulunmadığından dolayı çalışmada örnek olay olarak verilememiş ve konut fiyat endeksinin bu modele uyarlanması ise niteliği gereği doğru bulunmamıştır.

v. Shiller-Weiss Lognormal Modelinin Değerlendirilmesi

Shiller-Weiss modelinde bir Avrupa tipi put ve call opsiyon değerleri aşağıdaki şekilde ifade edilir:

$$p=(P_t,K,T,\mu,\sigma,r)=Ke^{-r(T-t)}N\left[\frac{ln\left(\frac{K}{P_t}\right)-\mu}{\sigma}\right]-P_te^{\mu+\frac{\sigma^2}{2}-r(T-t)}N\left[\frac{ln\left(\frac{K}{P_t}\right)-\mu}{\sigma}-\sigma\right]$$

$$c=(P_t,K,T,\mu,\sigma,r)=P_te^{\mu+\frac{\sigma^2}{2}-rT}N\left[\frac{ln\left(\frac{P_t}{K}\right)+\mu}{\sigma}+\sigma\right]-Ke^{-rT}N\left[\frac{ln\left(\frac{P_t}{K}\right)+\mu}{\sigma}\right]$$

Bir yatırımcının, aşağıdaki bilgiler doğrultusunda konut fiyat endeksine dayalı çeşitli vadelerde Avrupa tipi put ve call opsiyon almak istediğini varsayımı altında söz konusu model için bir uygulama örneği gerçekleştirilmiştir. Yukarıdaki varsayımlara ek olarak μ (Δln(Pt)) değeri -0,02038 olarak hesaplanmıştır. Dolayısıyla 2018 yılının Ocak ayında kullanım değeri 50,8350 olan bir opsiyon sözleşmesini bir yatırımcının almış olduğu varsayımı ile sonuçlar aşağıda sunulmuştur. Buna göre call opsiyon değerleri aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır:

$$c=50,8350N\left[\frac{ln\left(\frac{50,8350}{50,7506}\right)+0,02038}{0,0375}+0,0375\right]-50,7506e^{-0,96}N\left[\frac{ln\left(\frac{50,8350}{50,7506}\right)+0,02038}{0,0375}\right]$$

$c=45,8022$

Shiller & Weiss (1999) tarafından ortaya konulan model, sadece Avrupa tipi opsiyon türünü içermektedir. Bu nedenle bütün zamanların belli bir vade olan T'ye bir atıf bulunmaktadır. Modelin avantajlarından biri, bir gayrimenkul endeksinin mevcut değeri ile aynı endeksin gecikmeli değeri

arasındaki ilişkinin tanımlanarak (AR(1) süreci) gerçekçi ekonometrik sonuçlara ulaşmasıdır. Ancak söz konusu modelin uygulanabilmesi için, μ parametresi tarafından yönlendirilen yatırımcının ihtiyaç duyduğu getiri oranının tahmin edilmesi gerekir.

vi. BFSP Modelinin Değerlendirilmesi

Van Bragt vd. (2015) tarafından Avrupa tipi put (p) ve call (c) opsiyon modelleri aşağıdaki gibi ortaya konulmuştur:

$p(t)=e^{\left(r_{N,T}(t)\right)(T-t)}[KN(-d_2)-F_T(t)N(-d_1)]$

$c(t)=e^{\left(r_{N,T}(t)\right)(T-t)}[F_T(t)N(d_1)-KN(d_2)]$

Burada;

$$d_1=\frac{ln\left(F_T(t)/_K\right)+\left(r_{N,T}(t)+\frac{\sigma^2}{2}\right)(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}}$$

$d_2=d_1-\sigma\sqrt{T-t}$

elde edilmektedir. Bir yatırımcının, 2018 yılının Ocak ayı ile 2018 yılının Aralık ayı arasındaki dönemde çıkarıldığı ve bir Avrupa tipi (call ya da put) opsiyonu Ocak ayı içinde almak istediği, $r_{N,T}(t)$'nin 0,08, q'nun 0,00 ve K'nin ($0 \leq K \leq 1$) K güven değişkeni olup, eğer K değeri 1'e yakınsa son piyasa bilgilerinin ağır bastığı, eğer K küçük ise daha çok geçmiş fiyat bilgisine vurgu yapılır) 0,092 olduğu varsayılmıştır.

Öncelikle momentler hesaplanır. Burada $r_{N,T}(t)$, t zamanında T vadesine kadar olan risksiz getiriyi, e^{-q} ise r'nin düzeltme faktörünü ifade etmektedir:

$M_{1,0}=e^{\left((r_{N,T}(t)-q)(T-t)\right)}a(t)(1-K)^{(T-t)}=e^{(0,08)(10)}50,7506(1-0,092)^{10}$

$M_{1,0}=43,0067$

$M_{1,i}=e^{\left((r_{N,T}(t)-q)(T-t)\right)}\gamma(t)K(1-K)^{i-1}$

$M_{1,i}=e^{((0,08)(10))}(50,7273)0,092(1-0,092)^{10-1}$

$\sum_{i=1}^{T-t} M_{1,i}=63,4592$

$M_1=M_{1,0}+\sum_{i=1}^{T-t} M_{1,i}$

$M_1=38,6211+56,9880=106,4659$

σ_2^*=0,0387 olmak üzere,

$M_2=\sum_{i=0}^{T-t} M_{1,i}^2\, e^{(\sigma_2^{*2} i)}+\sum_{i<j} M_{1,i}M_{1,j}\, e^{(\sigma_2^{*2} i)}$

$M_2=409,1551$

olarak tespit edilmiştir. Forward fiyatını ($F_T(t)$) ve volatilite (σ) olmak üzere aşağıdaki eşitlikler kullanılarak hesaplama yapılmıştır:

$F_T(t)=M_1=106,4659$

$$\sigma=\sqrt{\frac{1}{T-t}ln\left(\frac{M_2}{M_1}\right)}=\sqrt{\frac{1}{10}ln\left(\frac{297,6936}{95,6091}\right)}=0,3669$$

Black Scholes eşitliği kullanılarak Avrupa tipi put (p) ve call (c) opsiyon modelleri aşağıda verilmiştir:

$p(t)=e^{\left(r_{N,T}(t)\right)(T-t)}[KN(-d_2)-F_T(t)N(-d_1)]$

$c(t)=e^{\left(r_{N,T}(t)\right)(T-t)}[F_T(t)N(d_1)-KN(d_2)]$

Burada;

$$d_1=\frac{ln\left(F_T(t)/K\right)+\left(r_{N,T}(t)+\frac{\sigma^2}{2}\right)(T\text{-}t)}{\sigma\sqrt{T\text{-}t}}=1,91$$

$d_2=d_1-\sigma\sqrt{T\text{-}t}=0,75$

$N(-d_2)=0,1611$, $N(-d_1)=0,0298$, $N(d_1)=0,9761$ ve $N(d_2)=0,8186$ olduğundan,

c(t)= 48,9604 olarak bulunmaktadır.

vii. Fabozzi-Shiller-Tunaru Modelinin Değerlendirilmesi

Fabozzi-Shiller-Tunaru modelinde gayrimenkul endeksi için log ölçeğinde ortalamaya dönen bir stokastik model tanımlanmıştır. Önerilen model, trendli ortalamaya dönen modellerle aynı kategoride olup, uzun dönem ortalama trendini Ψ ile gösterilmiştir.

Yukarıda belirtilen varsayımların dışında uzun dönem ortalama trend olan Ψ için α=0,6871, β=0,1056, r_t=0,08, θ=0,1045, σ=0,1137 ve λ=0,01 olarak belirlenmiştir. Bu durumda call opsiyon fiyatı;

$$call_t=e^{(m_{y;t,T}+\sigma^2_{y;t,T}/2)}N\left(\frac{m_{y;t,T}+\sigma^2_{y;t,T}-ln(K)}{\sigma^2_{y;t,T}}\right)\text{-}KN\left(\frac{m_{y;t,T}-ln(K)}{\sigma^2_{y;t,T}}\right)$$

$call_t=4,73$

olarak bulunmuştur.

viii. Cao-Wei Modelinin Değerlendirilmesi

Cao & Wei (2010) tarafından gayrimenkul türevlerine ilişkin konut fiyat endeksine yönelik bir model ortaya konulmuştur. Söz konusu çalışmanın, konut endekslerinin ticarete konu olmayan yapısını barındırabilecek bir değerleme modeli önerme ve konut endekslerinin ticarete konu olmamasından kaynaklanan risk primlerinin incelenmesi şeklinde iki amacı bulunmaktadır.

Araştırma kapsamında, bir konut endeksi türevinin risk primi; türevin denge değeri ile risk-nötr değeri arasındaki yüzde farkı olarak tanımlanmıştır. Cao & Wei (2010) tarafından risk priminin futures sözleşmelerde beklenen konut endeksi getirisinin; getiri oynaklığı ve konut endeksi ile faiz oranı arasındaki korelasyon ile artacağı ve faiz oranının uzun dönem ortalaması ile azalacağı ifade edilmiştir. Call opsiyonlar için; beklenen konut endeksi getirisi, getiri oynaklığı ve konut endeksi ile faiz oranı arasındaki korelasyon ile artacağını ve put opsiyonlar için ise beklenen konut endeksi getirisi, getiri oynaklığı ve konut endeksi ile faiz oranı arasındaki korelasyon ile azalacağını ve alım ve satım opsiyonları için diğer model parametrelerinin etkilerinin belirsiz olduğunu vurgulamışlardır. Belirtilen çalışmada, konut fiyat endeksine dayalı bir temettü ödemesinin yapılması ve ekonomide yer alan bir bireyin koşullarına göre varsayımlarda bulunmuşlardır. Bu varsayımlar; kişinin bir konuta sahip olması ve zamanında emekli olana kadar konutun satılmayacağı, T zamanına kadar sabit bir maaşının olması ve $\overline{T}$'ye kadar emeklilik sonrası ömrünün olması şeklinde sıralanmıştır. Bu noktada amaç emeklilik öncesi tüketim ve emeklilik sonrası servetinden beklenen faydasının bugünkü değerini maksimum olmasıdır.

Uygulama örnekleri için oluşturulan varsayımlara göre, çalışma periyodu olarak 2018 yılının Ocak ayı ile 2018 yılının Aralık ayı alınmış olup, 12 ay vadeli bir opsiyon sözleşmesi için Ocak ayında 0,0353 volatilite olarak bulunmuştur. Söz konusu varsayımlara göre yapılan hesaplamalar sonucu aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır;

$$C_{BS}\left(S_t,\tau,K;r,q,\sigma\right)=S_te^{-q\tau}N(d_1)\text{-}Ke^{-r\tau}N(d_2)$$

$C=12,51$

Türkiye'de güvenilir bir ticari gayrimenkul endeksinin henüz bulunmamasından dolayı söz konusu modelin ülke ekonomisi için daha kullanışlı olabileceği ve Konut Fiyat Endeksine uyarlanmasının incelenen diğer gayrimenkul türev modellerine göre daha doğru olacağı değerlendirilmiştir.

ix. Opsiyon Modellerinin Değerlendirilmesi

Opsiyon modellerinden Syz'ın modelinin call değeri 110,54, Shiller-Weiss modelinin 45,80, BFSP modelinin 48,96, Fabozzi-Shiller-Tunaru modelinin 4,73 ve Cao-Wei modelinin ise 12,51 olduğu tespit edilmiştir. Bu değerler; her bir model için call primi olup, aynı varsayımlar üzerinden hesap edilmiştir. Bu durumda, diğer değişkenler sabit ve eşit olmak üzere (aynı vadede eşit miktardaki alımlar için) kaldıracı en yüksek olanın Fabozzi-Shiller-Tunaru modeline dayalı opsiyon sözleşmesi ve en düşük olanın ise Syz'ın modeline dayalı opsiyon sözleşmesi olduğu belirlenmiştir.

İncelenen opsiyon modellerinin duyarlılıkları delta parametresine göre karşılaştırılmıştır. Delta aynı zamanda hedge rasyosu olarak da adlandırılmakla birlikte dayanak varlık fiyatında meydana gelen değişimlerin opsiyon fiyatında nasıl bir değişime neden olacağını gösteren bir parametre olarak ele alınmalıdır (Geyikçi, 2020). Araştırma sonuçlarına göre Syz'ın modeline ilişkin delta $N_{Syz}(d_1)$=0,9846, Shiller-Weiss modelinin deltası $N_{SW}(d_1)$=0,5398, BFSP modelinin deltası $N_{BFSP}(d_1)$=0,9761, Fabozzi-Shiller-Tunaru Modelinin $N_{FST}(d_1)$=0,7291 ve Cao-Wei Modelinin ise deltası $N_{CW}(d_1)$=0,2611 olarak tespit edilmiştir.

Endeks değerinde meydana gelen değişime en duyarlı (örnekteki şartlar altında) Syz'ın modeli olduğu ve en az duyarlı olan modelin ise Cao Wei modeli olduğu belirlenmiştir. Delta, endekste meydana gelen değişimlere karşı sürekli değiştiği için her harekete karşı deltanın tekrar hesaplanması yararlı görülmektedir. Endeksteki büyük boşluklar ya da sıçramalar halinde deltanın etkisi azalmakta ve yanıltıcı sonuçların ortaya çıkarabileceği açıktır.

Çalışmada incelenen opsiyon modellerinin Gamma değerleri hesaplanmıştır. Gamma, Deltanın dayanak endeksin değerindeki değişime olan duyarlılığını ölçmektedir. Syz'ın modelinin Gamması $\Gamma_{Syz}=0,0011$, Shiller-Weiss modelinin $\Gamma_{SW}=0,0292$, BFSP modelinin $\Gamma_{BFSP}=0,0644$, Fabozzi-Shiller-Tunaru Modelinin $\Gamma_{FST}=0,3990$ ve Cao-Wei Modelinin ise $\Gamma_{CW}=0,3254$ olarak saptanmıştır. Bu sonuçlara göre, incelenen konunun opsiyonun Deltasında meydana gelen değişimden en fazla etkilenen Fabozzi-Shiller-Tunaru Modeli ve en az etkilenen ise Syz'ın modeli olduğu ortaya çıkmaktadır.

İncelenen opsiyon modellerinin duyarlılıkları Vega parametresine göre araştırılmıştır. Vega, opsiyonun volatilitedeki artış ya da azalışların opsiyon fiyatındaki etkiyi ölçen bir göstergedir. Syz'ın modelinin Vegası $V_{Syz}=0,20$, Shiller-Weiss modelinin $V_{SW}=5,14$, BFSP modelinin V_{BFSP}=11,32, Fabozzi-Shiller-Tunaru Modelinin $V_{FST}=70,15$ ve Cao-Wei Modelinin ise $V_{CW}=57,21$ olarak bulunmuştur.

Dayanak varlıkta meydana gelen volatilitedeki değişimlerden en fazla etkilenen (örnekteki şartlar altında) opsiyon modelinin Fabozzi-Shiller-Tunaru modeli ve en az etkilenen ise Syz'ın Modeli olmuştur. Hesaplama sonuçlarına göre volatilite sabit bir parametre olarak kullanılmış olsa da gerçekte volatilite opsiyonun vade tarihi boyunca değişiklik gösteren ve piyasadaki değişimlerden etkilenen bir gösterge olduğu için Vega değerinin endeksin hareketleri için tekrar saptanması gerektiği vurgulanmalıdır.

İncelenen opsiyon modellerinin Theta parametreleri tespit edilmiştir. Theta, vadenin azalmasının opsiyon değeri üzerindeki etkisini ölçen bir göstergedir. Syz'ın modelinin Thetası $\theta_{Syz}=-1,3047$, Shiller-Weiss modelinin $\theta_{SW}=-0,6353$, BFSP modelinin $\theta_{BFSP}=-1,4797$, Fabozzi-Shiller-Tunaru Modelinin $\theta_{FST}=-9,4445$ ve Cao-Wei Modelinin ise $\theta_{CW}=-0,6596$ olarak elde edilmiştir. Vade azaldıkça, söz konusu süreçten en fazla etkilenen modelin Fabozzi-Shiller-Tunaru modeli ve en az etkilenen modelin ise Cao-Wei Modeli olduğu saptanmıştır.

Genel Değerlendirme ve Sonuç

çalışmada, Ankara İli (Reel) Konut Fiyat Endeksinin bir volatilite modellemesi yapılmıştır. 2010-2020 dönemi içinde öncelikle ARMA modeli oluşturulmuş ve ardından E-GARCH (Üstel

GARCH) modeli tahmin sonuçları gerçekleştirilmiştir. Model sonuçlarına göre negatif şokların, pozitif şoklardan daha büyük etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Başka bir ifadeyle gayrimenkul piyasasını etkileyecek kötü haberlerin, olumlu etkileyecek haberlere göre daha büyük bir etkisi olacağı ortaya konulmuştur.

Çalışmada Konut Fiyat Endeksi ile makroekonomik değişkenler arasındaki ilişkilerde incelenmiştir. Bunun için Konut Fiyat Endeksini (cari fiyatlarla) etkileyebilecek, Yi-ÜFE, döviz kuru ve konut kredisi faiz oranı değişkenleri seçilmiştir. 2010-2020 dönemi içinde aylık olarak düzenlenen değişkenler arasındaki nedensellik ilişkilerini ortaya koymak amacıyla Granger nedensellik testi yapılmıştır. Granger nedensellik testi sonucuna göre Yi-ÜFE ile döviz kuru arasında ve Yi-ÜFE ile konut kredisi faiz oranı arasında çift yönlü bir nedensellik bulunduğu saptanmıştır. Konut kredisi faiz oranı ile konut fiyat endeksi ve konut kredisi faiz oranı ile döviz kuru arasında da çift yönlü bir ilişki söz konusudur. Konut Fiyat Endeksinden Yi-ÜFE'ye ve Konut Fiyat Endeksinden döviz kuruna doğru tek yönlü bir ilişki vardır. Ankara Konut Fiyat Endeksine dair yapılan varyans ayrıştırması analizi sonucuna göre 20. dönemde Ankara Konut Fiyat Endeksi üzerinde en fazla katkının sırasıyla Yi-ÜFE, döviz kuru ve konut kredisi faiz oranı olduğu görülmektedir.

Dinamik bir yapıda olması beklenen gayrimenkul türevlerine dayanak olan gayrimenkul endekslerinin gayrimenkullerin alım-satım fiyatlarına göre oluşturulması gerekmektedir. Alım-satım fiyatları piyasa fiyatları olup, Yi-ÜFE, döviz kuru ve konut kredisi faiz oranı değişkenlerinden etkilendiği belirlenmiştir. Spekülatörlerin geleceğe yönelik tahminleri için Yi-ÜFE, döviz kuru ve faiz oranlarına ilişkin tahminleri yatırımlarının yönü ve miktarını etkileyebilir. Ayrıca türev piyasalar açısından bakıldığında, türev sözleşmelere dayanak olacak Konut Fiyat Endeksinin reel değerli olmasının önemli olduğu değerlendirilmiştir. Çünkü özellikle yüksek enflasyon yaşanan ülkelerde cari olarak sürekli artan gayrimenkul fiyatları göz önüne alındığında, cari fiyat endeksinin kullanılması türev sözleşmelere taraf bulamama riskinin ortaya çıkmasına neden olmaktadır.

Gayrimenkul türev modellerinden Geltner-Fisher, Cao-Wei, Syz'ın Modeli, Bjork-Clapham, Shiller-Weiss, BFSP ve Fabozzi-Shiller-Tunaru modelleri incelenmiş ve söz konusu yedi model içinde forward ve futures sözleşmelere temel oluşturan modeller arasında yer alan ve gayrimenkul piyasalarına uygun olarak geliştirilen Shiller-Weiss, Syz'ın modeli ve Cao-Wei modeli olduğu görülmüştür. Opsiyon sözleşmelerinin temelinde Black-Scholes modeli yer almakta olup, gayrimenkul türevleri söz konusu modelin uyarlaması şeklinde ortaya çıkmıştır. Shiller-Weiss modeli, Syz'ın modeli, BFSP modeli, Cao-Wei modeli ve Fabozzi-Shiller-Tunaru modelleri opsiyon sözleşmeleri arasında gayrimenkul türevleri için geliştirilmiş ve öne çıkan modellerdir. Swap sözleşmelerde ise Bjork ve Clapham modeli ve Geltner ve Fisher modeli yer almaktadır.

İncelenen modeller arasında Cao-Wei modeli hariç diğer bütün modeller ticari gayrimenkul endeksine dayalı olarak geliştirilen gayrimenkul türev modelleridir. Cao-Wei, bir konut fiyat endeksinin de türev modellerde kullanılabileceğini bazı varsayımlar altında incelemiş olup, söz konusu modelde ticarete konu olmayan konut fiyat endeksinin risk primleri tanımlanmış, endekste ortalamaya dönen bir toplam temettü sürecinin olduğu ve yatırımcının ise riskten kaçınan bir düşüncede olduğu varsayılmış ve model sonuçları değerlendirilmiştir. Modelde, konut endeksi türevinin risk primini, türevin denge değeri ile risk nötral değeri arasındaki yüzde farkı olarak tanımlamışlardır. Türev değerinin dayanak olarak gösterilen konut fiyat endeksini, faiz oranını ve bunların korelasyonunu karakterize eden parametrelere bağlı olduğunu göstermişlerdir. Türkiye'de sadece konut fiyat endeksinin bulunmasından dolayı uygulanabilirlik açısından Cao-Wei modelinin uyarlanabilmesi mümkün görülmektedir. Ülkede ticari gayrimenkul endeksinin

olmaması dezavantajlı bir durum olmakla birlikte, bu konuda ek çalışmaların da yapılması gerekmektedir. Bu bağlamda, öncelikle ticari gayrimenkul tanımının yapılması gereksinimi duyulmakta ve ticari gayrimenkul satışlarının da sınıflandırılması (dükkan, ofis, plaza, AVM gibi) önem arz etmektedir. Buna istinaden daha etkin bir gayrimenkul piyasası için ticari gayrimenkul endeksinin yayımlanması gerekmektedir.

Çalışmadaki opsiyon modelleri uygulama bölümünde yer alan varsayımlar ve şartlar dahilinde incelendiğinde; hedge rasyosu (Deltası) en büyük olan yani duyarlılığı en yüksek olan Syz'ın modeli ve duyarlılığı en düşük olan ise Cao-Wei modeli olduğu belirlenmiştir. Daha yüksek bir Deltaya sahip olan Syz'ın modelinin daha düşük kaldıraçlı ve Cao-Wei modelinin ise daha yüksek kaldıraca sahip olduğu anlamına gelmektedir. Başka bir ifadeyle Cao-Wei modelini kullanan bir opsiyon, diğer modellere göre daha yüksek risk barındırmaktadır. Çalışmadaki gayrimenkul türev modellerinden opsiyon modellerinin Deltanın dayanak endeksin değerindeki değişime olan duyarlılığını ölçen Gamma değerleri incelendiğinde; Fabozzi-Shiller-Tunaru modelinin en fazla etkilenen model olduğu belirlenmiştir. Bir opsiyonun Gamma değeri büyüdükçe, riskin de artması nedeniyle Gamma değerine göre en riskli olan model olduğu açıktır. Gamma değerine göre Syz'ın modeli incelenen modeller arasında en az riskli model olmuştur. Opsiyon modellerinin Vega değerleri de hesaplanmıştır. Opsiyonun volatilitedeki artış ya da azalışların opsiyon fiyatındaki etkiyi ölçen Vega değeri, en yüksek Fabozzi-Shiller-Tunaru modelinde, en düşük ise Syz'ın modelinde ortaya çıkmıştır. Bu durum, piyasadaki volatiliteden en çok etkilenen başka bir ifadeyle en riskli olan modelin Fabozzi-Shiller-Tunaru modeli olduğu ve en düşük riske sahip modelin ise Syz'ın modeli olduğu saptanmıştır. Çalışmada incelenen opsiyon modellerinin Theta değerlerine göre en büyük değerin BFSP modelinde, en düşük değerin ise Cao-Wei modelinde ortaya çıktığı görülmüştür. Vadenin azalmasının opsiyon değeri üzerindeki etkisini ölçen Theta değerine göre en riskli modelin BFSP modeli, en az riskli olan ise Cao-Wei modeli olduğu tespit edilmiştir. Türkiye'de güvenilir bir ticari gayrimenkul endeksinin yayınlaması durumunda söz konusu modeller arasında Syz'ın modelinin seçimi daha az riskli olması açısından uyarlanabilir görülmektedir.

Çalışmadaki gayrimenkul türev modellerinden forward ve futures sözleşmeler için uygulanabilir modeller ortaya koyan Shiller-Weiss modeli, Syz'ın modeli ve Cao-Wei modelleri incelenmiştir. Shiller-Weiss modeli fiyat değişimlerinin logaritmalarının Gauss dağılımından geldiğini varsayarak uzun vadeli sözleşmelerle gayrimenkul riskinden korunma avantajı sunmaktadır. Söz konusu modelde futures sözleşmelerin fiyatlandırılması, getirilerin standart bir AR(1) süreci izlediğini göstererek yapılmıştır. Cao-Wei forward sözleşme modelinde, forward değerini, toplam vade üzerinden tanımladığı fayda fonksiyonu ile vade bitiminden önceki bir zaman noktasında tanımladığı fayda fonksiyonlarının beklenen değerleri üzerinden saptanmıştır. Söz konusu eşitliği Euler denklemi üzerinden ispat etmiştir. Syz'ın modelinde, bir gayrimenkul forward sözleşmesinin değerinin, dayanak endeks seviyesinin veya risksiz faiz oranının basit bir fonksiyonu olamayacağını belirterek bir gayrimenkul yayılımı (p) tanımlar ve bu parametreyi risksiz faiz oranına ekler. Gayrimenkul yayılımı, yakın vadeli bir sözleşmenin fiyatı ile uzak vadeli bir sözleşmenin fiyatı ile ilişkilendirilmiştir. Bu nedenle, gelecekte gerçekleşmesi planlanan fiyatların daha az riskle tahmin edilmesinin sağladığı vurgulanmalıdır.

Çalışmada incelenen gayrimenkul swap modelleri Bjork ve Clapham modeli ve Geltner ve Fisher modelidir. Bjork ve Clapham modelinde ticari gayrimenkul endeksine bağlı swapların (CREILS) fiyatlandırılması araştırılmıştır. CREILS'i arbitrajsız sürekli zaman modelleme çerçevesinde ele almışlar ve swap değerinin teorik fiyatının sıfıra eşit olduğunu göstermişlerdir. Bjork ve Clapham modeli, ticari gayrimenkul endeksine bağlı swap alıcılarına yapılan ödemeler ile

temettüleri ilişkilendirerek ortaya çıkan bir model olup, gayrimenkulün spot piyasalarındaki dezavantajlarından dolayı risksiz bir arbitraj imkanı tanımayacağı değerlendirilmiştir. Geltner ve Fisher (2007) modellerinde, risksiz LIBOR oranı ile gayrimenkul portföyünden beklenen getiri arasında bir fark olduğunu ve ikisi arasındaki farkın, gayrimenkul portföyü için risk primi olduğunu tanımlayarak bir model oluşturmuşlardır. Gecikme ve düzeltme etkileri nedeniyle gayrimenkul endeksinin, portföyün gerçek piyasa değerinden daha düşük olmasına istinaden bir gecikme etkisi tanımlamış ve denge durumunda endeksten beklenen getiri arasındaki farkın ölçülebilir olduğunu göstermişlerdir.

Türkiye'de gayrimenkul satışlarına ilişkin gelişmiş bir sistemin bulunmadığı ve bazı verilerin doğruluğunun olmadığını vurgulamak gerekmektedir. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü, TCMB, TÜİK, belediyeler, bankalar ve ilgili kamu ve özel kuruluşların verilerinin toplandığı bir "birleştirilmiş veri sisteminin" oluşturulması doğru veriye ve doğru endekse ulaşılmasını sağlayacaktır. Ayrıca söz konusu verilerin değerleme uzmanlarının erişimine açılması da doğru raporlama açısından önemli görülmektedir.

Arbitraja izin vermeyen gayrimenkul türev modelleri gayrimenkulün spot piyasada geçerli bazı özellikleri ile karşılaştırılmıştır. Söz konusu özellikler arasında gayrimenkul alım satımı sırasında ortaya çıkan maliyetlerin bulunması, menkul kıymetlerdeki alımlara göre yavaş işlem süreci, açığa satışın mümkün olamaması, gayrimenkul piyasalarının likitidesinin düşük olması ve yönetim maliyetleri olarak sıralanmıştır. Diğer bir ifade ile spot piyasada gayrimenkul satın alan bir kişi, alım satım maliyetleri ve yönetim maliyetlerine de katlanmak zorundadır. Ancak türev piyasalarda gayrimenkul endeksine bağlı sözleşmeler alındığında ve böyle bir maliyetin bulunmaması durumu, arbitraja izin verecek şekle gelebilmesine olanak sağlamaktadır. Bu nedenle, arbitrajsız gibi görünen modellerin aslında arbitraja izin veren yapılarının göz ardı edilmemesi gerekmektedir. Bu nedenle fiziki olarak satın alınmayan ancak fiziki olarak satın alınma durumunu sağlayan gayrimenkule dayalı sermaye piyasası araçları kullanılarak türev sözleşmelerin ihraç edilmesi hem piyasalar açısından, hem de yatırımcılar açısından, doğru olacağı değerlendirilmiştir.

"COPE-Dergi Editörleri İçin Davranış Kuralları ve En İyi Uygulama İlkeleri" beyanları:	
Etik Kurul Belgesi:	Bu çalışma için etik kurul onayı gerekmemektedir.
Çıkar Çatışması Beyanı:	Bu makalenin araştırması, yazarlığı veya yayınlanmasıyla ilgili olarak yazarın potansiyel bir çıkar çatışması yoktur.
Finansal Destek:	Bu çalışmanın araştırma ve yazım aşamasında herhangi kişi/kurum veya kuruluşlar tarafından finansal destek alınmadığı bildirilmiştir.
Katkı Oranı Beyanı:	1. yazar: %50 – 2. yazar: %50
Destek ve Teşekkür Beyanı:	-
Sorumlu Yazar:	Toygun Atasoy
Çifte Kör Hakem Değerlendirmesi:	Dış-bağımsız
Bu makale, Creative Commons Atıf-GayriTicari 4.0 Uluslararası Lisansı ile lisanslanmıştır.	
The following statements are made in the framework of "COPE-Code of Conduct and Best Practices Guidelines for Journal Editors":	

Ethics Committee Approval:	Ethics committee approval is not required for this article.
Declaration of Conflicting Interests:	No conflicts of interest were reported for this article.
Financial Support:	It has been reported that this study did not receive financial support from any person/institution or organization during the research and writing phase.
Author Contributions:	1st author: %50 – 2st author: %50
Statement of Support and Acknowledgment:	-
Corresponding Author:	Toygun Atasoy
Double-Blind Peer Review:	External-independent
This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.	

KAYNAKÇA

Akçay, M.B., Kasap, M., Doğuç, T. & Kasap, G. (2012). *Finans Mühendisliği ve Risk Yönetimi Perspektifiyle Türev Piyasalar ve Yapılandırılmış Ürünler*. İstanbul: Scala Yayıncılık.

Akel, V. (2011). *Kriz Dönemlerinde Finansal Piyasalar Arasındaki Volatilite Yayılma Etkisi.* Ankara: Detay Yayıncılık.

Aliefendioğlu, Y. & Çevik, T. (2015). Konut kredisi müşterilerinin kredi kullanım tutarları ve konut satış değerlerinin karşılaştırılması: Çankaya İlçesi Örneği. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 8(41), 1101-1115.

Atasoy, T. & Tursun, A. (2022). Türkiye'de Konut Piyasası ve Birinci El Konut Satışlarının Analizi. *Eurasian Business & Economics Journal*, 0(29), 23-40.

Barışık S. & Kesikoğlu F. (2006). Türkiye'de Bütçe Açıklarının Temel Makroekonomik Değişkenler Üzerine Etkisi (1987-2003 VAR, Etki-Tepki Analizi, Varyans Ayrıştırması). *Ankara Üniversitesi SBF Dergisi*, 61(4), 59-82.

Biket, C.A. (2015). Yatırım Bankalarında Emtialara Dayalı Vadeli Enstrümanların Kullanımı ve Türkiye Uygulaması. (Doktora Tezi). İstanbul: Marmara Üniversitesi, Bankacılık ve Sigortacılık Enstitüsü, Bankacılık Anabilim Dalı.

Bjork, T. & Clapham, E. (2002). On the Pricing of Real Estate Index Linked Swaps. *Elsevier Journal of Housing Economics* 11(2002), 418-432.

Black, F. & Scholes, M. (1973). The Pricing of Options and Corporate Liabilities. *The Journal of Political Economy*, 81(3), 637-654.

Bollerslev, T. (1986). Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity. *Journal of Econometrics*, 31(3), 307-327.

Boyle, P. & McDougall, J. (2019). *Trading and Pricing Financial Derivatives*. Boston/Berlin: Walter de Gruyter Inc.

Cao, M. & Wei, J. (2010). Valuation of Housing Index Derivatives. *Journal of Futures Markets*, 30(7), 660–688.

Chambers, N. (2012). *Türev Piyasalar*. İstanbul: Beta Basın Yayım Dağıtım.

Chisholm, A.M. (2010). *Derivatives Demystified, A Step-by-Step Guide to Forwards, Futures, Swaps and Options*. UK: Wiley Publication.

Dodd, R. (2002)". The Structure of OTC Derivatives Markets, *The Financier*, 9(1-4), 1-5.

Enders, W. (1995). *Applied Econometric Time Series*. USA: John Wiley & Son, Inc.

Engle, R.F. (1982). Autoregressive Conditional Heteroscedasticity With Estimates of The Variance of United Kingdom Inflation. *Econometrica*, 50(4), 987-1007.

Eroğlu, E. (2010). Mortgage Sisteminde İkincil Piyasa Ürünleri ve Dünya Uygulamaları, *İşletme Araştırmaları Dergisi* 2(4), 19-38.

Fabozzi, F.J., Shiller, R. J., & Tunaru, R. S. (2011). A Pricing Framework For Real Estate Derivatives. *European Financial Management*, 18(5), 762–789.

Geyikçi, U.B. (2020). *Türev Ürünlerden Opsiyon İşlemleri, Spreadler, Stratejiler, Sentetikler, Egzotikler ve Fiyatlama*, Ankara: Seçkin Yayıncılık.

Gottesman, A. (2016). *Derivatives Essentials An Introduction to Forwards, Futures, Options, and Swaps*. USA: Wiley Finance Series, Wiley Publication.

Hacker, J. & Ernst, D. (2017). *Financial Modeling An Introductory Guide to Excel and VBA Applications in Finance*. London: Global Financial Markets, Publisher: Palgrave Macmillan.

Hull, J.C. (2017). *Fundamentals of Futures And Options Markets*. UK: Pearson Education Limited.

Karadaş, H. A. & Salihoglu, E. (2020). Seçili Makroekonomik Değişkenlerin Konut Fiyatlarına Etkisi: Türkiye Örneği. *Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 16(1), 63-80.

Karatepe, Y. (2000). *Türev Piyasalar*. Ankara: Ankara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Yayını, Yayın No: 587.

Milli Eğitim Bakanlığı (MEB). (2011). *Türev Piyasa Araçları*: Ankara.

Nelson, D.B. (1991). Conditional Heteroskedasticity in Asset Returns: A New Approach, *Econometrica*, 59, 347-370.

Saltoğlu, B. (2018). *Türev Araçlar, Piyasalar ve Risk Yönetimi*. İstanbul: Sermaye Piyasası Lisanslama Sicil ve Eğitim Kuruluşu Yayınları.

Shakir, A. (2010). Piyasa Riski ve Türev Araçlar. (Yüksek Lisans Tezi). Edirne: Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Anabilim Dalı.

Shiller, R. J. (2008). Derıvatives Markets For Home Prices, *Cowles Foundation For Research In Economics Yale University*, Paper No. 1648, 1-27.

Shumway, R.H. & Stoffer, D. S. (2017). *Time Series Analysis and Its Applications With R Examples*. The Netherlands: Springer International Publishing.

Syz, J.M. (2008). *Property Derivatives, Pricing, Hedging and Applications*. Chichester: Wiley (John Wiley & Sons, Ltd.).

Tunaru, R.S. (2017). *Real-Estate Derivatives From Econometrics to Financial Engineering*. UK: Oxford University Press.

Tural, Ö. (2008). Riskten Korunmada Opsiyon Sözleşmeleri Fiyatlandırma Modeli Uygulamaları. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul: Marmara Üniversitesi Bankacılık ve Sigortacılık Enstitüsü Sermaye Piyasaları ve Borsa Anabilim Dalı.

Tursun, A. (2023). *Gayrimenkul Pazar Analizinde Sistem Dinamiği Yaklaşımı ve Uygulaması*. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.

Van Bragt, D., Francke, M. K., Kramer, B. ve Pelsser, A. (2009). *Risk-neutral Valuation of Real Estate Derivatives*. ORTEC Finance Research Center, 2009(02), 1-27.

Yalçıner, K., Tanrıöven, C., Bal, H., Aksoy, E. E. ve Kurt Cihangir, Ç. (2014). *Finansal Teknikler ve Türev Araçlar*. Ankara: Detay Yayıncılık.

Yurdakul, F. (2016). *Döviz Kurunun Belirleyicileri Kısmı ve Koşullu Granger Nedensellik, SETAR, LSTAR, TVAR Modelleri*. Ankara: Gazi Kitabevi.