

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

**GAYRİMENKUL TÜREVLERİ VE GAYRİMENKUL TÜREV
FİYATLANDIRMA MODELLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Toygun ATASOY

GAYRİMENKUL GELİŞTİRME VE YÖNETİMİ ANABİLİM DALI

**ANKARA
2022**

Her hakkı saklıdır.

ÖZET

Doktora Tezi

GAYRİMENKUL TÜREVLERİ VE GAYRİMENKUL TÜREV FİYATLANDIRMA MODELLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Toygun Atasoy

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü

Gayrimenkul Geliştirme ve Yönetimi Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Harun TANRIVERMİŞ

Finansal risklerden korunma ya da söz konusu riskleri azaltmak amacıyla ekonomide bazı finansal araçlar geliştirilmiş ve türev finansal ürünler, bu araçlar içinde önemli bir yere sahiptir. 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 incelenmiş ve bu modellerin karşılaştırılması yapılmıştır. Ayrıca 2010-2020 döneminde aylık olarak yayımlanan Ankara Konut Fiyat Endeksine ilişkin volatilité modellemesi E-GARCH (Üstel GARCH) yöntemi kullanılarak tahmin edilmiş olup, araştırma sonuçlarına göre; asimetric etkiyi gösteren parametrenin negatif ve anlamlı olduğu ve negatif şokların, pozitif şoklardan daha büyük etkiye sahip olduğu saptanmıştır. Ankara İli Konut Fiyat Endeksini etkileyecek değişkenler belirlenerek 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 az 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 yansıtmaları nedeniyle Türkiye için uygun olduğu değerlendirilmiştir. Türkiye'de gayrimenkul türevlerinin uygulanabilirliği değerlendirildiğinde; Konut Fiyat Endeksine alternatif olarak gayrimenkule dayalı sermaye piyasası araçları olan gayrimenkul sertifikaları, kira sertifikaları ve gayrimenkul yatırım fonlarının türev sözleşmelere dayanak oluşturulabilecek şekilde düzenlenebileceği önerisi yapılmıştır. Özellikle alım-satımın kontrollü olabileceği gayrimenkul projelerinde dinamik fiyatlamasının yapılabilmesi ve yatırımcılar tarafından alınıp satılabilir olması, türev sözleşmelere ilişkin mekanizmanın çalışabileceği vurgulanmıştır.

Eylül 2022, 144 sayfa

Anahtar Kelimeler: Türev piyasalar, gayrimenkul türevleri, gayrimenkul türev modelleri, volatilité modellemesi ve konut fiyat endeksi.

ABSTRACT

Ph.D. Thesis

REAL ESTATE DERIVATIVES AND EVALUATION OF REAL ESTATE DERIVATIVE PRICING MODELS

Toygun Atasoy

Ankara University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Real Estate Development and Management

Supervisor: Prof. Dr. Harun TANRIVERMİŞ

Some financial instruments have been developed in economies to hedge or reduce financial risks and derivative financial products have an important place among these instruments. The use of 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, there has been an increase in the number of derivative contracts traded in secondary markets and changes have occurred in real estate derivative models according to economic conditions. With the scope of the research, first place, Shiller-Weiss, Syz's Model, BFSP (Bragt-Franche-Singor-Pelsser), Cao-Wei, Fabozzi-Shiller-Tunaru, Geltner and Fisher and Bjork and Clapham models were examined and compared. In addition, the volatility modeling of the Ankara Housing Price Index, which was published monthly for the period 2010-2020, was estimated by using the E-GARCH (Exponential GARCH) method, and according to the results of the research; it was determined that the parameter showing the asymmetrical effect was negative and significant and that negative shocks had a greater effect than positive shocks. To determine the variables that will affect the Ankara province Housing Price Index, the VAR model was created and the change in the housing price index was examined according to the variance decomposition results. According to the application example created based on Ankara Housing Price Index data, Syz's Model was found to be a less risk-free model among option models. In forward/futures contracts, it has been determined that the Cao-Wei Model is applicable under the circumstances in Turkey in terms based on a housing price index. In swap contracts, it was estimated that Bjork and Clapham Model was suitable for Turkey because it has better reflections of the dynamics of the real estate markets. When the applicability of real estate derivatives in Turkey is evaluated; as an alternative to the Housing Price Index, it was proposed that real estate certificates, lease certificates, and real estate investment funds, which are capital market instruments based on real estate, could be arranged in such a way that they could be based on derivative contracts. It has been emphasized that the mechanism regarding derivative contracts can work, especially in real estate projects where trading can be controlled, for reasons such as dynamic pricing can be made, and they can be traded by investors.

September 2022, 144 pages

Key Words: Derivatives markets, real estate derivatives, real estate derivative models, volatility modelling, and housing price index.

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Ülke ekonomileri için büyük önem arz eden gayrimenkul piyasalarında yaşanan değişkenlik birçok makroekonomik değişkeni etkilemekle birlikte, söz konusu piyasada yer alan yatırımcıların uygulamada üstlendiği risk yönetimlerinin başında gayrimenkul türev ürünlerinin kullanımı gelmektedir. Bu çalışmada, gayrimenkul türev modelleri incelenmiş ve Türkiye gayrimenkul piyasaları ve yatırımları için öneriler geliştirilmiştir. Gayrimenkul Geliştirme ve Yönetimi Bölümündeki çalışma hayatım boyunca bilgisiyle beni yönlendiren, kendisinden çok şey öğrendiğim, akademik çalışma hayatımın başlamasını sağlayan ve her konuda desteğini gördüğüm danışman hocam sayın Prof. Dr. Harun TANRIVERMİŞ (Ankara Üniversitesi Gayrimenkul Geliştirme ve Yönetimi Anabilim Dalı)’e, ekonometri dersini aldığım tanışabildiğim, ekonometriye dair öğrendiğim her bilginin kaynağı olan, desteği, özverisi ve cesaretlendirmesi ile tez çalışmamdaki yeri çok önemli olan hocam sayın Funda YURDAKUL (Hacı Bayram Veli Üniversitesi Ekonometri Anabilim Dalı)’a, tezime olan katkılarının yanında tez dışında bilgi ve tecrübesiyle çok şey öğrendiğim hocam sayın Doç. Dr. Erol DEMİR (Ankara Üniversitesi Gayrimenkul Geliştirme ve Yönetimi Anabilim Dalı)’e, çalışma hayatımın her aşamasında yanımda olan ve beni destekleyen, yardımları, anlayışı, verdiği tavsiyeler ile bana yol gösteren, beni sabırla dinleyerek yönlendiren, çalışma hayatımın dışında da kendisinden çok şey öğrendiğim hocam sayın Doç. Dr. Yeşim TANRIVERMİŞ (Ankara Üniversitesi Gayrimenkul Geliştirme ve Yönetimi Anabilim Dalı)’e teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamda çok büyük emekleri olan, tez sürecinde bana olan güvenleri ile her zaman arkadaşlıklarını hissettiğim Arş. Gör. Parla GÜNEŞ’e, Ahmet ÖNGÖN’e, Öğr. Gör. Dr. Sibel CANAZ SEVGİN’e, Arş. Gör. Dr. Abdurrahman TURSUN’a, Arş. Gör. Esra KESKİN’e, Arş. Gör. Ahmet Hilmi ERCİYES’e, Buket Ülger’e, Arş. Gör. Gülnaz ŞENGÜL GÜNEŞ’e, Öğr. Gör. Sinan GÜNEŞ’e ve Ankara Üniversitesi Gayrimenkul Geliştirme ve Yönetimi Anabilim Dalı’nın tüm akademik ve idari personeline teşekkür ederim.

İlk eğitimimi aldığım, öğrenim hayatıma doğrudan katkısı olan, beni her zaman destekleyen, varlıkları ile güç bulduğum annem Memduha ATASOY’a, babam Süleyman ATASOY’a, ablam Sibel ATASOY BÜLTER’e ve abim Mehmet ATASOY’a, sadece tez sürecinde değil, hayatıma girdiği zamandan bugüne yanımda olan ve hayatımın her aşamasında beni destekleyen değerli eşim Buse TÜREGÜN ATASOY’a ve sevgili oğlum Teoman ATASOY’a teşekkür ederim. Çalışmanın yararlı ve gösterici olmasını dilerim.

Toygun ATASOY
Ankara, Eylül 2022

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAYI

ETİK.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT	iii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	iv
KISALTMALAR DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
1.1 Çalışmanın Önemi.....	1
1.2 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	3
2. LİTERATÜR ÖZETİ	5
2.1 Gayrimenkul Endekslerine Yönelik Çalışmalar	5
2.2 Volatilite Modellemesine Yönelik Çalışmalar	9
2.3 Gayrimenkul Türevleri ve Modellerine Yönelik Çalışmalar	11
2.4 Kaynak Araştırması Sonuçlarının Değerlendirilmesi ve Araştırma Gereksinimi	15
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	17
3.1 Veri Kaynakları.....	17
3.2 Araştırma Yöntemleri.....	17
3.2.1 Gayrimenkul endeksi oluşturulmasında kullanılan yöntemler	17
3.2.2 Volatilite modellemesine ilişkin kullanılan yöntemler	23
3.2.2.1 Zaman serilerinde durağanlık	23
3.2.2.2 Durağanlığın tespit edilmesi.....	25
3.2.2.3 Otoregresif hareketli ortalamalar (ARMA) modelleri	27
3.2.2.4 Otoregresif koşullu değişen varyans (ARCH) modelleri.....	31
3.2.2.5 Genelleştirilmiş otoregresif koşullu değişen varyans (GARCH) modeli.....	32
3.2.2.6 Üstel genelleştirilmiş otoregresif koşullu değişen varyans (EGARCH) modeli.....	33
3.2.3 Vektör otoregresif modeller (VAR).....	34
3.2.3.1 Varyans ayrıştırması analizi	36
3.2.3.2 Granger nedensellik analizi.....	37

4. TÜREV FİNANSAL ARAÇLAR, GAYRİMENKUL TÜREVLERİ VE GAYRİMENKUL TÜREV MODELLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ	39
4.1 Türev Finansal Araçlar	39
4.1.1 Forward sözleşmeleri	40
4.1.2 Futures sözleşmeleri.....	44
4.1.3 Opsiyon sözleşmeleri.....	46
4.1.4 Swap sözleşmeleri.....	52
4.2 Riskin değeri (Value at Risk)	53
4.3 Menkul kıymetleştirme	54
4.4 Gayrimenkul Türev Fiyatlandırma Modelleri	55
4.4.1 Denge modelleri.....	56
4.4.2 Arbitrajsız modeller	61
4.4.3 Ekonometri ve matematik temelli modeller	66
4.5 Gayrimenkul Türev Modellerinin Değerlendirilmesi.....	76
5. TÜRKİYE’DE GAYRİMENKUL TÜREV SÖZLEŞMELERİNİN UYGULANABİLİRLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ	81
5.1 Çalışmada Kullanılan Verilerin Nitelikleri	81
5.2 Ankara İli Konut Fiyat Endeksinin Volatilite Modellemesi	86
5.3 Granger Nedensellik Testi ve VAR Modeli	94
5.4 Gayrimenkul Türev Fiyatlandırma Modellerinin Ankara İli Konut Fiyat Endeksine Uygulanma Olanakları.....	97
5.5 Türkiye’de Sermaye Piyasası Araçları ve Gayrimenkul Türev Sözleşmelerin Uygulanabilirliğinin Değerlendirilmesi	111
5.5.1 Gayrimenkule Dayalı Sermaye Piyasası Araçları Çerçevesinde Gayrimenkul Türevlerinin Kullanım Olanakları.....	112
5.5.1.1 Gayrimenkul sertifikaları.....	112
5.5.1.2 Kira sertifikaları	114
5.5.1.3 Gayrimenkul yatırım fonları.....	116
5.5.2 Gayrimenkul türevlerinin kullanımının Vadeli İşlem ve Opsiyon Borsası Yönetmeliği çerçevesinde değerlendirilmesi	117
5.5.3 Türkiye’de gayrimenkul türevlerinin kullanımının inşaat ve gayrimenkul piyasası ile makroekonomik faktörler çerçevesinde değerlendirilmesi.....	119
6. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇ	125
KAYNAKLAR	131
Ek- Çalışmada Kullanılan Veri Seti	140
ÖZGEÇMİŞ.....	143

KISALTMALAR DİZİNİ

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
ACF	Otokorelasyon Fonksiyonu
BİST	Borsa İstanbul
CME	Chicago Mercantile Exchange
DİBS	Devlet İç Borçlanma Senetleri
GYF	Gayrimenkul Yatırım Fonu
GYO	Gayrimenkul Yatırım Ortaklıkları
IPD	Investment Property Databank Index
IPF	Investment Property Forum
IRR	İç Verim Oranı
İBBS	İstatistiki Bölge Birimleri Sınıflaması
İDMK	İpoteğe Dayalı Menkul Kıymet
İFK	İpotek Finansman Kuruluşu
İMKB	İstanbul Menkul Kıymetler Borsası
LIBOR	London Interbank Offered Rate
MIT/CRE	Massachusetts Institute of Technology Center for Real Estate
MSCI	Morgan Stanley Capital International
NCREIF	National Council of Real Estate Investment Fiduciaries
NPI	NCREIF Property Index
OFHEO	Office of Federal Housing Enterprise Oversight
OTC	Tezgah Üstü (Over The Counter)
PACF	Kısmi Otokorelasyon Fonksiyonu
RICS	Royal Institution of Chartered Surveyors
SPK	Sermaye Piyasası Kurulu
TCMB	Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası
TLREF	Türk Lirası Gecelik Referans Faiz Oranı
VAR	Vektör Otoregresif (Vector Autoregressive)
VDMK	Varlığa Dayalı Menkul Kıymetler
VFF	Varlık Finansmanı Fonu
ViOP	Vadeli İşlem ve Opsiyon Piyasası
VOBAŞ	Vadeli İşlem ve Opsiyon Borsası
XGMYO	BİST Gayrimenkul Yatırım Ortaklıkları
XU030	BİST 30 Endeksi
Yi-ÜFE	Yurt İçi Üretici Fiyat Endeksi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 5.1 Ankara İli Değerleme Rapor Sayılarının Türlerine Göre Dağılımı	86
Şekil 5.2 Ankara İli Konut Fiyat Endeksi (Cari Fiyatlarla)	87
Şekil 5.3 Ankara İli Reel Konut Fiyat Endeksi.....	88
Şekil 5.4 Cari Konut Fiyat Endeksinin Getiri Serisi	89
Şekil 5.5 EGARCH modeline ilişkin koşullu standart sapma	94
Şekil 5.6 Değişkenlere ilişkin Granger Nedensellik yönü	96



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1 Opsiyon Sözleşmesinin Türleri ve Tarafları	47
Çizelge 4.2 Gayrimenkul Türev Fiyatlandırma Modelleri ve Açıklamaları	79
Çizelge 5.1 Ankara İli Değerleme Raporları Sayısı.....	83
Çizelge 5.2 Getiri Serisine Ait Tanımlayıcı İstatistikler	89
Çizelge 5.3 Getiri Endeksinin Birim Kök Testi	90
Çizelge 5.4 Tercih Edilen ARMA Modellerinin Sonuçları	90
Çizelge 5.5 ARMA(3,3) Modelinin Kalıntıların Korelogram Sonuçları	90
Çizelge 5.6 ARCH Değişen Varyans Test Sonucu	91
Çizelge 5.7 EGARCH Modeline İlişkin Sonuçlar	93
Çizelge 5.8 Değişkenlere ilişkin Granger Nedensellik testi sonuçları.....	95
Çizelge 5.9 Konut Fiyat Endeksine ilişkin varyans ayrıştırması sonuçları.....	96
Çizelge 5.10 İpotekli satışların toplam konut satışları içindeki payı	121
Çizelge 5.11 Türkiye’de inşaat ve gayrimenkul faaliyetlerinin GSYİH içindeki payı .	123

1. GİRİŞ

1.1 Çalışmanın Önemi

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 oyuncularındır. 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 tezgah üstü (over the counter, OTC) piyasalarda alınıp satılabilir (Chisholm 2010). Organize piyasalar, standartlaştırılmış finansal araçların alınması ve satılmasına imkan tanıyan hukuki düzenlemelerin yapıldığı borsalardır (Saltoğlu 2018). Tezgah üstü piyasalarda ise organize piyasaların aksine çok az düzenleyici denetimler bulunmakta veya hiç denetleme yapılmamaktadır (Dodd 2002).

En yaygın olarak kullanılan finansal türev ürünler; Forwards Sözleşmeler, Futures Sözleşmeler, Opsiyonlar ve Swaplar olmak üzere dört çeşittir (Chambers 2012). Finansal türev ürünler, spekülasyon (yatırım) ya da riskten korunma amacıyla kullanılabildiği gibi, gelecekteki belirsiz sonuçların tahminlerinin de görülebilmesi açısından önem taşımaktadır. Bu piyasada yer alan spekülasyonlar kar elde etmek isteyen yatırımcılardır. Riskten korunma ise maruz kaldıkları riski azaltmak amacıyla ilgili türev finansal ürünleri alan ya da satan kişilerdir (Boyle ve McDougall 2019). Saltoğlu (2018)'na göre 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. Özellikle uluslararası piyasalarda ve likit olarak alınıp satılabilen finansal türev ürünleri, emtia ve kurlardan kaynaklanabilecek fiyat risklerinin yönetimi açısından önem arz etmektedir. Aynı şekilde

firmaların kredi maliyetlerine ilişkin ortaya çıkabilen faiz riskleri de faiz swap sözleşmeleri ile yönetilebilmektedir. Yine benzer şekilde bir finansal türev ürün olan opsiyonlar da hisseler, ilgili kurlara ya da emtialara ilişkin fiyat volatilitesi durumlarında sigorta işlevi görmektedir. İleri dönemlerde volatilitenin nasıl fiyatlanabileceği bilgisinin elde edilmesi ile birlikte türev piyasalar, literatürde fiyat keşfi¹ olarak bilinen faydayı sağlamaktadır. Finansal türev ürünlerin söz konusu faydalarına rağmen türev piyasalarına yönelik bazı eleştiriler de bulunmaktadır. Eleştiriler arasında, 2007-2008 döneminde yaşanan ve mortgage (uzun vadeli teminatlı ipotek kredileri) krizi olarak da adlandırılan krizin, yüksek kaldıraçlı türev ürünlerin fiyatlanmasıyla 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.

Gayrimenkul piyasası, gayrimenkullerin fiziksel özelliklerinin yanında taşınmazın bulunduğu ülkenin makroekonomik faktörlerinden de etkilenmektedir. Gayrimenkul ipotek kredilerine dayalı olarak ikincil piyasaların gelişmesi sağlanmıştır. Özellikle ipotek dayalı menkul kıymetlerin ortaya çıkarılması ile birlikte, gayrimenkul piyasalarının sermaye piyasaları ile entegrasyonunu zorunlu hızlanmış, piyasa daha likit hale getirilmiş, finansal kurumlar riski menkul kıymetleştirme sayesinde azaltabilmiş ve ek kaynak ortaya çıkarılmıştır. Ayrıca ipotek dayalı türev araçlar geliştirilmiş ve ikincil piyasalarda rekabet ve etkinliğin meydana gelmesi sağlanmıştır (Eroğlu 2010). Türkiye’de gayrimenkul türev piyasalarının araştırılmasına yönelik yapılmış çalışmaların çok yetersiz olması nedeniyle, bu çalışmanın ülkedeki gayrimenkul türev piyasaları konusundaki bilgi eksikliğini bir ölçüde gidererek, söz konusu piyasalara ilişkin yapılan analizler ve diğer uluslararası gayrimenkul türev piyasaları hakkında verilen bilgilerle, konu hakkında daha fazla bilgi sahibi olmak isteyenlere ve gelecekte bu alanda yapılacak çalışmalara katkı sağlanacaktır. Çalışmada incelenen modeller, piyasa verileri ve konut fiyat endeksine dayalı analiz sonuçlarına göre ortaya konulan önerilerin, Türkiye’de gayrimenkul türev piyasasında gerek vadeli işlemler piyasasında işlem yapan

¹ Vadeli piyasalarda oluşan fiyatların, spot piyasalarda gelecekteki değerlerin tahmini olarak kullanılması

yatırımcılara, gerekse karar organlarına yol göstermesi açısından önemli olduğu değerlendirilmiştir.

1.2 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Gayrimenkul türevleri söz konusu olduğunda, dayanak genellikle bireysel bir varlık değil geniş tabanlı bir gayrimenkul endeksi olmaktadır (Tunaru 2017). Fisher vd. (1994) tarafından gayrimenkul endeksleri işlem bazlı endeksler ve değerlendirme esaslı endeksler olarak iki kategoride sınıflandırılmıştır. Gayrimenkul endekslerine yönelik çalışmalar incelendiğinde genel olarak endekslerin değerlendirme esaslı ve işlem bazlı hesaplamalar ile oluşturulduğu anlaşılmıştır. Değerleme tabanlı endeksler, kurumsal yatırımcılara ait portföylerde yer alan gayrimenkullerin toplam getirisine dayalı olarak ya da borsada işlem gören gayrimenkul yatırım ortaklıkları benzeri şirketlerin hisse getirilerine ilişkin endekslerdir. İşlem bazlı endekslerin ise, gayrimenkullerin değerlendirme raporlarına dayalı ve gayrimenkullerin özelliklerine göre oluşturulan hedonik (fiyat) modeli² göz önüne alınarak ortaya çıkarılan endeksler olduğu tespit edilmiştir. Türkiye’de gayrimenkul sektörü ile doğrudan ve dolaylı olarak üretilen endeksler bulunmakta olup, söz konusu endeksler; Konut Fiyat Endeksi (KFE), Yeni Konutlar Fiyat Endeksi (YKFE), Yeni Olmayan Konutlar Fiyat Endeksi (YOKFE), İnşaat Maliyet Endeksi (İME), Tüketici Fiyat Endeksi (TÜFE), Gayrisafi Yurt İçi Hasıla (GSYİH) ve Yurt İçi Üretici Fiyat Endeksidir (Yi-ÜFE). Ayrıca Borsa İstanbul (BİST)’da işlem gören 31 adet Gayrimenkul Yatırım Ortaklıklarına ilişkin endeks ve BIST Gayrimenkul Yatırım Ortaklıklarının (XGMYO) endeksleri bulunmaktadır. Türkiye’de mevcut olan, doğrudan konuta ilişkin endekslerin işlem bazlı endeksler olduğu dikkati çekmiştir.

Finans piyasalarında belirsizlik, değişkenlerin volatiliteleri cinsinden ölçülebilmekte olup, volatilité, değişkenlerin beklenen değerlerinden sapmaların bir ölçüsüdür (Akçay vd. 2012). Gayrimenkul türev modelleri, gayrimenkule dayalı finansal bir varlığın volatilitésine göre değişmekte olup, çalışmada volatilitenin gayrimenkul türevleri üzerindeki etkisinin açıklanması amaçlanmıştır.

² Regresyon analizini temel alan, heterojen bir malın fiyatını (tahmini) malın farklı karakteristiklerinin değerlerinin toplamı olarak ele alınmasıdır (Özçelik 2003).

Türev ürünler, tahvil ve hisse senetlerinin aksine uzun vadeli yatırım niteliğine sahip değildir. Piyasa katılımcıları bu ürünleri kullanarak, fiyat değişim riskini azaltarak korunma (hedge), fiyat farklılıklarının ticaretini yaparak kâr elde etme (spekülasyon) ve fiyat farklılıklarını düzeltme (arbitraj) imkanı bulmaktadır (Dizman 2014). Gayrimenkule dayalı finansal ürünlerin volatilitésinin belirlenmesi ve piyasa verilerinin birlikte analizi ile gayrimenkul türev modelleri incelenmiştir. İncelenen modeller, denge modelleri (Geltner-Fisher Modeli, Cao-Wei Modeli), arbitraj içermeyen modeller (Syz Modeli, Bjork-Clapham Modeli) ile ekonometri ve matematik temelli modeller (Shiller-Weiss lognormal model, BFSP Model, Fabozzi-Shiller-Tunaru model) olarak sınıflandırılmıştır. Çalışmanın amaçlarından biri de gayrimenkul türevlerinin Türkiye’de uygulanabilirliğinin tartışılması ve gayrimenkul türev piyasasına temel oluşturabilecek önerilerin geliştirilmesidir. Bu bağlamda, Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası (TCMB) tarafından yayımlanan Ankara Konut Fiyat Endeksi irdelenmiş olup, söz konusu endekse dayalı bir volatilité modellemesi yapılmıştır. Ardından, matematiksel formları incelenen türev fiyatlandırma modelleri için uygulama örneği yapılmış ve türev modeller kendi aralarında karşılaştırılmıştır.

Çalışmanın amacına yönelik olarak incelenen gayrimenkul türev fiyatlandırma modellerinin değerlendirilmesinde kullanılan veriler, ekonometrik analizler ve karşılaştırma parametreleri ile uygulama örneği altı bölüm halinde sunulmuştur. Çalışmanın birinci bölümünde tezin önemi, amacı ve kapsamı belirtilmiş ve ikinci bölümde örnek çalışmaların özetine yer verilmiştir. Bu bölüm gayrimenkul endekslerine yönelik çalışmalar, volatilité modellemesine yönelik çalışmalar ve gayrimenkul türevleri ve modellerine yönelik çalışmalar olarak üç ana başlıkta incelenmiştir. Çalışmanın üçüncü bölümünde araştırmanın veri kaynakları ve araştırma yöntemleri ortaya konulmuş ve ekonometrik analizlere ilişkin bilgilere yer verilmiştir. Çalışmanın dördüncü bölümünde türev finansal araçlar, gayrimenkul türev modelleri ve söz konusu türev modellerin karşılaştırılması ve değerlendirilmesi yapılmıştır. Beşinci bölümde gayrimenkul türev fiyatlandırma modellerinin Türkiye’de uygulanabilirliği değerlendirilmiştir. Altıncı bölümde ise genel değerlendirme, sonuç ve öneriler yer almaktadır.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Önceki akademik çalışmaların inceleme sonuçları üç başlık halinde toplanarak değerlendirilmiştir. Söz konusu gruplandırma; gayrimenkul endekslerine yönelik çalışmalar, volatilité modellemesi ve gayrimenkul türevleri ve modellerine ilişkin çalışmalar olarak ayrılmıştır. Literatür çalışmasının amacı, önceki çalışmaların yöntemlerini belirleme ve değerlendirmenin yanı sıra, çalışma alanının eksik yönlerini tespit edilerek boşluğun doldurulması ve bu açıdan uygulanabilirliğinin tartışılmasıdır.

2.1 Gayrimenkul Endekslerine Yönelik Çalışmalar

Gayrimenkul türev sözleşmelerine dayanak olarak sıklıkla kullanılan gayrimenkul endekslerine yönelik önceki çalışmaların sonuçları özet olarak bu bölümde sunulmuştur. Gerek Türkiye’de, gerekse yabancı ülkelerde yapılan çalışmalardan önemli görülenlerin özetleri aşağıda tarih sırasına göre verilmiştir:

Maurer vd. (2001) ve Maurer vd. (2004) yapmış oldukları çalışmada, Paris Şehri’nde bir konut fiyat endeksi hesaplamışlardır. Söz konusu çalışma işlem bazlı bir hesaplama olmakla birlikte, bir ekonometrik modelin kullanıldığı ve fonksiyonel formun Box/Cox fonksiyonunun özel bir formu olduğu belirtilmiştir. 1990-1999 döneminde 84.686 işlem kullanılarak endeks oluşturulmuştur. İstatistiksel olarak hedonik yöntem, gözlemlenen işlem fiyatlarının içsel değişkenler ve değer belirleyici özelliklerin ve dışsal değişkenler olduğu gösterilen çoklu regresyon modeline dayandırılmıştır. Regresyon denkleminde yer alan parametreler, maksimum olabilirlik tahmin edicisi ile ortaya konulmuş ve Box/Cox dönüşümü yoluyla optimal model belirlenmiştir. 1990-1999 çalışma döneminin 40 çeyreğinin her biri için standartlaştırılmış bir gayrimenkulün fiyatı hesaplanarak oluşturulmuştur. Çalışmada, söz konusu standartlaştırılmış gayrimenkul, 1990-1999 döneminde her kullanımdan oluşan özelliklerin tam olarak ortalama miktarını içeren kurgusal (varsayımsal) bir gayrimenkul olarak tanımlanmıştır. Böylece bu kurgusal gayrimenkul, zaman içinde oran değişiklikleri gözlenen çalışma döneminde işlem gören özelliklerin kombinasyonunu tam olarak temsil edebilir bir duruma gelmiş ve buradan

hareketle aylık gayrimenkul değerlerine dönüştürülerek endeks çalışması tamamlanmıştır.

Haurin (2005), ticari gayrimenkul endeksleri üzerinde yaptığı çalışmasında, değerlemeye dayalı endekslerin iki tür sorun içerdiğini, bunlardan birincisinin değerlendirme sonuçlarının eskimiş olabileceği ve ikincisinin ise mevcut gayrimenkul piyasası bilgilerinden yoksun olduğu için yanlış olabileceğini belirtmiştir. Bu durum, değerlendirme bazlı endekslerin ticari gayrimenkulün değerinin piyasadaki değişikliklerin gerisinde kalmasına neden olmaktadır. Ayrıca, değerlendirme esaslı endeksler piyasada meydana gelen değerlerdeki gerçek değişikliklerle karşılaştırıldığında düzeltilmiş olduğunu ifade etmiş ve dolayısıyla değerlendirme esaslı endeksler kullanılarak ticari gayrimenkul değerinin oynaklığına ilişkin ölçümler göz ardı edilmiş, bu göz ardı edilen ölçümün, ticari gayrimenkul içeren bir varlık portföyünü en iyi şekilde dengelemeye çalışırken önemli olabileceği ve hatalara sebebiyet verebileceğini belirtmiştir. İşlem bazlı bir gayrimenkul fiyat endeksi için en sık kullanılan yöntemlerin hedonik fiyat, tekrarlanan satış ve karma yöntem olduğu, söz konusu yöntemlerin hepsinin ekonometrik (regresyon) modelleri kullandığı ve sabit bir gayrimenkul için fiyat değişiklikleri endeksi oluşturulduğu ifade edilmiştir. Bu yöntemler arasında ise en uygun yöntemin, işlem fiyatlarını, gayrimenkul özelliklerini ve satış tarihini içermesi bakımından hedonik değerlendirme modeli olduğu savunulmuştur. Hedonik modelde ise en önemli sorunun tahmin için rasgele bir gayrimenkul örnekleme oluşturulmadan ortaya konulması olup, bu sorunun örneklem seçim yanlılığı olarak tanımlandığı ifade edilmiştir. Haurin bu çalışmasında ayrıca işlem tabanlı fiyat endeksinin, temsili bir gayrimenkulün değerindeki değişiklikleri ölçtüğünü ancak özelliklerinin zaman içinde sabit kaldığının varsayıldığını vurgulamıştır. Söz konusu fiyat endeksinde bir diğer sorunun ise likitite etkilerinin sabit olmadığına dayalı bir sorun olduğu, piyasanın likiditesinin işlem fiyatlarını ve piyasadaki fiyatların işlem sıklığını etkilediğini, fiyatların ve bir gayrimenkulün satış olasılığının eşzamanlı tespit edilmesi gerektiğini belirtmiştir. Deneysel olarak, hem işlem fiyatlarını, hem de hangi gayrimenkullerin satıldığı gözlemlenebilmekte ve analizi yapanların bu etkileri ayırması için yeterli bilgilere sahip olduğunu ve bu ayrıştırmanın sonucu olarak likidite etkilerinin sabit tutulduğu yeni bir fiyat endeksi oluşturulmasına olanak tanındığını ortaya koymuştur.

Savuran'ın (2008), yüksek lisans tezinde, İstanbul-Etiler bölgesinde 2000-2007 döneminde hazırlanmış gayrimenkul değerlendirme raporları derlenmiş olup, söz konusu verilere ilişkin hedonik denklem elde edilerek, aynı dönem için Hedonik Fiyat Endeksi saptanmıştır. Hedonik denklem oluşturulduktan sonra yüzölçümü, asansör durumu, bina yaşı, oda, salon, banyo ve balkon sayıları ile yer aldığı kat, işçilik, site içinde olma ve otoparkının bulunma durumuna göre bir hipotetik gayrimenkul tanımlanmıştır. Söz konusu gayrimenkulün 2000-2007 dönemindeki değerleri oluşturulan hedonik fiyat denklemine göre hesaplanmış ve bu değer Hedonik Fiyat Endeksi olarak tanımlanmıştır.

Arslanlı (2012) tarafından yapılan doktora tezinde; İstanbul İli için mekânsal olarak ağırlıklandırılmış regresyon modeli ile bir endeks çalışması yapmıştır. Söz konusu çalışmada, konutların mekânsal özelliklerinde yüksek korelasyonun ortaya çıktığı ve hem Avrupa yakası, hem de Anadolu yakası için endeks sonuçları ayrı ayrı tespit edilmiştir.

Diewert ve Shimizu (2015) tarafından yapılan çalışmada; Tokyo'da gayrimenkul satış verilerini kullanarak bir konutun fiyatını arsa ve yapı bileşenlerine ayırmak için hedonik regresyon teknikleri kullanılmıştır. Mantıklı sonuçlar elde etmek için, birden fazla zaman dilimini kapsayan verileri kullanan doğrusal olmayan bir regresyon modeli ile analizi gerçekleştirmişlerdir. Her konutun arsa ve yapı büyüklükleri arasındaki yüksek derecede doğrusal bağlantı (collinearity) sorunu, arsa ve yapıların ayrı ayrı fiyatlandırılması için faydalı sabit kaliteli alt endeksler elde etmek amacıyla Tokyo kentinde inşaat maliyetlerinin büyüme oranı hakkında dışsal bilgiler kullanılarak model oluşturulmuştur.

Hülagü vd. (2016) tarafından yapılan "Türkiye Konut Fiyat Endeksi'nin Kalite Değişimi Etkisinden Arındırılması: Hedonik Konut Fiyat Endeksi" başlıklı çalışmada; gözlemlenebilir özelliklerin zaman içinde kontrol edilerek, kaliteye ilişkin fiyat artışının ölçülmesi ve kalite etkisinden arındırılması ile Türkiye'de bir konut fiyat endeksi üretilmiştir. Zamanla konutların kalitesinde bir artışın olduğu ve gayrimenkul fiyatlarında oluşan artışın tamamının reel bir artış olarak tanımlanamayacağı açıklanmıştır. Elde edilen hedonik fiyat endeksine göre 2000-2014 döneminde konut fiyatlarında meydana gelen nominal artışların yaklaşık % 25'inin ve reel artışların ise yaklaşık % 50'sinin kalite artışından kaynaklandığını ortaya konulmuştur.

Kokot (2017) tarafından Polonya'nın Batı Pomeranya Bölgesi'ne bağlı Lobezi İlçesi'nde gayrimenkul endeks çalışması gerçekleştirilmiştir. Lobezi İlçesi, yaklaşık 11.000 nüfusa sahip, gayrimenkul alım-satımının diğer büyükşehirlerle göre çok daha az olduğu bir yerleşim yeri olması nedeniyle çalışmada, küçük piyasalar için bir model önerisi ortaya konulmuştur. Küçük piyasalarda gayrimenkul fiyat endekslerini hesaplamada ortaya çıkan temel sorun, sonuçların güvenilirliğinin değerlendirilmesi ve gerçek ortalama fiyat hareketlerini ne kadar doğru yansıttığının tespiti olduğu ifade edilmiştir. Ayrıca sonuçlanan işlemlerin kaydedilmesindeki gecikmeler (bazen altı ay) ve resmi olarak beyan edilen gayrimenkul fiyatının gerçekten ödenen fiyat olmaması da sorunlar arasında kabul edilmiştir. Gayrimenkul fiyatı endekslerinin güvenilirliğini değerlendirmek için resmi bir yöntem önerilmediğinden, elde edilen sonuçların güvenilirliğini değerlendirme görevi, karşılaştırılabilecek bir standart olmadığı için genellikle uzman görüşleri niteliğinde olduğu ifade edilmiştir. Çalışmada, birim fiyatların aylık, üç aylık, altı aylık ve yıllık medyan serileri, gayrimenkul fiyat endekslerinin hesaplanmasında temel olarak görülmeyecek şekilde düzensiz bulunmuştur. Birim fiyatların yıllık medyan serisi, gayrimenkul fiyat endekslerini hesaplamak için temel olarak kabul edilebilecek kadar sorunsuzdur, ancak söz konusu endekslerin affettikleri süre çok uzun olduğu için sınırlı bilgilendirici değere sahip olacaktır. Küçük piyasaların göze çarpan özellikleri, ortalama fiyat zaman serilerini başarılı bir şekilde düzeltmeyi zorlaştırması olup, bu bağlamda düzeltme hem mekanik düzeltme, hem de 4253H filtresi adı verilen çeşitli hareketli ortalamalarla birkaç düzeltme geçişi prosedürü kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Anılan sorunlar 4253H filtresi ile düzeltilmiş olsa bile, aylık medyan serisi, gayrimenkul fiyat endekslerini hesaplamak için uygun olmadığı anlaşılmıştır. Üç aylık, altı aylık ve yıllık medyanların yumuşatılmış serilerin söz konusu amaca daha uygun olduğu görüldüğünden iki yumuşatma yönteminin kombinasyonu veya ortalama birim fiyatların eşzamanlı filtreleme ile belirlenen sürelerin uzaması, Lobezi bölgesi için gayrimenkul fiyat endekslerini hesaplamak için en iyi yöntem olarak ele alınmış ve böyle bir yöntemin kombinasyonunun diğer küçük gayrimenkul piyasalarında tatmin edici sonuçlar üretebileceği vurgulanmıştır.

2.2 Volatilite Modellemesine Yönelik Çalışmalar

Piyasalarda, volatilite hakkında birçok çalışma olmakla birlikte, bu çalışmada, gayrimenkullere dayalı finansal varlıklara ait volatilite çalışmalarına yer verilmiştir. Söz konusu araştırmalar, gayrimenkul fiyatlarında ve dolayısıyla gayrimenkule dayalı finansal varlıklarda meydana gelen volatilitenin belirli bir vade içindeki değişiminin daha iyi anlaşılmasını sağlamakla birlikte, gayrimenkul türev sözleşmeleri için bir altlık oluşturmaktadır.

Giliberto (2013) çok varlıklı bir portföyde gayrimenkullere ayrılan tahsisin gayrimenkullerin volatilitesine göre değiştiğini; gayrimenkul dışındaki varlıklar için volatilitenin ve korelasyonun sabit olduğu varsayımı altında üç farklı seviyede, üç portföy optimizasyonu yoluyla ortaya konulmuştur. Volatilite oranları; otokorelasyon için düzeltilmemiş yıllıklandırılmış NCREIF (National Council of Real Estate Investment Fiduciaries, Amerika Gayrimenkul Yatırım Fonları Konseyi) oynaklığı olan % 3,4, hem düzeltilmiş NCREIF, hem de Gayrimenkul Yatırım Ortaklıkları (GYO) verilerinin gösterildiği % 7,6 ve daha çok hisse senedi oynaklığına yakın olan % 15 olarak alınmıştır. Gayrimenkulün varsayılan oynaklığının yüksek olması, portföydeki tahsis yüzdesini aynı derecede düşük yaptığı sonucu ortaya çıkmıştır. Araştırma sonuçlarına göre % 7,6 oranının makul bir volatilite olabileceği, volatilitenin % 15 civarına çıkarılması ile birlikte tahsisin neredeyse % 60 oranında azalabileceği belirlenmiştir. Portföyde, gayrimenkul volatilitenin % 6,5 ile % 9,0 aralığında olabileceği ve daha dar bir aralık belirtmek gerekirse % 7 - % 8 arasındaki oranların kullanılabileceği vurgulanmıştır.

Mi ve Hodgson (2018), tarafından yapılan çalışmada; gayrimenkullerin hisse senedi, tahvil ve para piyasaları ile bilgi ve volatilite bağlantılarını incelemişlerdir. Fiyat volatilitenin doğrudan piyasaya bilgi akış hızını yansıttığı teorisine dayanarak piyasalar arasındaki bilgi bağlantılarının getiri korelasyonlarından daha çok volatilitelerinin korelasyonlarında ortaya çıktığını tespit etmişlerdir. Ardından, volatilite korelasyon yaklaşımından elde edilen sonuçlar, stokastik volatilite modelinin Genelleştirilmiş Momentler Yöntemi (Generalized Method of Moments, (GMM)) tahmin edicisi kullanılarak elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılması yapılmıştır. Söz konusu yöntem,

bütün piyasa kombinasyonları için elde edilen volatiliteleri kullanan korelasyon yaklaşımıyla benzer volatiliteler korelasyonların olduğunu ortaya koymuştur.

Alkali vd. (2019), yapmış oldukları çalışmada; Nijerya'nın Abuja kentindeki konut fiyatlarının oynaklığı üzerindeki olumsuz bilgilerin etkisi irdelenmiştir. Ampirik araştırma, 2000 yılının ilk çeyreğinden 2017 yılının dördüncü çeyreğine kadar olan 17 yıllık dönemi kapsamaktadır. Abuja'da ARCH şokunu, GARCH kalıcılığını ve konut fiyatlarının volatilitelerinin kaldıraç etkisini belirlemek için üstel genelleştirilmiş otoregresif koşullu değişen varyans (EGARCH) kullanılmıştır. Gayrimenkul fiyatlarındaki volatilitenin bir konut türünden diğerine farklılık gösterdiğini ortaya koymuştur. Kaldıraç etkisi sadece Abujadaki iki ve üç yatak odalı daire fiyatlarında ortaya çıktığı belirlenmiş ve Nijerya için gayrimenkul piyasasındaki volatiliteler modellerini kademeli olarak kontrol edebilmek için politika önerileri sıralanmıştır. Aynı zamanda, esas olarak piyasadaki belirsizlik seviyesini yükselten ve yatırımcıları riske maruz bırakan olumsuz bilgilerin (ham petrol fiyatlarındaki düşüş, inşaat malzemelerinin yüksek maliyetleri, makroekonomik politikaların tutarsızlığı ve güvensizlik ve siyasi belirsizliği gibi) kontrol edilmesi gerektiği de belirtilmiştir.

Razali vd. (2019), Asya'da seçilmiş 11 ülkenin (Singapur, Malezya, Japonya, Tayvan, Hong Kong, Çin, Vietnam, Endonezya, Tayland, Güney Kore ve Filipinler) gayrimenkul endekslerinin volatiliteler dağılımını incelemişlerdir. Borsada işlem gören gayrimenkul şirketlerinin söz konusu ülkelerin pazarlarına volatiliteler yayılmalarını ampirik olarak incelemek için üstel genelleştirilmiş otoregresif koşullu değişen varyans (EGARCH) modelini kullanmışlardır. 2000-2015 dönemini kapsayan verilerin analizinde Vietnam, Filipinler, Singapur, Tayland, Malezya, Hong Kong, Tayvan, Çin, Güney Kore ve Endonezya gibi ülkelerin anlamlı ve negatif bir (γ) değeri gösterdiği görülmüştür. Bu durum kaldıraç etkisini göstermiş olup, söz konusu ülkelerin gayrimenkul piyasasının çoğunluğunun negatif getiri şoku yaşadığını ve bunun da daha düşük volatiliteler anlamına geldiği vurgulanmıştır. Ayrıca Vietnam, Filipinler, Singapur, Tayvan, Çin, Güney Kore ve Endonezya gibi ülkelerde (β) değerinin 1'e yakın olduğu ortaya çıkmış olup, bu sonucun dönem boyunca oynaklık şoklarının yavaş azalmasıyla yüksek kalıcılığa işaret ettiği ifade edilmiştir.

Wang ve Hartzell (2020) yaptıkları çalışmada; Hong Kongdaki konut, ofis, perakende ve fabrikalara ilişkin 1993 yılının Şubat ayından 2019 yılının Şubat ayına kadar oluşan aylık veriler ile gayrimenkul piyasasında volatilité kümelerinin olup olmadığını analiz etmişlerdir. Söz konusu dört tür gayrimenkuldeki volatilité kümeleme etkilerini incelemek için otoregresif koşullu değişen varyans-Lagrange çarpan testi, gayrimenkul fiyat oynaklığının belirleyicilerinin tespiti için otoregresif ve hareketli ortalama modeli-genelleştirilmiş otoregresif koşullu değişen varyans (GARCH) modeli kullanılmıştır. Dört gayrimenkul türünde de volatilité kümelenmesinin olduğu, genel olarak, Hong Kong'daki konut volatilitésinin öncelikle döviz kurundan etkilendiği ve ticari gayrimenkullerin ise büyük ölçüde işsizlikten etkilendiği belirlenmiştir. Ayrıca üstel GARCH modelinin sonuçlarının, Hong Kong gayrimenkul piyasasında asimetrik etkilerinin olmadığı da ortaya konulmuştur.

Zheng vd. (2022), İsveç gayrimenkul sektör endeksinin dinamik volatilité davranışına ilişkin çalışmalarında, 2003-2021 dönemi için volatilitenin belirlenmesi amacıyla GARCH modellerini kullanmışlardır. İsveç gayrimenkul sektör endeksinin volatilitésinin zamana göre değişen ve oldukça değişken olduğu, küresel mali krizin, Avrupa borç krizinin ve KOVID-19 salgınının etkisinin çok belirgin olduğu sonucu elde edilmiştir. KOVID-19 salgını döneminde asimetrik haber etkisinin mevcut olduğu ve bu durumun piyasa verimsizliğine neden olduğu belirtilmiştir. Volatilité modelinin, artan kaldıraç etkilerine ve daha az kalıcı davranışa yönelik bir eğilime sahip olduğu saptanmış ve bunun piyasa paydaşlarının olumsuz getirilere karşı oldukça hassas olduklarını ve piyasa değişikliklerine çok daha hızlı yanıt verdikleri için gösterdiği ifade edilmiştir.

2.3 Gayrimenkul Türevleri ve Modellerine Yönelik Çalışmalar

Gayrimenkul türevleri ve gayrimenkul türev modellerine ilişkin Türkiye'de çalışma bulunmamakla birlikte dünya genelinde birçok çalışma yapılmış olduğu saptanmıştır. Söz konusu alanlarla ilgili çalışmaların bazıları özetlenmiştir.

Lim ve Zhang (2006) yaptıkları çalışmada; Amerika Birleşik Devletleri (ABD)'nde uygulanan yatırımcı anketleri ve İngiltere'de gayrimenkul türevleri üzerine yapılan

araştırmaların sonucunda başarılı bir gayrimenkul türev piyasası oluşturmak için ele alınması gereken üç ana konunun; likidite, endeks ve fiyatlandırma olduğunu belirlemişlerdir. Likiditenin ancak saygın piyasa katılımcılarının güçlü liderlik ve inisiyatifleriyle yaratılabileceğini ve artırılabilceğini, bu durumun faiz ve işlem hacimlerinde sağlıklı bir artış kaydedilen İngiltere’de açıkça görüldüğü ifade edilmiştir. Çalışmada incelenen gayrimenkul endeksleri doğrultusunda NPI (NCREIF Property Index)’nın kapsadığı gayrimenkul evreni, raporlama standartları ve veri doğruluğu açısından sağlam bir endeks olduğu, ancak gecikme nedeniyle oldukça öngörülebilir düzeyde olduğu ifade edilmiştir. Eğer yatırımcılar gayrimenkule dayalı piyasayı daha yakından izleyen endekse ilgi gösterirse MIT/CRE (Massachusetts Institute of Technology/Center for Real Estate) İşlem Tabanlı Endeksinin, gayrimenkul türevlerine iyi bir alternatif olabileceği belirtilmiştir. Çalışmada, gayrimenkul türevlerinin geleceğinin giderek daha güvenli bir hale geldiği ve gayrimenkul türevlerinin kullanılmasının faydalarının daha yaygın olarak algılandığı için gayrimenkul türev piyasasının başarılı bir şekilde gelişmesinin önünü açacak ve gayrimenkulün temel bir kurumsal varlık sınıfı olarak statüsünün artırılması için piyasa katılımcılarının sayısının önemli ölçüde artacağı ifade edilmiştir.

Geltner ve Fisher (2007), ticari gayrimenkul türevlerinde fiyatlandırma ve endeksle ilgili hususlar üzerine yaptıkları çalışmada, öncelikle değerleme ve işlem endeksli iki ana endeks türü arasındaki önemli farklılıklar dahil olmak üzere, ABD’deki gayrimenkul hisse senedi türevleriyle ilgili temel gayrimenkul fiyat endekslerinin önemli özelliklerini irdelemişlerdir. Ardından, gayrimenkul piyasası endeks türevlerinin denge fiyatlandırması için temel ilkeler ve tanımlı formüller, türev fiyatlarındaki değişikliklerin zaman içindeki etkilerinin dikkate alınması da dahil olmak üzere iki temel türev türüne (forwards ve swaps) odaklanarak analiz ve değerlendirme yapılmıştır. Fiyatlandırma hem klasik arbitraj temelli bir perspektiften, hem de değerleme temelli endekslerdeki gecikmenin türev fiyatını nasıl etkilediği gibi temel gayrimenkul endeksleriyle ilgili sorunların daha eksiksiz bir şekilde ele alınmasını sağlayan daha geniş bir denge perspektifinden incelenmiştir. Son olarak, ABD’de sağlıklı bir gayrimenkul türev piyasasını desteklemek için gerekli bilgi ihtiyacı için fiyatlandırma ve endeks analizinin etkileri değerlendirilmiştir. Bilgi ve deneyim gereksinimlerinin, gayrimenkul endeksi ile

gayrimenkule dayalı piyasa arasındaki farkın doğal farkını anlamaya odaklandığı belirtilmiş ve özellikle türev piyasasının yeni evrelerinde, bir fiyatlandırma ve endeks bilgisinin olmamasının ciddi bir tehlike oluşturabileceği vurgulanmıştır.

Shiller (2008), konut fiyatları için türev piyasalarını incelediği çalışmasında, türev piyasaların tarihçesi, ilgili endeksler ve tekrarlanan satış yöntemini kullanmış, son yirmi yılda ortaya çıkan konut fiyat endeksi yöntemlerinde ve özellikle de tekrarlanan satış yönteminde ilerlemenin olduğunu belirtmiştir. Anketlerde ve görüşmelerde, gayrimenkul riskinden korunmaya insanların ihtiyacı olduğu ve gayrimenkul piyasası ile ilgili bir subprime³ krizin ülke ekonomisinin karşılaşılabileceği en büyük risk olarak tanımlandığı ifade edilmiştir. Ayrıca Chicago Ticaret Borsası (Chicago Mercantile Exchange CME) vadeli işlemler piyasasında yeterli likiditenin bulunmamasının temel sorun olduğunu ve bu nedenle CME sözleşmelerinde taraf olan önemli kurumsal yatırımcıların gayrimenkul türevlerinde büyük pozisyonlarda yer almadığını ve bu pozisyonlar için en az bir yıl bekleme kararı aldıkları belirtmiştir.

Bond ve Mitchell (2011), Birleşik Krallık'ta gayrimenkul türev sözleşmeleri ve yayımlanan IPF konsensüs tahminleri ile algılanan sermaye kazancı getirilerinin doğruluğu değerlendirilmiştir. Türev fiyatlarının genellikle getiri tahminleri olarak kabul edilmediği ancak piyasa katılımcılarının yaygın olarak böyle bir yorumda bulundukları belirtilmiştir. Yıllık getiri sonucundan bir yıl öncesine kadar olan sürelerde, türev piyasa tarafından ima edilen forward getirilerin, IPF konsensüs tahminlerine göre futures getirilerin marjinal olarak daha doğru bir gösterge olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte, bir yıldan daha uzun vadede IPF konsensüs tahminlerinin daha doğru olduğu kanıtlanmıştır. Bu sonucun swap sözleşmelerinin genellikle getiri beklentilerine göre fiyatlandırılmadığı görüşüyle tutarlı olduğu ve bununla birlikte gayrimenkul swaplarında, kısa vadede IPD (Investment Property Data) Endeksi'nde değerlemeye ilişkin gecikmeler ve piyasa koşulları gibi faktörlerin türev fiyatlarına hakim olabileceği vurgulanmıştır.

³ ABD'de alt gelir grubuna konut alımlarında kullanılan ve geri ödenmeme riski yüksek kredileri tanımlayan kavramdır (Kutlu ve Demirci 2011)

Berk (2016) yaptığı çalışmada; riskten korunma amaçlı gayrimenkul türevlerinin rolünü ABD ticari gayrimenkul pazarında bir örnek ile incelemiştir. Gayrimenkul türevleriyle gayrimenkule bağlı riskten korunma işlemindeki çeşitli yararların ve zorlukların incelendiği çalışmada, bazı büyük ticari gayrimenkul yatırımcıları ve ABD'deki gayrimenkul şirketlerine yatırım yapan bir fon incelenmiştir. Elde edilen verilerin öncelikle durağanlığı kontrol edilmiş ve birinci fark durağan oldukları belirlenmiştir. Değişkenler arasındaki uzun süreli ilişkiyi kontrol etmek için bir VAR (1) modeli geliştirilmiş, birim kökler için testler uygulanmış ve birim kök bulunmadığı ifade edilmiştir. Son olarak, değişkenler Johansen eşbütünleşme yöntemi ile test edilmiş, hem iz, hem de maksimum özdeğer ile değişkenler arasında uzun süreli bir ilişkinin olduğunu gösteren beş eşbütünleşme vektörü ortaya çıkarılmıştır. Bu durumun uzun vadede riskten korunma amaçlı gayrimenkul türevlerinin kullanılması potansiyeline işaret ettiği ortaya konulmuştur.

Hanisch (2018), İngiltere'deki gayrimenkul yatırımcılarının gayrimenkul türevlerini kullanma eğilimini etkileyen faktörleri incelemiştir. Araştırmada 29 adet faktör belirlenmiş olup, söz konusu faktörlerden 12 adedinin açıklayıcı gücünün yüksek olduğu, 6 adedinin katkıda rolü olduğu ve 11 adedinin ise açıklayıcı gücünün düşük olduğu belirlenmiştir. Açıklayıcı gücü yüksek olan faktörler; getiri beklentileri, gayrimenkul türevlerini kullanmak için karar verme süreci, riskten korunma stratejileri, gayrimenkul türevleri piyasasında gerçekleşen yapısal değişim, likitidenin düşük olması görüşü, gayrimenkul türevlerinin fiyatlandırılması, gayrimenkul pazarına ilişkin görüşlerin homojenliği, gayrimenkul endekslerinin gayrimenkul türevlerinin kullanımı için önemi, bir varlık sınıfı olarak gayrimenkulün yatırımcı beklentileri ve yatırım performansının ölçülmesi olarak saptanmıştır.

Majewska (2020), Polonya'da finans piyasasında gayrimenkul türevlerinin kullanılma durumunu teorik çerçevede incelemiştir. Polonya gayrimenkul piyasasının iyi gelişmiş olmasına ve Polonya'nın Orta ve Doğu Avrupa bölgesinde lider olmasına karşın, gayrimenkul piyasasına ilişkin finansal araçların kullanımında bir boşluk bulunduğu belirtilmiştir. Polonya'da gayrimenkul türevlerinin bulunmadığı ancak piyasanın gelişiminin koşullar ve fırsatlar sunduğu ifade edilmiştir. Makroekonomik veriler ve

Polonya finans piyasasının verileri incelenmiş ve Polonya’da gayrimenkul türevlerinin geliştirilmesi için yeterli koşullar ve fırsatların mevcut olduğu vurgulanmıştır. Ancak gayrimenkul türevleri için uygun dayanak endekslerden sadece bir tanesinin borsada işlem gördüğü ve bu durumun geliştirilmesi gerekliliği ifade edilmiştir.

Gupta vd. (2021), Hindistan’da gayrimenkul türevlerinin ihracının gayrimenkul piyasasına yatırım yapan kişiler açısından yararlı olacağını tartışmıştır. Özellikle, gayrimenkul alan yatırımcıların kendisini fiyatların azalmasına karşı koruyabileceğini, kirada oturan kişiler için ileride kira fiyatlarının makul olabileceğini belirtmiştir. Gayrimenkul endeksine dayalı bir gayrimenkul türev piyasası daha bilinçli yatırımcıyı getireceği için gayrimenkul işlemlerinin alım-satım dağılımını azaltarak işlem maliyetlerinin⁴ önemli ölçüde azaltılmasına da yardımcı olabileceği ifade edilmiştir. Ayrıca portföy çeşitliliğinin artmasına ve gayrimenkul piyasa balonlarına karşı önlem alınabileceği de belirtilmiştir.

2.4 Kaynak Araştırması Sonuçlarının Değerlendirilmesi ve Araştırma Gereksinimi

Literatür özetinde ilk olarak gayrimenkul endekslerinin oluşturulma aşamaları ile ilgili çalışmalar irdelenmiş ve çalışmalarda elde edilen sonuçlar özetlenmiştir. Özellikle gayrimenkul türev sözleşmelerine dayanak olması açısından ele alındığında, ticari gayrimenkuller ve ticari gayrimenkullere dayalı endekslerin oluşturulduğu ve geliştirildiği, söz konusu geliştirmenin ülkelerin ekonomik koşullarına bağlı olduğu gözlemlenmiştir. Volatilite modellemesine yönelik çalışmalarda ise gayrimenkule dayalı finansal varlıklarda meydana gelen volatilite ve volatilite modellemesi çalışmaları incelenmiştir. Bu kapsamdaki çalışmalar daha çok ekonometrik yöntemler ve modellere dayalı olduğu ve yine çalışılan ülkelerin ekonomik yapılarına göre uygulama geliştirildiği dikkati çekmiştir. Bir diğer literatür çalışması başlığında ise gayrimenkul türevleri ve modellerine yönelik yapılan bilimsel eserlere yer verilmiştir. Genel olarak, gelişmiş

⁴ İşlem maliyetleri (transaction costs): Uluslararası değerlendirme standartlarında gayrimenkul alım-satımı sırasında ortaya çıkan bütün maliyetlerin toplamını ifade eder.

ekonomilerde gayrimenkul endeksine dayalı türev model geliştirme çabalarının yaygınlaştığı dikkati çekmektedir.

Türkiye’de ticari gayrimenkul endeksi bulunmamakla birlikte TCMB tarafından açıklanan Konut Fiyat Endeksi ülke düzeyinde ve İBBS (İstatistiki Bölge Birimleri Sınıflaması) düzey 2 için (26 alt bölge) konut fiyat endeksleri tespit ve ilan edilmektedir. Türkiye’de halen gayrimenkul endeksine dayalı bir türev ürün ihraç edilememekte ve bu alanda, herhangi bir bilimsel çalışmanın da yayımlanmamış olduğu saptanmıştır. Bu çalışmada, Konut Fiyat Endeksi, söz konusu endeksin volatilité modellemesi, gayrimenkul türev fiyatlandırma modellerinin değerlendirilmesi ele alınmış ve Türkiye için öneriler geliştirilmiştir. Çalışmada, oluşturulan uygulama örneği çerçevesinde forward-futures ve swap modeller değerlendirilmiş, opsiyon modellerinde ise riske göre bir karşılaştırma yapılmıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Veri Kaynakları

Literatür çalışmasında, gayrimenkul endekslerine, gayrimenkule dayalı bir finansal varlığa ait volatilité çalışmalarına, gayrimenkul türevlerine ve gayrimenkul türev modellerine ilişkin çalışmalara yer verilmiştir. Bu aşamada ise hem volatilité modellemesinde hem de gayrimenkul türev modellerindeki analizler için kullanılan veriler ve ilgili yöntemler irdelenmiştir. Uygulama için TCMB tarafından yayımlanan Ankara İli düzeyinde Konut Fiyat Endeksine ait veriler kullanılmıştır. Veriler, 2010 yılının Ocak ayından itibaren 2020 yılının Aralık ayına kadar aylık olarak düzenlenmiş olup, söz konusu veriler enflasyondan arındırılarak analize dahil edilmiştir. Söz konusu verilerin volatilité modellemesi gerçekleştirilmiş olup, elde edilen sonuçlara göre incelenen gayrimenkul türev fiyatlandırma modellerine uyarlanmış ve uygulama örneğine değerlendirme ve karşılaştırma yapılmıştır.

3.2 Araştırma Yöntemleri

Çalışmada, gayrimenkul türev modellerine altlık teşkil etmesi bakımından önemli görülen gayrimenkul endekslerinin oluşturulmasına ilişkin kullanılan yöntemler ile endekslerin volatilité modellemesine yönelik ekonometrik analizleri içeren yöntemler ele alınmıştır.

3.2.1 Gayrimenkul endeksi oluşturulmasında kullanılan yöntemler

Geliştirme, değerlendirme ve yönetim açısından gayrimenkuller; genel olarak konut ve ticari gayrimenkuller olarak ayrılmaktadır. Lisanslı Değerleme Uzmanları Kraliyet Kurumu (Royal Institution of Chartered Surveyors - RICS) ticari gayrimenkulü devlet, hizmet endüstrileri, eğitim, sağlık, üretim, telekomünikasyon ve diğer sivil altyapı gibi kamu ve özel sektör işletmeleri ve hizmetlerini destekleyen çok çeşitli amaçlara hizmet eden gayrimenkul türü olarak tanımlamış ve başlıca sektörleri ise perakende, ofis, sanayi ve eğlence sektörü olarak belirlemiştir. Tarım arazileri veya konut gibi gayrimenkuller ise

hariç tutulmuştur (Anonymous 2018). Baum (2009), ofis, dükkan, sanayi ve kurumsal gayrimenkuller olarak ve Ball vd. (2002) ise ofis, dükkan ve sanayi gayrimenkulleri olarak sınıflandırma yapmıştır. NCREIF, ana gayrimenkul türü olarak ofis, sanayi, perakende, apartman ve oteli tanımlamış ve ana gayrimenkullerin dışında kalanları ise eğlence, sağlık hizmetleri, otopark, depolama alanı, yaşlı bakım merkezi amaçlı olarak kullanılan gayrimenkuller ve gelir getiren araziler ile prefabrik üretimler olarak sıralamıştır (Fisher ve Dierking 2009).

Farklı ülkelerde kurumlar tarafından farklı veriler ve yöntemlerle gayrimenkul değer ve kira endeksleri geliştirilmekte, piyasaların dinamiklerini yakalamak için yeni endeks modelleri önerilmektedir. Bu modellemelere ilişkin çabaların çoğu, Avrupa ve Uzak Doğu Asya'daki bazı ülkeler için dikkate değer istisnalar dışında ABD ve İngiltere'de gerçekleşmektedir (Tunaru 2017). Türkiye'de 2000'li yıllarda enflasyon oranının ve mevduat faizlerinin gerilemesi ile birlikte gayrimenkul yatırımlarının artması ve 2007 yılında ABD'de ortaya çıkan ve tüm dünyayı etkileyen mortgage krizinin ardından Türkiye'de gayrimenkul endeks çalışmaları hız kazanmış ve TCMB tarafından konut fiyat endeksi yayımlanmaya başlamıştır. Konut fiyat endeksi oluşturmak için kredi kullandıran kuruluşlara başvuruda bulunan kişilere kredi verilmeden önce düzenlenen ve ipotek altına alınacak gayrimenkule ilişkin değerlendirme raporu verileri TCMB tarafından Türkiye'deki bütün değerlendirme firmalarından alınmaktadır.

Literatürdeki gayrimenkul fiyat endekslerinin metodolojileri detaylı olarak incelenmiştir. Bu çerçevede, NCREIF, IPD, RCA (Moody's/RCA), S&P Case-Shiller ve S&P/GRA Ticari Gayrimenkul Endekslerinin (SPCREX) yöntemleri incelenmiştir. Bu endeksler, yatırım amacıyla en sık kullanılan gayrimenkul endeksleri olmakla birlikte, türev sözleşmelerinin tasarlandığı endeksler olmaları açısından da önemli oldukları için seçilmişlerdir. Ayrıca TCMB tarafından yayımlanan Konut Fiyat Endeksi de aynı verilerin kullanması açısından önem taşıması ve REIDIN-GYODER Yeni Konut Fiyat Endeksi de Türkiye'de çıkarılan bir diğer konut endeksi olmasından dolayı incelemeye konu edilmiştir.

NCREIF, Amerika’da ticari gayrimenkul getirilerini diğer varlık sınıfları ile karşılaştırılmasını sağlayan bir endekstir. Gayrimenkul performansının, hisse senetleri ve tahviller gibi diğer varlık sınıflarıyla nasıl karşılaştırıldığını anlamak ve ticari gayrimenkul riskini ve getirisini daha iyi analiz edebilmek için ortaya çıkarılmıştır (Fisher 2005). NCREIF verileri; gayrimenkullerin edinme tarihi ve orijinal yatırım maliyeti, boyut, yaş gibi fiziksel özellikleri, konum (adres, bölge gibi), satış tarihi, brüt satış fiyatı, net satış gelirleri ve fon türü (açık uçlu fon, kapalı uçlu fon gibi) ve mülkiyet yapısı gibi özellikler dikkate alınarak geliştirilmektedir. Üç aylık performans; net işletme geliri (kira, geri ödemeler, emlak vergileri, sigorta gibi), mevcut piyasa değeri, kiralanan alanın yüzdesi, yatırım amaçlı gayrimenkuller (leveraged properties, yabancı kaynak kullanılarak alınan ve elde edilen kârın ödenecek faizden daha yüksek olmasının beklendiği gayrimenkuller) için kredi ödemesi, faiz, anapara ve bakiye verileri ile ölçülmektedir. Veri tabanında 2002 yılına kadar ana gayrimenkuller (core properties); ofis, sanayi, ticari, apartman ve oteller bulunmakta iken, 2002 yılında üyelerin de katkıda bulunmaları ile birlikte ana gayrimenkul dışı (non-core properties), eğlence, sağlık hizmetleri, otopark, depolama alanı, yaşlı bakım merkezi amaçlı olarak kullanılan gayrimenkuller ve gelir getiren araziler ile prefabrik üretimlerin verileri de dahil edilmiştir. Ayrıca veri tabanı, vergilendirilebilir kuruluşlara ait gayrimenkuller ile geliştirilmiş ve yeniden geliştirilmiş gayrimenkulleri de içermektedir (Fisher ve Dierking 2009). Endeksin saptanmasında, değerlemesi yapılan gayrimenkullerin getirileri kullanılmaktadır. Getiriler, değerdeki değişiklikler ve çeyreklik için geçerli nakit akışları toplamı olarak ifade edilmekte olup, her bir özellik için hesaplanır ve ardından endeksi üretmek için ağırlıklı değerler alınır. Endeks, dahil edilen gayrimenkullerin borç finansmanı olmaksızın kaldıraçsız olarak tespit edilmektedir (Fisher 2005). Bir yıldan fazla getiriler aşağıdaki şekilde yıllık olarak saptanmaktadır:

N adet çeyrekliğin her biri için üç aylık getirilerin zincirleme bağlantıları aşağıda verilen eşitliklerle oluşturulmaktadır:

$$(1 + R_1) \times (1 + R_2) \times (1 + R_3) \times \dots \times (1 + R_N) \quad (3.1)$$

Birinci adımdan, üç ayda bir bağlanan zincirin N'inci kökü hesaplanır ve sonra birinci adımdan çıkarılarak zincirle bağlantılı dönüşlerin geometrik ortalaması elde edilir. Geometrik ortalama, getirilerin zincir bağlantıları olup, gayrimenkullerin getiri kazancı olarak ifade edilebilir. Geometrik ortalama, performans değerlendirmesinde en yaygın kullanılanıdır (Fisher ve Dierking 2009). Bu işlemde kullanılan NPI formülü aşağıdaki gibidir:

$$R_t = \frac{MV_t - MV_{t-1} + PS_t + NOI_t - CI_t}{MV_{t-1} - \left(\frac{PS_t}{2}\right) - \left(\frac{NOI_t}{3}\right) + \left(\frac{CI_t}{2}\right)} \quad (3.2)$$

Formülde; R_t (total return), t dönemi için toplam getiri, MV_t (market value), dönem sonu piyasa değeri, MV_{t-1} , dönem başında piyasa değeri, PS_t (partial sales), t döneminde herhangi bir kısmi satış, NOI_t (net operating income), t dönemi için net işletme geliri, CI_t (capital expenditures (improvements)) ise t dönemi sermaye harcamalarıdır. Bu eşitlik, net işletme gelirinin çeyreklik boyunca aylık olarak alındığı ve herhangi bir sermaye giderinin ya da kısmi satışların çeyrek ortasında gerçekleştiği varsayıldığında, üçer aylık iç verim oranının (IRR) bir tahmini olarak tasarlanmıştır (Young vd. 2017).

IPD (Investment Property Data) Endeksi, Londra merkezli olup, Birleşik Krallık'ta ticari gayrimenkuller ile ilgili bilgiler sağlamaktadır. Bu endeks; yatırım portföylerinde tutulan tamamlanmış doğrudan yatırımlar ve kiralanabilir gayrimenkuller üzerine inşa edilmiştir. IPD Endeksi, MSCI (Morgan Stanley Capital International) grubunun bir ürünü olup, değerlemeye dayalı endekslerden biridir (Tunaru 2017). Bir aylık toplam getiri aşağıdaki eşitlik ile tanımlanır (Anonymous 2014):

$$TR_t = \frac{CV_t - CV_{t-1} - CE_t + CR_t + NI_t}{CV_{t-1} + CE_t} * 100 \quad (3.3)$$

Formülde; TR_t (total return), t ayındaki toplam getiri, CV_t (capital value), t ayının sonundaki sermaye değeri, CE_t (total capital expenditure) t ayındaki toplam sermaye gideri, CR_t (total capital receipts) t ayındaki toplam sermaye gelirlerini, NI_t ise t ayı boyunca günlük kiralanayan gayrimenkullerde kira alacaklarını, net gayrimenkul yönetim

maliyetleri, ana taşınmaz kirası ve diğer tahsil edilemeyen giderleri kapsamaktadır. 100 taban değerinden başlayarak, birbirini izleyen her bir endeks değeri, önceki endeks değerinin $(1 + \text{aylık getiri})$ ile çarpılmasıyla hesaplanmakta ve bu işlemlerde aşağıdaki eşitlikler kullanılmaktadır (Anonymous 2014):

$$I_{t+1} = I_t \left(\frac{1 + TR_{t+1}}{100} \right) \quad (3.4)$$

İlk olarak 2006 yılında The Moody's/RCA Ticari Gayrimenkul Fiyat Endeksleri şeklinde yayımlanan endeks, daha sonra RCA ticari gayrimenkul endeksleri olarak değiştirilmiştir (Anonymous 2020). Söz konusu endeksler, gayrimenkul fiyatlarını ulusal düzeyde ölçen işlem tabanlı endeksler olup, apartman, perakende, ofis ve endüstriyel gayrimenkulleri kapsamaktadır. Fiyat endeksleri ve sermaye getirileri dizisi 2000 yılından bu yana ulusal düzeyde aylık olarak yayımlanmaktadır. Buna ek olarak, ana istatistik türleri için üçer aylık endeksler ve belirli metropol istatistik alanları için yıllık endeksler bulunmaktadır. Endeksler, Case-Shiller / S & P konut fiyatları endekslerini üretmek için kullanılan endekslere benzer biçimde tekrarlanan satışlar yöntemi kullanılarak oluşturulmuştur. Bu endekslere dahil olan gayrimenkullerin çoğu 2,5 milyon dolardan daha yüksek fiyat üzerinden satılan mülklerdir (Tunaru 2017).

S&P Case-Shiller konut fiyat endeksleri, S&P Dow Jones Indices LLC, Core Logic ve Macro- Markets LLC'yi içeren bir ortaklığın ürünüdür. Karl Case ve Robert Shiller'in araştırmasını kullanarak geliştirilen söz konusu konut fiyat endeksleri, 20 büyük metropol istatistik alanını kapsayan ve oradaki konut fiyatları için bir ölçüt olarak ABD için yaygın kullanıma sahip endekslerdir. Endeksler; Federal Konut İşletmeleri Gözetim Ofisi (Office of Federal Housing Enterprise Oversight, OFHEO) tarafından konut fiyat hareketlerini hesaba katmak için güvenilir bir metodoloji olarak kabul edilen tekrarlanan satış fiyatlandırma yöntemine dayanmaktadır.

S&P ve Global Real Analytics (GRA) / Charles Schwab tarafından üretilen S&P / GRA Ticari Gayrimenkul Endeksleri (SPCREX), metrekare başına ortalama satış fiyatının üç aylık hareketli ortalaması olarak hesaplanan ve işlem tabanlı bir endekstir. Üç ayda bir

raporlanır ve geliri içermez. Metrekare başına her bir verinin gayrimenkul işlem fiyatına özel bir algoritma uygulanarak elde edilmektedir (Tunaru 2017).

Türkiye’de TCMB tarafından yayımlanan Konut Fiyat Endeksi, Türkiye konut piyasasının değişiminin gözlemlenebilir olması için geliştirilmiştir. Endekse ilişkin veriler, konut satın almak isteyen ve kredi veren kuruma şahsi olarak başvuru yapan kişilerin teminatlandıracağı (satın alacağı) gayrimenkulün değerlendirme raporlarına dayanmaktadır. Söz konusu raporlar, gayrimenkul veya konut değerlendirme uzmanlarının hazırladığı ve ulusal düzeyde oluşturulan raporlardır. TCMB tarafından yayımlanan konut fiyat endeksleri, konutların kalite etkilerinin arındırıldığı fiyatların değişimlerinin izlenmesi için hedonik regresyon yöntemlerinden karakteristik fiyat yöntemi ile logaritmik-doğrusal model kullanılarak oluşturulduğu ulusal bir endekslerdir. Endeksler, 2017 yılından önce 2012 yılının baz yılı olarak alınması ile oluşturulmuş, 2017 ve sonrası dönemlerde ise 2017 yılının baz yılı alınması ile üretilmiştir. Son olarak tüm seri 2017 yılı baz olacak şekilde hesaplanmıştır (Anonim 2020a):

$$\ln p_n^t = \beta_0^t + \sum_k \beta_k^t z_{nk}^t + \varepsilon_k^t, \quad \forall n, t \quad (3.5)$$

Bu şekilde bütün dönemler ve tabakalara ilişkin ayrı ayrı $\hat{\beta}_k^t$ hesaplanmıştır. Sonrasında özelliklerin sabit tutulması ile oluşacak fiyatları hesaplamak amacıyla her tabaka için aşağıdaki eşitlik ile Laspeyres endeksler oluşturulmuştur:

$$P_i^t = \frac{\exp(\hat{\beta}_0^t) \exp[\sum_k \hat{\beta}_k^t \overline{z_{nk}^0}]}{\exp(\hat{\beta}_0^0) \exp[\sum_k \hat{\beta}_k^0 \overline{z_{nk}^0}]} \quad (3.6)$$

Dönem t , tabaka i olmak üzere, P_i^t , i tabakasının t dönemindeki hedonik konut fiyat endeksi, $\hat{\beta}_k^0$, baz dönemde bileşene ait gölge fiyat tahmini, $\hat{\beta}_k^t$, t döneminde bileşene ait gölge fiyat tahmini ve $\overline{z_{nk}^0}$, baz dönemdeki ortalama konut özelliklerini temsil etmektedir (Hülagü vd. 2016).

Türkiye’de ikinci bir endeks olarak REIDIN-GYODER Yeni Konut Fiyat Endeksi geliştirilmekte ve markalı gayrimenkul projelerine ilişkin kurumsal gayrimenkul şirketlerinin üretmiş olduğu konutların verileri kullanılarak ortaya çıkarılmaktadır. Söz konusu endeksin hesaplanmasında, sınıflandırılmış birim değere dayalı fiyat endeksi yöntemi kullanılmış ve 2010 yılının Ocak ayı baz olacak şekilde Laspeyres formülü kullanılarak oluşturulmuştur (Anonim 2020b).

3.2.2 Volatilite modellemesine ilişkin kullanılan yöntemler

Finans bilim alanında, opsiyon fiyatlandırması gibi çeşitli problemler, bir zaman serisinin volatilitesi veya değişkenliği üzerine yapılan çalışmaları harekete geçirmiştir (Shumway ve Stoffer 2017). Finansal varlıklara ilişkin getirilerde sıklıkla inceleme konusu olan volatilité, 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). Zaman serisi volatilité sorununu çözmek için otoregresif koşullu değişen varyans (ARCH) modeli (Engle 1982) ve genelleştirilmiş ARCH modeli (Bollerslev 1986) önerilmiştir. ARCH modellerinden önce zaman serilerinde durağanlık ve otoregresif hareketli ortalamalar modellerine (ARMA) ilişkin yöntemler üzerinde durulmuştur.

3.2.2.1 Zaman serilerinde durağanlık

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. Bazı ekonomik değişkenler durağan olmamakla birlikte, bu değişkenler belirli dönem içinde etkisi altında oldukları şoklarla ilişkili olmakta ve söz konusu şokların geçici ya da kalıcı olmasına göre trend ve dalgalanma özellikleri göstermektedirler (Yurdakul 2016). Zaman serilerine ilişkin veriler incelendiğinde, seriler zaman içinde trend, mevsimsellik, konjonktürel ve düzensiz dalgalanmaların tümünü içerebileceği gibi bir ya da birkaçını da içerebilir (Bozkurt 2013). Bir zaman serisinin bileşenlerinin tümünden oluştuğu varsayılarak aralarındaki fonksiyonel ilişki aşağıdaki gibidir:

$$Zaman\ Serisi=f(trend, konjonktürel\ hareketler, mevsimsellik, düzensiz\ hareketler)$$

$$Y_t=f(T_t, C_t, S_t, I_t) \quad (3.7)$$

Y_t olarak adlandırılan bir zaman serisinde söz konusu bileşenlerin mevcut olduğu varsayılan bir modeli toplamsal ve çarpımsal olarak ifade etmek mümkündür:

$$Y_t=T_t+C_t+S_t+I_t \quad (3.8)$$

$$Y_t=T_t.C_t.S_t.I_t \quad (3.9)$$

Eşitlik 3.7 ve Eşitlik 3.8’de T trend, C konjonktürel hareketler, S mevsimsellik olmak üzere modelin deterministik kısmını ve I ise stokastik kısmını ifade etmektedir (Sevüktekin ve Çınar 2014). Bir zaman serisinin belli bir değere yaklaşması ya da beklenen değeri etrafında dalgalanması, o serinin durağan olduğunu göstermektedir. Bir serinin durağan olması, serinin zaman içinde ortalaması, varyansı ve otokovaryansının sabit olması şeklinde de açıklanabilir (Bozkurt 2013).

Bir zaman serisinin zayıf durağan olması seriye ait aşağıda belirtilen eşitliklerin sağlanması ile oluşmaktadır:

$$\text{Ortalama: } \mu=E(Y_t)$$

$$\text{Varyans: } \sigma_Y^2=Var(Y_t)$$

Y_{t_1} ile Y_{t_2} arasındaki otokovaryans:

$$\text{Otokovaryans } \gamma_{t_1, t_2}=Cov(Y_t, Y_{t+k})=E\{[(Y_t-E(Y_t))][(Y_{t+k}-E(Y_{t+k}))]\}=\gamma_k \quad (3.10)$$

bütün t’ler için sabit ve $k \neq 0$ olmak üzere, μ_Y , σ_Y^2 ve γ_k zamana (t değerine) bağlı değildir ve seri zayıf durağandır denir. Y_t rassal değişkeninin zayıf durağanlık özelliklerine ilaveten dağılımın zaman içerisinde değişmemesi durumu söz konusu ise, seri güçlü durağan olarak tanımlanır (Sevüktekin ve Çınar 2014). Başka bir ifade ile bir zaman serisinde farklı zamanlarda seri aynı dağılıma sahip oluyorsa, söz konusu seri güçlü durağan olarak nitelendirilir (Akdi 2012). Uygulamada bir serinin genellikle güçlü durağan olmasının sağlanması zor olduğundan, serinin zayıf durağan olması, durağan

olması için yeterli kabul edilmektedir. Bu nedenle zayıf durağan bir seriye ekonometrik analizler uygulanabilmektedir (Özcan 2015).

Ekonometrik bir modele Klasik En Küçük Kareler Yönteminin uygulanabilmesi için hata terimine ilişkin bazı varsayımların sağlanması gerekmektedir olup, bu varsayımlardan biri hata teriminin sıfır ortalamaya sahip olması ve bir diğeri sabit varyanslı olmasıdır. Bu varsayımların sağlanması, diğeri bir ifade ile hata teriminin dolayısı ile hata terimine bağlı serinin durağan olmasıdır. Hata terimleri durağan değilse, parametrelerin ve modelin testi için bilindik t ve F istatistikleri uygulanamaz. Ayrıca eğer seriler durağan değilse, sahte regresyon sorunu ile karşılaşılabilir (Kennedy 2006). Bu yüzden ekonometrik bir analizde en çok üzerinde durulan koşul serilerin durağan olmasıdır.

3.2.2.2 Durağanlığın tespit edilmesi

Durağanlığın tespitinde kullanılan yöntemlerden biri, birim kök testleridir. Birim kök testi için Y_t gibi bir zaman serisi tanımlanarak, Y_t 'ye ait aşağıdaki gibi bir model kullanılır:

$$Y_t = \rho Y_{t-1} + u_i \quad (3.11)$$

Eşitlik 3.9'da modelde u_i ortalaması sıfır, varyansı σ^2 olan bağımsız normal dağılıma yakınsar. AR(1) model için birim kök varlığının test edilmesi durumunda aşağıdaki hipotezler oluşturularak araştırma yapılır:

$H_0: \rho = 1$, (serinin durağan olmaması)

$H_1: \rho < 1$, (serinin durağan olması)

Eşitlik 3.11'deki modelde $\rho = 1$ ise, bu durum Y_t 'nin bir birim kök içerdiğini gösterir. Söz konusu model ise ekonometride bir rassal yürüyüş olarak bilinir. Rassal bir yürüyüş, durağan olmayan bir zaman serisi örneğidir (Gujarati 2012, Bozkurt 2013, Sevüktekin ve Çınar 2014).

Birim kökün varlığının test edilmesinde aşağıdaki yöntemler kullanılmaktadır:

- Dickey-Fuller testi: Zaman serilerinde birim kökün varlığının test edilmesinde kullanılan yöntemlerden biri Dickey-Fuller (DF) testi olup, söz konusu yöntem AR(1) süreci modeline göre aşağıdaki gibidir (Akdi 2012):

$$Y_t = \rho Y_{t-1} + u_i$$

$$Y_t - Y_{t-1} = \rho Y_{t-1} - Y_{t-1} + u_i$$

$$\Delta Y_t = (\rho - 1) Y_{t-1} + u_i \quad (3.12)$$

$$\rho - 1 = \delta \text{ ise } \Delta Y_t = \delta Y_{t-1} + u_t \quad (3.13)$$

eşitliğine ulaşılır. Bu durumda modele ilişkin hipotezler;

$H_0: \delta = 0$ (Seri durağan değildir)

$H_1: \delta < 0$ (Seri durağandır)

olarak yazılabilir. Dickey-Fuller (1979) testi sabit terimi içermesi ya da trendin olup olmamasına göre üç farklı modele uygulanır (Enders 2010). Bunlar aşağıdaki şekilde ifade edilir:

$$\Delta Y_t = \gamma Y_{t-1} + \varepsilon_i \quad (3.14)$$

$$\Delta Y_t = \mu + \gamma Y_{t-1} + \varepsilon_i \quad (3.15)$$

$$\Delta Y_t = \mu + \beta t + \gamma Y_{t-1} + \varepsilon_i \quad (3.16)$$

- Genişletilmiş (Augmented) Dickey Fuller Testi: Dickey-Fuller testine yapılan eleştirilere istinaden geliştirilen Genişletilmiş Dickey Fuller (Augmented Dickey Fuller, ADF) testi, zaman serisine ilişkin modele bağımlı değişkenin gecikmeli değerlerinin eklenmesi ile aşağıdaki gibi oluşturulmuştur:

$$\Delta Y_t = \alpha_0 + \delta Y_{t-1} + \sum_{i=1}^k \beta_i \Delta Y_{t-k} + \varepsilon_t \quad (3.17)$$

Modele ilişkin hipotezler de aşağıdaki gibi kullanılmaktadır:

$H_0: \delta = 0$ (Seri durağan değildir)

$H_A: \delta < 0$ (Seri durağandır)

Eğer istatistiksel olarak $\delta=0$ bulunduğu takdirde, seri birim köke sahiptir ve bu nedenle serinin durağan olmadığı değerlendirilir. Ancak söz konusu modele ilişkin gecikme uzunluğunun belirlenebilmesi sorun oluşturabilir. Gecikme uzunluğu belirlenirken Akaike Bilgi Kriteri (Akaike Information Criteria, AIC) ve Schwarz Bilgi Kriteri (Schwarz Information Criteria, SIC)'nden yararlanılabilir (Stock ve Watson 2011). ADF testinde de modelin sabit terim içermesi ya da trend olup olmamasına bağlı olarak üç model kullanılmaktadır (Enders 2010).

3.2.2.3 Otoregresif hareketli ortalamalar (ARMA) modelleri

- Otoregresif süreç (AR(p) süreci): Otoregresif süreç, Y_t gibi bir ekonomik değişkenin modellenmesinde söz konusu modelde Y_t 'nin gecikmeli değerlerinin yer alması ile oluşturulmaktadır (Bozkurt 2013). Eğer Y_t , p'inci dereceden otoregresif süre ise, başka bir ifade ile Y_t , Y_{t-1} , Y_{t-2} , ... Y_{t-p} 'ye bağlı ise, AR(p) modeli aşağıdaki şekilde ifade edilir (Sevüktekin ve Çınar 2014):

$$Y_t = \delta + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + \varepsilon_t \quad (3.18)$$

Bu eşitlikte; δ bir kesme ya da sabit terim olup, Y_t 'nin ortalamasını gösterir. $\phi_1, \phi_2, \dots$, ϕ_p 'ler bilinmeyen otoregresif parametrelerdir ve hata terimi ε_t ise ortalaması sıfır ve sabit varyanslı rassal değişken olarak varsayılır.

AR(1) süreci aşağıdaki şekilde yazılır:

$$Y_t = \delta + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (3.19)$$

Bir zaman serisi tüm dönemlerde aynı olasılık yoğunluk fonksiyonuna sahip olması durumunda Y_t 'nin ortalaması ve varyansı bütün dönemlerde aynı olmalıdır. Bu nedenle aşağıdaki eşitlik gerçekleşir:

$$E(Y_t)=E(\delta+\phi_1 Y_{t-1}+\varepsilon_t)$$

$$E(Y_t)=E(\delta+\phi_1 Y_{t-1})+E(\varepsilon_t), \quad E(\varepsilon_t)=0$$

$$E(Y_t)=E(\delta+\phi_1 Y_{t-1})$$

$$\mu=\delta+\phi_1 \mu \quad (3.20)$$

Ortalama μ için çözüm yapıldığında;

$$E(Y_t)=\mu = \frac{\delta}{1-\phi_1} \quad (3.21)$$

elde edilir. Otoregresif modelin değeri eğer $|\phi_1|<1$ ise süreç durağan olarak değerlendirilir (Sevüktekin ve Çınar 2014).

AR(p) sürecinde p'nin bulunmasına ilişkin karar, değişkenin korelogram görünümünden ve minimum AIC ve SC değerlerinden belirlenebilir (Bozkurt 2013). AR(1) sürecinin otokorelasyon katsayısını tanımlayan;

$$\rho_k = \frac{\gamma_k}{\gamma_0} = \frac{\theta_1^k \gamma_0}{\gamma_0} = \phi_1^k \quad (3.22)$$

ifadesi serinin otokorelasyon fonksiyonu (ACF) olarak bilinmekle birlikte grafiksel olarak gösterimine korelogram adı verilir (Sevüktekin ve Çınar 2014). AR(p) sürecine ACF ve PACF (kısmi otokorelasyon fonksiyonu) görünümüne göre karar verilebilir. Eğer PACF büyük çıkışlar içeriyorsa ve ACF'de geometrik olarak azalma mevcutsa, istatistiksel olarak anlamlı p (gecikme), AR modelinde gecikme seviyesi olarak belirlenebilir. PACF'de anlamlı p ise ACF değerlerinin azalan görünümü, sürecin AR(1) olduğu konusunda fikir vermektedir (Bozkurt 2013).

- Hareketli ortalama MA(q) süreci: Bir hareketli ortalama süreci, bağımlı değişkenin beyaz gürültü sürecine sahip geçmiş hata terimleri ile ifade edilmesidir (Bozkurt 2013). Aşağıdaki şekilde gösterilir:

$$Y_t = \mu + \varepsilon_t + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \theta_2 \varepsilon_{t-2} + \dots + \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (3.23)$$

Burada, korelasyonsuz rassal kalıntılar ε_t ortalaması sıfır ve sabit varyansa sahip olmakla birlikte, θ_i ($i=1,2, \dots, q$) ise bilinmeyen parametreleri gösterir. Kesme parametresinin μ olması, MA(q) sürecinin ortalamasının $E(Y_t)=\mu$ ve varyansının ise $Var(Y_t)=\gamma_0$ olduğunu ifade eder. MA(1) süreci aşağıdaki şekilde gösterilir (Sevüktekin ve Çınar 2014):

$$Y_t = \mu + \varepsilon_t + \theta_1 \varepsilon_{t-1} \quad (3.24)$$

MA(1) sürecinin ortalaması,

$$E(Y_t) = \mu \quad (3.25)$$

varyansı ise

$$Var(Y_t) = E(Y_t - \mu)^2 \quad (3.26)$$

$$\gamma_0 = \sigma_\varepsilon^2 (1 + \theta_1^2) \quad (3.27)$$

şeklinde gösterilir. MA sürecinde ACF ve PACF değerlerine göre PACF’de gözlemlenen geometrik azalma ve ACF’de anlamlı çıkışlar takip edilerek gecikme sayısı (q) belirlenir (Bozkurt 2013).

- ARMA(p,q) Modeli: AR(p) ve MA(q) modellerinin birleşiminden ARMA(p,q) modeli elde edilmektedir. Söz konusu model, bazı Y serisinin mevcut değerinin; kendisinin önceki değerlerine, white noise olan hata teriminin mevcut ve önceki değerlerinin bir

kombinasyonuna doğrusal olarak bağlıdır (Brooks 2014). Bazı durağan rassal süreçler sadece AR ve sadece MA süreçleri ile modellenemeyebilir. Bazı durumlarda zaman serisi modeli hem otoregresif, hem de hareketli ortalama bileşenleri p ve q'uncu dereceden olmak üzere ARMA(p,q) olarak tanımlanmakta ve söz konusu model aşağıdaki gibi gösterilmektedir:

$$Y_t = \delta + \phi_1 Y_{t-1} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + \varepsilon_t + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \dots + \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (3.28)$$

Burada δ (kesme terimi), Y_t 'nin ortalamasını, ε hatalar, $E(\varepsilon_t)=0$ ve varyans ise $\text{Var}(\varepsilon_t)=\sigma_\varepsilon^2$ ile korelasyonsuz rassal değişkenler olduğu varsayılır. Eğer söz konusu süreç durağan ise, serideki bütün dönemler sabit bir ortalamaya (μ) sahiptir. Diğer bir ifade ile $E(Y_t) = E(Y_{t-1}) = E(Y_{t-2}) = \dots = E(Y_{t-p}) = \mu$ ve $E(\varepsilon_t) = E(\varepsilon_{t-1}) = E(\varepsilon_{t-2}) = \dots = E(\varepsilon_{t-p}) = 0$ olmaktadır.

$$E(Y_t) = E(\delta + \phi_1 Y_{t-1} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + \varepsilon_t + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \dots + \theta_q \varepsilon_{t-q})$$

$$\mu = \delta + \phi_1 \mu + \dots + \phi_p \mu + 0 + \theta_1 0 + \dots + \theta_q 0$$

$$\mu = \delta + \phi_1 \mu + \dots + \phi_p \mu \quad (3.29)$$

Gerekli düzenlemeler yapıldığında;

$$\mu = \frac{\delta}{1 - \phi_1 - \dots - \phi_p} \quad (3.30)$$

elde edilir. Bu durum aynı zamanda durağanlığın gerekli şartını da göstermektedir. Başka bir ifade ile

$$\phi_1 + \phi_2 + \dots + \phi_p < 1 \quad (3.31)$$

olmalıdır.

3.2.2.4 Otoregresif koşullu değişen varyans (ARCH) modelleri

Engle (1982), yaygın olarak kullanılan sabit varyans varsayımının aksine bir zaman serisi modelinde hata terimlerinin varyansının sabit olmadığını bir uygulama ile birlikte göstermiştir. Çalışmasında, zaman serilerine ilişkin analizlerde öngörülerde karşılaşılan otokorelasyonun Otoregresif Koşullu Değişen Varyans (ARCH) olarak adlandırılan yöntem ile modellenmesi gerektiğini ifade etmiştir.

ARCH modelinde hata terimine ilişkin varyansın önceki dönem hata terimlerinin karelerinin bir fonksiyonu olarak değişmesine imkan tanınmıştır (Songül 2010). ARCH modelinin bazı özellikleri aşağıda verilmiştir (Akçay vd. 2012):

- Finansal varlığın belirlenen getiri fonksiyonuna ilişkin varyansı modellenerek tahmin edilebilir bir hale getirilmektedir.
- Çalışılan dönemin getirisinin varyansı, geçilen dönemin (p) varyanslarının bir fonksiyonudur.
- p dönem geçmiş bir finansal şokun, içinde bulunulan dönemdeki varyansını artırıcı etkisi bulunmaktadır.
- Finansal şokların pozitifliği ya da negatifliği herhangi bir farklı durum yaratmaz.

ARCH modeli sabit varyans varsayımını geride bırakarak varyansın gecikmeli öngörü hatalarının karelerinin bir fonksiyonu olarak değişimine imkan sağlamaktadır. Ekonometrik modellemelerde geleneksel yaklaşımlarda volatilitenin ölçüsü olarak tanımlanan varyansın zamana bağımlı olmadığı yani bağımsız olduğu varsayılmasına karşın, finansal piyasalarda, finansal zaman serilerinin zamana bağımlı olduğu ve zamana göre değişkenlik gösterdiği belirlenmiştir. Tahmin sürecinde değişen varyansın regresyonla birleştirilmesi ARCH modeli için uygundur.

ARCH modelinin zayıf yönleri de bulunmaktadır. İlk olarak modelde çok yüksek gecikme sayılarına yer verilmesi mümkündür, ancak bu sayının artması modelin verimliliğini açıklamada olumsuz bir sonuç oluşturacaktır. Bir diğer husus ise modelin

kısıtlayıcı bir etkiye sahip olmasıdır. Başka bir deyişle ARCH modeli önceki şoklara bağlı olması sebebiyle pozitif ve negatif şokların volatilité üzerinde aynı etkiye sahip olduğunu varsaymasına karşın, uygulamada finansal varlıkların fiyatlarının pozitif ve negatif şoklara karşı farklı tepki verdikleri görülmektedir. Aynı zamanda finansal zaman serilerinin değişkenliğinin kaynağının anlaşılması adına yeni bir bakış açısı sağlayabilen bir model olarak da görülmemektedir.

3.2.2.5 Genelleştirilmiş otoregresif koşullu değişen varyans (GARCH) modeli

Bollerslev (1986), ARCH modelini genişletilerek, GARCH modeline ulaşmış olup, GARCH modelini ARCH modeline göre daha önemli kılan nokta koşullu varyansın kendi gecikme değerinin modele dahil edilebilmesi ve bunun sonucunda daha iyi bir tahminin ortaya çıkmasıdır. GARCH; koşullu varyansın, hataların sonsuz sayıda karelerinin gecikmeli değerlerine ek olarak kendi gecikmeli değerlerine bağlı olan volatilité modeli olarak bilinmektedir.

GARCH modelinin sağlamış olduğu başka bir fayda ise, hataların sonsuz sayıda karelerinin gecikmiş değerlerinin modele dahil edilmesidir. Bir değişkenin daha esnek bir gecikme yapısında, zamana bağlı koşullu varyansının istatistiksel olarak anlamlılığını ölçmek ve aynı zamanda öngörülemeyen şokların varyansını analiz edebilmek GARCH modeli ile mümkün olmaktadır.

Zaman içerisinde koşullu varyans p ve q parametrelerine matematiksel ilişkiler ile bağımlı olarak değişkenlik göstermektedir. GARCH (p,q) modelinde t bir dönemi, h_t koşullu varyansı, q hata karelerinin gecikme uzunluğunu, p ise otoregresif kısmın gecikme uzunluğunu belirtmektedir.

ARCH ve GARCH modellerinde yer alan parametlerin negatif olmaması gerekmektedir. Koşullu varyans denklemi içerisindeki sabit katsayının sıfırdan büyük olma koşulunu sağlaması ($\omega > 0$) ve modelde yer alan diğer değişkenlerin katsayılarının sıfıra eşit veya sıfırdan büyük olması, varyansın pozitif olmasını sağlamaktadır. Aynı zamanda koşullu

varyans denkleminin sağında yer alan sabit hariç tutularak diğer bütün parametrelerin toplamaları 1'den küçük olmalıdır.

3.2.2.6 Üstel genelleştirilmiş otoregresif koşullu değişen varyans (EGARCH) modeli

Nelson (1991) tarafından geliştirilmiş olan Üstel GARCH (EGARCH) modeline ilişkin kullanılan en yaygın model belirtilmiştir. EGARCH modelinde pozitif ve negatif şokların koşullu varyans üzerinde asimetrik tepkisi incelenmektedir. EGARCH modeline ilişkin formül aşağıda belirtilmiştir. Wang ve Hartzell (2020) tarafından aşağıdaki şekilde düzenlenmiştir:

$$\ln(\sigma_t^2) = \omega + \beta \ln(\sigma_{t-1}^2) + \theta \frac{u_{t-1}}{\sqrt{\sigma_{t-1}^2}} + \alpha \left[\frac{u_{t-1}}{\sqrt{\sigma_{t-1}^2}} \right] \quad (3.32)$$

EGARCH modelinin GARCH modelinden temel farklılığı olarak; EGARCH modellemesinde varyansın logaritmasının alınması sebebiyle negatif olmama koşulunu doğrudan sağlamaktadır. Model içerisinde yer alan koşullu değişen varyansın logaritmasının alınması sonucunda parametreler sıfırdan büyük durumda olacaktır. Başka bir deyişle meydana gelecek pozitif ve negatif şokların modelde oluşturacağı etkinin analizi ise, formülde yer alan θ değişkenin değerine bağlıdır. $\theta < 0$ olduğunda, kaldıraç etkisinin mevcut olduğunun kararı verilmektedir. Bu durumda volatilité üzerinde, oluşan negatif şokların etkisinin daha fazla olduğu değerlendirilmektedir.

Modelde parametrelerin pozitif olmasının sebebi, varyansın logaritmasının alınmış olmasıdır. α parametresi 0'a eşit değilse, asimetrik etki söz konusudur. α parametresinin 0'dan küçük olması durumunda, aynı büyüklüğe sahip negatif şokların pozitif şoklara göre oynaklığı daha fazla etkilediği sonucuna ulaşılmaktadır.

3.2.3 Vektör otoregresif modeller (VAR)

Ekonometri temelli çalışmalarda her bir makroekonomik değişkenin tahmininde tek tek model kurulabileceği gibi, VAR yöntemi kullanılarak değişkenleri eşanlı tahmin edebilecek tek bir model de oluşturulabilir. VAR, tek değişkenli bir AR modelini genelleştiren çoklu zaman serileri arasındaki gelişimi ve otoregresyonu zaman serisi değişkenleri vektörü şeklinde veren bir modeldir (Stock ve Watson 2011).

VAR modeli önceleri sıklıkla eleştirilen yapısal eşanlı denklem modellerine bir alternatif olarak ortaya çıkarılmıştır. Söz konusu modelin amacı, değişkenlerin arasında oluşan ilişkiyi belirlemek ve öngörülerde bulunmaktır. Başka bir ifade ile amaç, parametre tahminlerinin analizini yapmak değil, değişkenlerin arasındaki oluşan etkiyi belirlemektir (Enders 2010). Bu durumun en önemli dayanağı VAR modeli dahilinde bulunan değişkenlerin durağan olması şartı gösterilmektedir. Modelde bulunan değişkenlerin durağan olmaması durumunda, söz konusu değişkenlerin farkları alınarak veriler arasındaki birlikte değişim bilgisi yok olmaktadır.

VAR modelinin yapısal modellere kıyasla farklılıkları bulunmakta olup, bunlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- i. Değişkenlere ilişkin içsel ve dışsal ayrımı yapılmamakla birlikte, değişkenlerin tümü içsel değişken olarak kabul edilmektedir.
- ii. Sıfır kısıtlamaları bulunmamaktadır.
- iii. Model oluşturulmasının temelinde güçlü bir ekonomik teori bulunmamaktadır.

VAR modeli, k adet zaman serisinin gecikmeli değerlerinin açıklayıcı değişkenleri oluşturduğu k tane zaman serisi regresyonlarının bir kümesidir. İki adet zaman serisinin birleşimi ile oluşturulan model aşağıdaki şekilde yazılabilir:

$$Y_t = \beta_{10} + \beta_{11}Y_{t-1} + \dots + \beta_{1p}Y_{t-p} + \gamma_{11}X_{t-1} + \dots + \gamma_{1p}X_{t-p} + \varepsilon_{1t} \quad (3.33)$$

$$X_t = \beta_{20} + \beta_{21}Y_{t-1} + \dots + \beta_{2p}Y_{t-p} + \gamma_{21}X_{t-1} + \dots + \gamma_{2p}X_{t-p} + \varepsilon_{2t} \quad (3.34)$$

Eşitlik 3.33 ve eşitlik 3.34’de yer alan (β) ve (γ) ’lar bilinmeyen parametreler ve (ε) ’lar ise hata terimleridir.

İki değişkene sahip ve gecikme uzunluğu olan bir VAR modelinin matematiksel olarak ifadesi aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$y_t = b_{10} - b_{12}z_t + \gamma_{11}y_{t-1} + \gamma_{12}z_{t-1} + \varepsilon_{yt} \quad (3.35)$$

$$z_t = b_{20} - b_{21}y_t + \gamma_{21}y_{t-1} + \gamma_{22}z_{t-1} + \varepsilon_{zt} \quad (3.36)$$

VAR modelinde değişkenler arasında geri besleme ilişkisi vardır ve iki değişken eşzamanlı olarak birbirini etkilemektedir. VAR modelini matris gösterimi kullanarak aşağıdaki gibi ifade etmek mümkündür:

$$Bx_t = \Gamma_0 + \Gamma_1 x_{t-1} + \varepsilon_t \quad (3.37)$$

Burada;

$$B = \begin{bmatrix} 1 & b_{12} \\ b_{21} & 1 \end{bmatrix} \quad x_t = \begin{bmatrix} y_t \\ z_t \end{bmatrix} \quad \Gamma_0 = \begin{bmatrix} b_{10} \\ b_{20} \end{bmatrix} \quad \Gamma_1 = \begin{bmatrix} \gamma_{11} & \gamma_{12} \\ \gamma_{21} & \gamma_{22} \end{bmatrix} \quad \varepsilon_t = \begin{bmatrix} \varepsilon_{yt} \\ \varepsilon_{zt} \end{bmatrix}$$

VAR modelini standart formda ifade edebilmek için (3.37) eşitliği soldan B^{-1} ile çarpılırsa,

$$x_t = A_0 + A_1 x_{t-1} + e_t \quad (3.38)$$

elde edilir. Bu eşitlikte

$$A_0 = B^{-1}\Gamma_0 \quad A_1 = B^{-1}\Gamma_1 \quad e_t = B^{-1}\varepsilon_t \quad (3.39)$$

şeklindedir. 3.39 nolu denklem açık formda aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$\begin{aligned} y_t &= a_{10} + a_{11}y_{t-1} + a_{12}z_{t-1} + e_{1t} \\ z_t &= a_{20} + a_{21}y_{t-1} + a_{22}z_{t-1} + e_{2t} \end{aligned} \quad (3.40)$$

VAR modelinde gecikme sayısı Akaike veya Schwarz kriterlerine göre belirlenir. Değişkenler arasındaki dinamik ilişkiler “Varyans Ayrıştırması” ve “Etki-Tepki Fonksiyonları” ile incelenmektedir (Yurdakul 1999).

3.2.3.1 Varyans ayrıştırması analizi

Varyans ayrıştırması, bir değişkeni etkileyen değişkenler arasında hangilerinin daha etkili olduğunu gösteren bir analizdir. Öngörü dönemi, birinci dönemden başlayarak n'inci döneme kadar alınarak hesaplanan y_t değişkeni öngörü hata varyans ayrıştırması değerleri, Z_t değişkeninin öngörü hata varyansına kendi ve diğer değişken z_t 'nin şoklarının etkisini gelecek dönemler itibariyle belirlenen bir yöntemdir.

Bir y_t serisindeki n'inci adım sonra oluşan öngörü hatası;

$$\begin{aligned} y_{t+n} - E(y_{t+n}) &= \phi_{11}(0)\varepsilon_{yt+n} + \phi_{11}(1)\varepsilon_{yt+n-1} + \dots + \phi_{11}(n-1)\varepsilon_{yt+1} \\ &= \phi_{12}(0)\varepsilon_{zt+n} + \phi_{12}(1)\varepsilon_{zt+n-1} + \dots + \phi_{12}(n-1)\varepsilon_{zt+1} \end{aligned} \quad (3.41)$$

olarak yazılabilir. y_{t+n} 'in n'inci dönem sonraki öngörü hata varyansı $\sigma_y^2(n)^2$;

$$\sigma_y^2(n)^2 = \sigma_y^2[\phi_{11}(0)^2 + \phi_{11}(1)^2 + \dots + \phi_{11}(n-1)^2] + \sigma_z^2[\phi_{12}(0)^2 + \phi_{12}(1)^2 + \dots + \phi_{12}(n-1)^2] \quad (3.42)$$

şeklinde ifade edilir. $\phi_{jk}(i)^2$ 'nin bütün değerleri pozitif olduğundan, n arttıkça hata varyansı da artmaktadır. n'inci adım sonraki öngörü hata varyansını şokların her birine göre ayrıştırmak mümkün olup, bu amaçla aşağıdaki eşitlikler yazılabilir:

$$\frac{\sigma_y^2[\phi_{11}(0)^2 + \phi_{11}(1)^2 + \dots + \phi_{11}(n-1)^2]}{\sigma_y^2(n)^2} \quad (3.43)$$

ve

$$\frac{\sigma_z^2[\phi_{12}(0)^2 + \phi_{12}(1)^2 + \dots + \phi_{12}(n-1)^2]}{\sigma_y^2(n)^2} \quad (3.44)$$

şeklinde hesaplanabilir. Bununla birlikte, ε_{zt} , öngörü dönemleri için Y_t 'nin öngörü hata varyansının hiç birini açıklamaması durumunda, Y_t değişkeninin dışsal olduğu ifade edilir (Enders 2010).

3.2.3.2 Granger nedensellik analizi

İki değişken incelendiğinde zamana bağlı olarak gecikmeli bir ilişki söz konusu ise, bu ilişkinin nedensellik yönünü istatistiksel olarak belirlemek amacıyla kullanılan sınamalardan biri Granger nedensellik testidir. Nedensellik üzerine farklı tanımlar yapılmış olsa da, neden ve sonuç ilişkisine dayalı bir kavram olduğu ve aralarında bir ilişkinin kurulduğu görüşünde birleşmiştir. Ancak böyle bir ilişki bulunsa dahi bunun nedensellik anlamı taşıyıp taşıyamaması tartışmalı olabilir. Regresyon analizi, bir değişkenin başka değişkenlere olan ilişkisini gösterse de, bunun nedensellik anlamı ne olursa olsun, nedensel bir ilişki olarak algılanamaz. İstatistiksel olarak anlamlı bir ilişki, değişkenlerin birlikte değerlendirilmesi sonucu oluşan bir kavramdır. Nedensellik ise teorik bir açıklamaya dayanmaktadır (Yetiz 2008). Nedensellik ilişkisi, bir değişkenin gecikmeli değerleri incelendiğinde, bu değerlerin başka bir değişkeni açıklamada kullanılıp kullanılamayacağını test eder. Örnek olarak x değişkenine ilişkin gecikmeli değerlerin, y değişkeni için anlamlı bir etkisi varsa; “x, y’nin Granger nedenidir” biçiminde ifade edilir (Yıldırım Bayraktar 2009).

Öncelikli olarak serilerin durağanlığı incelenir ve değişkenler düzeyde durağan ise kurulan VAR modelinin gecikme sayısı Akaike veya Schwarz kriterleri ile belirlenir. Model En Küçük Kareler Yöntemi ile tahmin işlemi yapılır. Eğer değişkenler birinci sıra fark durağan (I(1)) ise, eşbütünleşme ilişkisine bakılır. Eşbütünleşme ilişkisi mevcutsa, Hata Düzeltme Modeli (Error Correction Mechanism) kurulur ve modelin gecikme sayısı belirlenir. Granger nedensellik testi için kullanılan VAR modeli aşağıdaki gibidir:

$$X_t = \alpha_x + \sum_{i=1}^k \beta_{xi} X_{t-i} + \sum_{i=1}^k \gamma_{xi} Y_{t-i} + \varepsilon_{xt} \quad (3.45)$$

$$Y_t = \alpha_y + \sum_{i=1}^k \beta_{yi} Y_{t-i} + \sum_{i=1}^k \gamma_{xi} X_{t-i} + \epsilon_{yt} \quad (3.46)$$

Granger nedenselliğe ilişkin kurulan model yapısal bir ekonometrik model olarak değerlendirilemez. Bu model, bir öngörünün yapılması için değil, değişkenler arasında nedenselliğin var olup olmadığının tespitinde kullanılır. Granger nedensellik analizinde X değişkeninden Y değişkenine ya da Y değişkeninden X değişkenine tek yönlü bir nedensellik bulunabileceği gibi, X değişkeni ile Y değişkeni arasında karşılıklı bir ilişki de olabilir. Ayrıca X değişkeni ve Y değişkeninin birbirini etkilememesi gibi bir durum da ortaya çıkabilir. Söz konusu durumlar, boş hipotez ve gecikme yapısı rastgele modelde olan parametrelerin sıfırdan farklı olma durumuna göre değişmektedir. Kısıtlı ve kısıtsız modellerin seçiminde F testi kullanılmakta olup, bu amaçla aşağıdaki eşitlik kullanılmaktadır:

$$F_h = \frac{(SSR_R - SSR_{UR})/q}{(SSR_{UR})/(T-k)} \approx F_{(q, T-k)} \quad (3.47)$$

Burada; q, kısıt sayısı, k, tahmin edilen parametre sayısı ve T, örneklem sayısıdır. SSR_R, kısıtlı modelden elde edilen hata terimi SSR_{UR}, kısıtsız modelde elde edilen hata terimidir. Eğer $F_h > F_{\text{tablo}}$ ise H₀ hipotezi reddedilir. Diğer bir ifade ile X_t, Y_t'nin Granger nedeni olmaktadır.

4. TÜREV FİNANSAL ARAÇLAR, GAYRİMENKUL TÜREVLERİ VE GAYRİMENKUL TÜREV MODELLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

4.1 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 (Saltoğlu 2018, Karatepe 2000).

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 hububat 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:

4.1.1 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.
- Aşağıdakiler dahil tüm ayrıntılar başlangıçta belirtilir:
 - Taraflar
 - Dayanak varlık
 - Vadeli fiyat
 - Son kullanma tarihi

Yalçiner 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 tespit edilir:

$$F = S_0 \cdot e^{r_0(T-t_0)} \quad (4.1)$$

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:

$$f_t = S_t - F \cdot e^{-r_t(T-t)} \quad (4.2)$$

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,

S_t : Dayanak varlığın değerlendirme tarihindeki fiyatı,

r_t : Değerleme tarihindeki sürekli bileşik risksiz faiz oranını gösterir.

Forward değerine ilişkin denkleme göre; değerlendirme tarihinde dayanak varlığın fiyatı, forward fiyatı, değerlendirme 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 (Yalçiner vd. 2014).

4.1.2 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 (Yalçiner 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 pozisyonundadır ve sayılarının birbirine eşit olması gerekmektedir (Anonim 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 sözleşmelerin özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Organize bir borsada işlem görmesi ve Dolar, 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 $\pm$ % 10 uygulaması)

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 (Yalçın vd. 2014). Eğer yatırımın değeri sürdürme değeriinden 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 tüzelkişı olan bağımsız kuruluşlardır. Söz konusu yatırımcılar birbirleri ile değil, takas odası ile anlaşıır 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).

4.1.3 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 ve McDougall 2019). Yalçın 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, veya 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 (Çizelge 4.1) (Chambers 2012).

Çizelge 4.1 Opsiyon Sözleşmesinin Türleri ve Tarafları

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

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 ve Scholes (1973) opsiyon fiyatlamasına ilişkin bir model geliştirmişler. 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 ve 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:

$$c = S N(d_1) - Ke^{-rT} N(d_2) \quad (4.3)$$

Söz konusu formülde;

$$d_1 = \frac{\ln(S/K) + [r + \sigma^2/2] T}{\sigma \sqrt{T}} \quad (4.4)$$

$$d_2 = d_1 - \sigma \sqrt{T} \quad (4.5)$$

Eşitlik 4.1’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 volatilité) 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:

$$p_t = c_t - S_t + Ke^{-rT} \quad (4.6)$$

Eşitlik 4.3’de yer alan c değeri, Eşitlik 4.6’da yerine konulduğunda;

$$p_t = S_t N(d_1) - Ke^{-rT} N(d_2) - S_t + Ke^{-rT}$$
$$p_t = S_t [N(d_1) - 1] + Ke^{-rT} [1 - N(d_2)] \quad (4.7)$$

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, volatilité gibi) incelenmesinin amaçlarından biri söz konusu değişkenlerde yaşanan bir değişikliğin opsiyona yansımaları 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, diğér 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):

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

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

Satın alma (call) opsiyonunun deltası;

$$\frac{\partial c}{\partial s} = N(d_1) \quad (4.8)$$

Satma (put) opsiyonunun deltası;

$$\frac{\partial p}{\partial s} = N(-d_2) \quad (4.9)$$

ile ifade edilmektedir.

Yukarıdaki formüllerde; ∂s ; dayanak varlığın spot fiyatındaki bir birimlik değişimi, ∂c ; call opsiyonun ve ∂p 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 olabilmektedir, dolayısıyla dayanak varlığın büyük sıçramalar yapması durumunda yanıltıcı olabilir (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 türevidir ve deltanın deltası olarak adlandırılabilir (Hacker ve 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):

$$\Gamma = \frac{\partial^2 p}{\partial S^2} = \frac{N'(d_1)}{S_0 \sigma \sqrt{T}} \quad (4.10)$$

Vega (v)

Vega, opsiyon priminin volatiliteye göre birinci türevi olup, volatilitedeki artış veya azalışların opsiyonun fiyatındaki etkisini ölçen gösterge olarak tanımlanabilir (Akçay vd. 2012). Yalçın 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:

$$V = \frac{\partial c}{\partial \sigma} \quad (4.11)$$

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:

$$\theta = \frac{\partial c}{\partial t} \quad (4.12)$$

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 (Yalçiner 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:

$$\rho = \frac{\partial c}{\partial r} \quad (4.13)$$

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 (Yalçiner 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 (Yalçiner vd. 2014). Bu işlem aşağıdaki eşitlik ile ifade edilmektedir:

$$\lambda = \frac{P}{c} \quad (4.14)$$

4.1.4 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 (Yalçiner 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.

4.2 Riskin değeri (Value at Risk)

Riskin değeri (riske maruz değer), genel anlamda finansal bir yatırım sonucu karşılaşılabilen maksimum zararı ölçen bir yöntemdir. Riskin değeri, bir risk ölçüsü olmakla birlikte standartların belirlenmesinde finansal istikrarın artırılması amacıyla ortaya çıkarılmıştır (Kavrar ve Yılmaz 2019). Riske maruz değer, varyans-kovaryans yöntemi, tarihi simülasyon yöntemi ve Monte Carlo simülasyonu yöntemi ile hesaplanabilir. Varyans-kovaryans yönteminde, risk faktörlerinin normal dağılıma sahip olduğu varsayılmakla birlikte ilk olarak önceki verilerden yararlanılarak oynaklık ve korelasyon belirlenir. Riskin değeri, güven düzeyine karşılık gelen (α) değeri ve standart sapmanın (σ) portföyün piyasa değeri (M) ile çarpılması sonucu bulunur. Tarihi simülasyon yönteminde geçmiş verilere göre senaryolar oluşturulmakla birlikte, risk faktörlerinde oluşabilecek değişimler değerlendirilmektedir. Başka bir ifadeyle, portföyün

oluşması olası kar ve zararlarının dağılımı, risk faktörlerinin önceki dönemlerde gerçekleşmiş olan değişimlerinin mevcut portföye uygulanması ile birlikte hesaplanmaktadır. Ardından güven düzeyine bağlı olarak riske maruz değer saptanmaktadır. Monte Carlo simülasyonu yönteminde ise, piyasada mevcut olan etkenleri de yaşanabilecek olası değişimler için bir istatistiki dağılım seçilerek, rassal fiyat ve oranlar üretilmekle birlikte, söz konusu değerler mevcut portföye ilişkin varsayımsal kar ve zararların dağılımını elde etmek için kullanılmaktadır. Riske maruz değer, belirlenen bu dağılıma göre tespit edilmektedir (Türker 2009).

4.3 Menkul kıymetleştirme

İleri bir zamanda nakit girişi sağlayacak alacaklar, bireysel krediler ve benzeri borçlanma araçlarının bir araya getirilmesiyle birlikte bir havuzda toplanması ve bu havuzdaki varlıklara dayalı olarak menkul kıymetlerin ortaya çıkarılması ve kredi değerliliğinin artırılıp derecelendirilerek üçüncü taraf yatırımcılara satılması işlemi kısaca menkulleştirme olarak bilinir. Likit olmayan varlıklar, menkulleştirme ile birlikte üçüncü taraf yatırımcılar için likit ve pazarlanabilir bir hale dönüşmektedir. Menkul kıymetleştirme yolu ile oluşturulan yeni araçlar, Varlığa Dayalı Menkul Kıymetler (VDMK) olarak adlandırılmaktadır. Menkul kıymetleştirme, konu varlıkların ipoteğe ve varlığa dayalı menkul kıymetleştirme olarak ikiye ayrılmaktadır. Menkulleştirilen varlıklar içinde; faizli ipotekler, krediler (otomobil, ticari gayrimenkul, küçük işletme kredileri gibi), kredi kartı alacakları, franchising ödemeleri gibi finansal varlıklar yer almaktadır. Menkul kıymetleştirme işleminde genel olarak iki temel yapı kullanılmaktadır. Bunlardan biri ödeme aktarmalı ve diğeri ise nakit aktarmalı menkulleştirme yapısıdır. Ödeme aktarmalı menkulleştirmede bir birine benzeyen alacaklardan oluşturulan bir portföy üzerinde mülkiyet hakkı yatırımcılara satılmaktadır. Nakit aktarmalı yapıda ise alacakların tahsili ile sağlanan nakit yatırımcılara aktarılmaktadır. Başarılı bir menkul kıymetleştirme işlemi için; standart sözleşmeler, risk derecelendirmesi, bir veri tabanının bulunması, mevcut kanunların standardizasyonu, hesaplanmış bir analiz süreci, kaliteli kredi zenginleştirme ve varlıklardan gelen nakit akımlarının zamanında sahiplerine aktarılması önem arz etmektedir. Türkiye’de halen tüketici kredileri, konut kredileri, finansal kiralama sözleşmelerinden kaynaklanan

alacaklar, ihracat işlemine konu alacaklar ve GYO'ların portföyündeki gayrimenkullerin satış vaadi sözleşmesinden kaynaklanan senetli alacaklar VDMK ihracına konu olmaktadır. VDMK, iskonto esasına göre veya dönemsel ve değişken faiz ödemeli olarak ihraç edilmektedir. Uygulamada iskonto esasına göre hesaplanmakta ve aşağıdaki formül ile VDMK satış fiyatı belirlenmektedir (Başoğlu vd. 2009).

$$Satış Fiyatı = \frac{Nominal Değer}{1 + \left(\frac{Faiz Oranı}{365}\right) \times V \times G}$$

Burada; V: vergi oranı (1-stopaj oranı) ve G; ise vadeye kadar kalan gün sayısını ifade etmektedir.

4.4 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 spekülörler için ise bir yatırım aracı olarak görülmektedir. Bir finansal türev aracın temelinde bir tek varlık, sepet varlık, bir piyasa endeksi ve hatta sadece gözlemlenebilir, ancak piyasada işlem görmeyen bir değişken de yer alabilir. Gayrimenkul türevlerinde ise, dayanak genellikle bireysel bir varlık değil, geniş tabanlı bir gayrimenkul endeksi olmaktadır (Tunaru 2017).

Tunaru (2017) tarafından gayrimenkul türevleri ile ilgili önerilen modelleri; denge modelleri, arbitraj içermeyen modeller ve ekonometri ve matematik temelli modeller olmak üzere üç ana grupta toplanmaktadır. Bu bölümde, söz konusu modellerden denge modelleri için Geltner-Fisher Modeli ve Cao-Wei Modeli, arbitraj içermeyen modeller için Syz Modeli ve Bjork-Clapham Modeli ile ekonometri ve matematik temelli modellerden Shiller-Weiss lognormal model, BFSP Model ve Fabozzi-Shiller-Tunaru modelleri ele alınmıştır:

4.4.1 Denge modelleri

Denge modellerinde Geltner-Fisher ve Cao-Wei modelleri incelenmiştir. Geltner ve Fisher (2007), tarafından yapılan çalışmada gayrimenkul piyasasında ortaya çıkarılan endekslere dayalı türev araçların denge fiyatlandırması için ilkeler, formüller ve türev araçlarda meydana gelen fiyat değişikliğinin etkilerini de dikkate alan bir yöntem ortaya konulmuştur. Cao ve Wei (2010) ise ortaya koydukları modelde, endeks türevlerine ilişkin değerlendirme çerçevesinde bir denge modeli önerisi yapmışlardır.

i. Geltner-Fisher Modeli

Değerlemeye dayalı bir gayrimenkul endeksine bağlı olan gayrimenkul swaplarının fiyatlandırılması için bir denge modeli geliştiren Geltner ve Fisher (2007), söz konusu çalışmada denge durumunda bir gayrimenkul portföyünden beklenen getiri $E(RP_s|\mathcal{E})$ ile risksiz LIBOR (London Interbank Offered Rate) oranı arasında bir fark olduğunu ve ikisi arasındaki farkın, gayrimenkul portföyü için risk primi olan RP_p kadar olduğunu belirtmişlerdir. Bu işlem aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$E(RP_p|\mathcal{E}) = LIBOR + RP_p \quad (4.15)$$

Gayrimenkul portföyü, gayrimenkul endeksi X_t tarafından mükemmel izlendiğinde, uzun vadede endeksten beklenen getiri $E(RP_x)$:

$$E(RP_x) = LIBOR + RP_p \quad (4.16)$$

Burada; RP_x : Endeks için piyasa denge risk primi (risk premium), RP_p : Gayrimenkul piyasası yatırımcılarının ortalama kaldıraçsız gayrimenkul yatırımı için beklediği gayrimenkul portföyünün denge risk primini gösterir.

Gecikme ve düzeltme etkileri nedeniyle, gayrimenkul endeksinin gayrimenkul portföyünün gerçek piyasa değerinden daha düşük olması muhtemeldir. Bu durum,

gayrimenkul endeksi RP_x 'teki denge toplam getiri risk priminin, portföyün risk primi olan RP_p 'ye karşılık geleninden daha düşük olacağı anlamına gelir. Bu durumda aşağıdaki eşitlik uygulanabilir:

$$E(RP_x|\mathcal{E}) = LIBOR + RP_x < LIBOR + RP_p = E(RP_x) \quad (4.17)$$

Gecikme etkisi (L), ekonominin mevcut durumunda endekste beklenen getiri ile denge durumunda endekste beklenen getiri arasındaki fark olarak ölçülebilir:

$$L = E(RP_x) - E(RP_x|\mathcal{E}) \quad (4.18)$$

Yukarıdaki formüller kullanılarak ve Geltner ve Fisher (2007) tarafından tanımlanan momentum etkisi (m) eklenerek gecikme etkisi formülüne ulaşılır:

$$L = RP_p - RP_x + m \quad (4.19)$$

Uzun pozisyon alan taraf, aşağıdaki gibi bir koşul ile karşılaşabilir:

$$s \leq LIBOR + L + B^{uzun} \quad (4.20)$$

Formülde; s : swap sözleşmesinde ödenen faiz oranı, B^{uzun} : olası anormal bir dönüşle ilgili uzun pozisyon alan tarafın beklentilerini açıklar. Eğer gecikme etkisi, B^{uzun} 'a, o da sıfıra eşit olduğu takdirde ($L = B^{uzun} = 0$), s $LIBOR$ 'a eşit olacaktır ($s=LIBOR$). Aynı şekilde kısa pozisyon alan taraf aşağıdaki bir koşul ile karşılaşabilir:

$$s \geq LIBOR + L - \alpha + B^{kısa} \quad (4.21)$$

Eşitlikte s : yine swap sözleşmesinde ödenen faiz oranı olmak üzere, α : kısa pozisyon alan tarafın anormal getiri beklentisi ve $B^{kısa}$: ise getiri endeksindeki anormal negatif büyüme beklentisidir. Alfa beklentisi bulunmayan bir yatırımcı için anormal büyüme beklentisinde herhangi bir farklılık yoksa kısa taraf için faiz oranı; risksiz getiri oranı artı

gecikme veya düzeltme etkisiyle verilebilir. Hem uzun pozisyon alan hem de kısa pozisyon alan taraflara ilişkin koşullar birleştirildiğinde aşağıdaki sonuca ulaşılır:

$$LIBOR + L - \alpha + B^{kisa} \leq s \leq LIBOR + L + B^{uzun} \quad (4.22)$$

ii. Cao-Wei Modeli

Cao ve Wei (2010), çalışmalarında spesifik olarak finansal ve mal piyasalarına ek olarak bir konut piyasası tanımlayarak Lucas'ın (1978) ayrık modelini genişletmişlerdir. Modeli, sabit-görelî-riskten kaçınma tercihi, ortalamaya dönen bir toplam temettü süreci ve konut endeksi için geometrik bir Brownian hareketi varsayarak özelleştirmişlerdir. Bu çerçevede, bir konut endeksi türevinin değerinin yalnızca temeldeki konut endeksini, içselleştirilmiş faiz oranını ve bunların korelasyonunu karakterize eden parametrelere bağlı olduğunu göstermişlerdir. Ayrıca konut endekslerinin ticarete konu olmamasından kaynaklanan risk primlerini incelenmişler ve bu amaçla bir konut endeksi türevinin risk primini, türevin denge değeri ile risk nötral değeri arasındaki yüzde farkı olarak tanımlamışlardır.

Genelleştirilen model, bazı varsayımlar altında gerçekleştirilmiştir. Başlangıçta bir ekonomik birim (modelde bulunan ve tercih yapabilen bireyler ve gruplar) piyasa portföyünün bir kısmına ve bir konuta sahiptir. Bireyin, T zamanına kadar bir çalışma hayatı ve $\bar{T}$ 'ye kadar emeklilik sonrası ömrü olduğu, birim zamanda sabit bir y maaşının bulunduğu ve T zamanında emekli olana kadar konutun satılmayacağı varsayılmıştır. Bireyin amacının, emeklilik öncesi tüketim ve emeklilik sonrası servetinden beklenen faydasının bugünkü değerini maksimize etmek olduğu belirtilmiştir.

Toplam temettü δ_t ve konutun değeri H_t 'nin belirli bir olasılık uzayında (Ω, F, P) dışsal Markov süreci (belirlenmiş bir zamanda bir durumdan başka bir duruma geçiş olasılıklarının göz önüne alındığı ve sadece bir önceki duruma bağlı olan bir olasılık süreci (Rüzgar 2003)) olduğu varsayımı altında; t zamanındaki finansal varlık fiyatlarını

X_t vektörü ve karşılık gelen temettü vektörü ise q_t ile gösterildiğinde, t zamanına kadar olan kümülatif temettüler aşağıdaki şekilde tanımlanmaktadır:

$$D_t \equiv \int_0^t q_\tau d\tau \quad (4.23)$$

Birey, tüketim harcamalarını, maaşından ve sürekli bir ticaret stratejisi ile finanse eder. Piyasa portföyünde tutulan hisse sayısı θ_t^S , iskonto bonusu θ_t^B ve diğer koşullu talepler $\theta_t^{x'}$ olmak üzere ticaret stratejisi $\theta_t = \theta_t^S, \theta_t^B, \theta_t^{x'}$ şeklinde ifade edilir.

Modeldeki bütün varsayımlar altında optimizasyon problemi aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:

$$\max_{(c_t, \theta_t)} E \left[\int_0^T e^{-\Phi t} U(c_t) dt + e^{-\Phi T} U(W_T) \right] \quad (4.24)$$

Kısıtlar;

$$H_t + \theta_t X_t + \int_0^t (c_u - y_u) du = \theta_0 X_0 + H_0 + \int_0^t \theta_\tau dD_\tau + \int_0^t \theta_\tau dX_\tau \quad (4.25)$$

$$W_T \equiv H_T + \theta_T X_T \quad (4.26)$$

Burada Φ , zaman tercihinin bir oranını göstermektedir.

Çalışmada, söz konusu problemin çözümü Eüler denklemi ile gösterilmiştir:

$$X_t = \frac{e^{-\Phi(T-t)}}{U_c(c_t)} E \left(\int_t^T U_c(c_\tau) dD_\tau \right); \quad \forall t \in (0, T) \quad (4.27)$$

Bir ekonomide, H_T konut değerine bağlı, $T \geq t$ vadesinde, teslimat fiyatı K bir forward sözleşmesinin değeri Euler denklemi ile f_t olarak verilebilir:

$$f_t(H_t, K, T) = e^{-\Phi(T-t)} E_t \left(\frac{U_c(\delta_T)}{U_c(\delta_t)} (H_T - K) \right) \quad (4.28)$$

$f_t(H_t, K, T) = 0$ olacak şekilde forward sözleşmesinin t zamanındaki fiyatı $F_t(H_t, T)$, aşağıdaki şekilde belirlenmektedir:

$$F_t(H_t, T) = \frac{E[U_c(\delta_T)H_T]}{E[U_c(\delta_T)]} \quad (4.29)$$

Aynı şekilde kullanım fiyatı K ve vadesi t ($t < T$) olan $c_t(H_t, K, T)$ alış (call) ve $p_t(H_t, K, T)$ satış (put) opsiyonları için düzenlenirse, aşağıdaki modellere ulaşılmaktadır:

$$c_t(H_t, K, T) = e^{-\Phi(T-t)} E_t \left(\frac{U_c(\delta_T)}{U_c(\delta_t)} \max(H_T - K, 0) \right) \quad (4.30)$$

$$p_t(H_t, K, T) = e^{-\Phi(T-t)} E_t \left(\frac{U_c(\delta_T)}{U_c(\delta_t)} \max(K - H_T, 0) \right) \quad (4.31)$$

Black-Scholes formülüne göre uyarlanması durumunda ise aşağıdaki eşitlikler elde edilmektedir:

$$C_{BS}(S_t, \tau, K; r, q, \sigma) = S_t e^{-q\tau} N(d_1) - K e^{-r\tau} N(d_2) \quad (4.32)$$

$$P_{BS}(S_t, \tau, K; r, q, \sigma) = K e^{-r\tau} N(-d_2) - S_t e^{-q\tau} N(-d_1) \quad (4.33)$$

Burada;

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S_t}{K}\right) + (r - q + \frac{\sigma^2}{2})\tau}{\sigma\sqrt{\tau}} \quad (4.34)$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{\tau} \quad (4.35)$$

eşitlikleri uygulanabilmektedir.

4.4.2 Arbitrajsız modeller

Arbitraj, farklı pazarlardaki fiyat farklılıklarından kar elde etme beklentisiyle bir malın, menkul kıymetin veya paranın bir pazarda aynı anda alınıp başka bir pazarda satılması anlamına gelmektedir (Evans ve Evans 2007). Söz konusu varlıkların hem alışı, hem de satış fiyatları biliniyorsa, ortaya çıkan kâr risksizdir (Black vd. 2009).

Arbitraj içermeyen değerlendirme ilkesi, finansal piyasalar için esas olup, gayrimenkul piyasalarının bu anlamda diğer piyasalara göre tamamlanmamış olduğu vurgulanmalıdır (Tunaru 2017). Bu bölümde, arbitraj içermeyen modellerden Syz'ın Modeli ile Bjork-Clapham Modeli aşağıda incelenmiştir.

i. Syz'ın Modeli

Syz (2008) önerdiği modelde, gayrimenkul forward sözleşmelerinin bazı önemli özelliklerini kabul etmiştir. Bir gayrimenkul forward sözleşmesinin değerinin, dayanak endeks seviyesinin veya risksiz faiz oranının basit bir fonksiyonu olamayacağını belirterek bir gayrimenkul yayılımı (p) tanımlamış ve öyle ki p (pT), T vadesine bağlı olduğunu belirtmiştir. T vade için S_t endeksinde t zamanında forward değeri aşağıdaki gibi ifade edilmektedir:

$$F_t(T) = S_t e^{(r+p)(T-t)} \quad (4.36)$$

Burada; r , $(t, T]$ dönemi için sabit risksiz faiz oranı, p ise gayrimenkul yayılımını temsil etmektedir. Ayrıca modelde yer alan t , en son endeks güncellemesinin tarihi ve T ise vade tarihinden önceki veya sonraki son güncelleme tarihinin göstermektedir.

Syz (2008), opsiyon sözleşmelerinin fiyatlarının türetilmesi için Black-Scholes modeline dayalı bir formül geliştirmiştir. Ayrıca forward sözleşmelerinin belirtilen özellikleri dikkate alınarak, gayrimenkul endeksi S 'nin üzerindeki forward fiyatı F olmak üzere aşağıdaki eşitliği ortaya koymuştur:

$$\frac{dF}{F} = \sigma dW \quad (4.37)$$

Burada; σ : forward sözleşmesinin oynaklığı ve W : standart bir Brownian hareketidir. Black'in modeline göre, bir Avrupa alım opsiyonunun fiyatı aşağıdaki şekilde bulunmaktadır:

$$C(F_t, t) = e^{-r(T-t)} [F_t \Phi(d_1) - K \Phi(d_2)] \quad (4.38)$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{F_t}{K}\right) + \left(\frac{\sigma^2}{2}\right)(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}} \quad (4.39)$$

ve

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T-t} \quad (4.40)$$

T vade için S_t endeksinde t zamanında forward değeri ile Black'in modeline göre, bir forward sözleşmesindeki bir Avrupa alım opsiyonunun fiyat formülleri kullanılarak bir opsiyon sözleşmesinin fiyatı (F_t) aşağıdaki gibi ortaya çıkacaktır. T vade için S_t endeksinde t zamanında forward değeri, opsiyon formülünde yerine konulursa;

$$C(S_t, t) = S_t e^{p(T-t)} \Phi(d_1) - K e^{-r(T-t)} \Phi(d_2) \quad (4.41)$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{F_t}{K}\right) + \left(\frac{\sigma^2}{2}\right)(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}} \quad (4.42)$$

ve

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T-t} \quad (4.43)$$

elde edilir. K : opsiyon sahibinin satın alma veya satma hakkına sahip olduğu hisse başına fiyatı ve σ^2 : ise varyans ya da volatilitiyi göstermektedir.

Gözlemlenen gayrimenkul yayılımı, yatırımcıların arbitraj bandı içinde piyasa beklentisine dayalı olarak ödemeye istekli olduğunu yansıtan değişkendir. Bu anlamda, gayrimenkul yayılımı, ticarete konu olmayan bir varlığın ticarete konu olması için gereken değeri yansıtır. Piyasa katılımcılarının beklentilerinin türev fiyatlarını ve dolayısıyla gayrimenkul yayılımını yönlendirmektedir. Piyasa katılımcılarının çoğunluğu gayrimenkullerde uzun bir pozisyon aradığı sürece, yayılma tipik olarak pozitifdir. Birçok fiziksel gayrimenkul sahibinin türevler yoluyla kısa pozisyon alarak korunmak istemesi durumunda, gayrimenkul yayılımı negatif olabilir.

ii. Bjork-Clapham Modeli

Bjork ve Clapham (2002), ticari gayrimenkul endeksine bağlı swapların (CREILS, commercial real estate index linked swaps) fiyatlandırmasını araştırmışlardır. CREILS; arbitrajsız sürekli zaman modelleme çerçevesinde ele alınan ve swap değerinin teorik fiyatının sıfıra eşit olduğu modeldir. Bu sonucun endeks süreci, temettü süreci ve faiz oranı vade yapısı için seçilen spesifik bir modelden bağımsız olarak geçerli olduğu belirlenmiştir. t anında CREILS değeri Π aşağıdaki şekilde verilmiştir:

$$\Pi(t, CREILS) = \sum_{k=1}^n \Pi(t; X_k) \quad (4.44)$$

Formülde; X_k : t_k zamanında CREILS alıcısına yapılan net ödemeleri göstermektedir. Risk nötral değerlendirme formülü ile

$$\Pi(t; CREILS) = E^Q \left[e^{-\int_t^T r_s ds} X_k | F_t \right] \quad (4.45)$$

CREILS'in tanımından X_k aşağıdaki gibi verilir:

$$X_k = I_{t_k} - I_{t_{k-1}} + \int_{t_{k-1}}^{t_k} e^{\int_s^{t_k} r_u du} dD_s - \Delta L(t_{k-1}, t_k) I_{t_{k-1}} \quad (4.46)$$

Eşitlikteki birinci fark $I_{t_k} - I_{t_{k-1}}$ endeksin değer kazanmasını, integral terimi $(I_{t_k} - I_{t_{k-1}})$ aralığı sırasında endeks tarafından üretilen tüm temettülerin t_k zamanında toplam değerini temsil eder. Sözleşmeye göre bütün temettüler t_k zamanına kadar banka hesabına yatırılır ve bu nedenle $(s, s+ds)$ zaman aralığında üretilen temettü, t_k büyüdüğünde artacaktır. Son terim ise sözleşme gereği karşı tarafa yapılan ödeme olup, $I_{t_{k-1}}$ üzerinde çalışan spot LIBOR nakit çıkışını temsil eder. Bu amaçla aşağıdaki eşitlikler yazılabilir:

$$L_{(k-1, k)} I_{t_{k-1}} = \frac{1}{\Delta} \left[\frac{1}{p(t_{k-1}, t_k)} - 1 \right] \quad (4.47)$$

X_k formülünde yerine konulursa;

$$X_k = I_{t_k} - I_{t_{k-1}} + \int_{t_{k-1}}^{t_k} e^{\int_s^{t_k} r_u du} dD_s - \left[\frac{1}{p(t_{k-1}, t_k)} - 1 \right] I_{t_{k-1}} \quad (4.48)$$

$$X_k = I_{t_k} - \frac{I_{t_{k-1}}}{p(t_{k-1}, t_k)} + \int_{t_{k-1}}^{t_k} e^{\int_s^{t_k} r_u du} dD_s \quad (4.49)$$

elde edilir. Dolayısıyla;

$$S(t, X_k) = E^Q \left[e^{-\int_t^{t_k} r_s ds} I_{t_k} | F_t \right] - E^Q \left[e^{-\int_t^{t_k} r_s ds} \frac{I_{t_{k-1}}}{p(t_{k-1}, t_k)} | F_t \right] + E^Q \left[e^{-\int_t^{t_k} r_s ds} \int_{t_{k-1}}^{t_k} e^{\int_s^{t_k} r_u du} dD_s | F_t \right] \quad (4.50)$$

t_{k-1} zamanında $I_{t_{k-1}}$, $p(t_{k-1}, t_k)$, ve $e^{-\int_t^{t_k} r_s ds}$ değişkenleri bilindiğinden, tekrarlanan beklenti durumuna göre

$$E^Q \left[e^{-\int_t^{t_k} r_s ds} \frac{I_{t_{k-1}}}{p(t_{k-1}, t_k)} | F_t \right] = E^Q \left[E^Q \left[e^{-\int_t^{t_k} r_s ds} \frac{I_{t_{k-1}}}{p(t_{k-1}, t_k)} | F_{t_{k-1}} | F_t \right] \right] \quad (4.51)$$

$$E^Q \left[e^{-\int_t^{t_k} r_s ds} \frac{I_{t_{k-1}}}{p(t_{k-1}, t_k)} | F_{t_{k-1}} \right] = e^{-\int_t^{t_{k-1}} r_s ds} I_{t_{k-1}} \quad \text{ve} \quad (4.52)$$

$$E^Q \left[e^{-\int_t^{t_k} r_s ds} \int_{t_{k-1}}^{t_k} e^{\int_s^{t_k} r_u du} dD_s | F_t \right] = E^Q \left[\int_{t_{k-1}}^{t_k} e^{-\int_t^s r_u du} \right] \quad (4.53)$$

olduğu için aşağıdaki sonuca ulaşılmaktadır:

$$S(t, X_k) = E^Q \left[e^{-\int_t^{t_k} r_s ds} I_{t_k} | F_t \right] - E^Q \left[e^{-\int_t^{t_{k-1}} r_s ds} I_{t_{k-1}} | F_t \right] + E^Q \left[\int_{t_{k-1}}^{t_k} e^{-\int_t^s r_u du} dD_s | F_t \right] \quad (4.54)$$

$$S(t, X_k) = B_t E^Q \left[\frac{I_{t_k}}{B_{t_k}} - \frac{I_{t_{k-1}}}{B_{t_{k-1}}} + \int_{t_{k-1}}^{t_k} \frac{1}{B_s} dD_s | F_t \right] \quad (4.55)$$

$$S(t, X_k) = B_t E^Q [G_{t_k}^B - G_{t_{k-1}}^B | F_t] \quad (4.56)$$

$$S(t, X_k) = 0 \quad (4.57)$$

4.4.3 Ekonometri ve matematik temelli modeller

Gayrimenkul piyasa fiyatları; hisse senedi, döviz veya tahviller gibi diğer finansal varlık sınıflarından oldukça farklı kılan ampirik özellikler sergilemektedir. Dolayısıyla, gayrimenkul piyasalarının dinamiklerini modelleme çalışmalarında finansal mühendislik yöntemlerinden daha çok ekonometrik yöntemlere doğru bir yönelim olmuştur (Tunaru 2017). Bu bölümde Shiller-Weiss lognormal model, BFSP (van Bragt, Francke, Kramer, Pelsser) Model ve Fabozzi-Shiller-Tunaru modelleri incelenmiştir.

i. Shiller-Weiss Modeli

Shiller ve Weiss (1999) modeli gözlemlenen gayrimenkul log getirileri için $\Delta \ln(P_t)$ standart bir AR(1) sürecidir.

$$\Delta \ln(P_t) = c + \rho \Delta \ln(P_{t-1}) + \varepsilon_t \quad (4.58)$$

Yıllık log fiyatı değişiminin mutlak ortalaması $\frac{c}{1-\rho}$, olmakla birlikte, hareketli ortalamalar formuna göre tekrar yazılabilir:

$$\Delta \ln(P_t) - \frac{c}{1-\rho} = \varepsilon_t + \rho \varepsilon_{t-1} + \rho^2 \varepsilon_{t-2} + \dots \quad (4.59)$$

$\ln(P_t)$ 'nin varyansı eşitliğin sağ tarafında bulunan terimlerin varyansının toplamına eşit olduğundan;

$$E_t[\ln(P_{t+n})] - E_{t-1}[\ln(P_{t+n})] = \frac{1-\rho^n}{1-\rho} \varepsilon_t \quad (4.60)$$

eşitliği elde edilir. n'den bağımsız olarak, t zamanındaki yenilik (innovation) ε_t ile orantılıdır. Ancak n ne kadar büyükse orantı katsayısı da yüksektir. Bu nedenle, Shiller-Weiss modeli, uzun vadeli sözleşmelerle gayrimenkul riskinden korunma avantajına

işaret eder. Futures ve opsiyon sözleşmelerini fiyatlandırmak için aşağıdaki formül kullanılır. Bu işlemde log fiyat değişimlerinin Gauss dağılımından geldiği varsayılmıştır:

$$\Delta \ln(P_t) = c + \rho \Delta(\ln P_{t-1}) + \varepsilon_t \quad (4.61)$$

$$\text{var}(\Delta \ln(P_t)) = \frac{\rho^2}{(1-\rho^2)} \quad (4.62)$$

Bu durumda aşağıdaki eşitlikler ortaya çıkmaktadır:

$$E_t(\ln P_T - \ln P_t) = (T-t)c + (T-t-1)\rho c + \rho \frac{1-\rho^{T-t}}{1-\rho} \Delta \ln P_t \quad (4.63)$$

Burada; $\Delta \ln P_t = \ln P_t - \ln P_{t-1}$ ’dir.

$$\text{var}(\ln P_T - \ln P_t) = \frac{\sigma_\varepsilon^2}{1-\rho^2} \left[(T-t) - \rho^2 \frac{1-\rho^{2(T-t)}}{1-\rho^2} + 2 \sum_{1 \leq i \leq j \leq T-t} (\rho^{j-i} - \rho^{j+i}) \right] \quad (4.64)$$

Shiller-Weiss modeli, sadece Avrupa tipi bir opsiyon olmakla birlikte, genel durumları göz ardı etmeden modelde yer alan tüm miktarların sözleşmenin vadesi olan T’ye atıfta bulunduğu belirtilmelidir. Temelde bu durum, $R = H_T / H_t$ ’nin ortalama μ ve varyansı σ^2 ile lognormal olarak dağıldığı anlamına gelir. Opsiyon fiyatlaması için aşağıdaki eşitlikler kullanılmaktadır (Tunaru 2017):

Eğer U ve V iki rasgele değişken, $U = aV$ ile a sıfırdan farklı bir reel sayı ve f karşılık gelen değişkenin olasılık yoğunluk fonksiyonu olmak üzere;

$$f_u(u) = \frac{1}{a} f_v\left(\frac{u}{a}\right) \quad (4.65)$$

yazılabilir. Eğer $\ln(R) \sim N(\mu, \sigma^2)$ ve rasgele değişken R'nin kümülatif dağılım fonksiyonu ise;

$$F_R(x) = N\left(\frac{\ln(x) - \mu}{\sigma}\right) \quad (4.66)$$

olmak üzere;

$$\int_K^\infty u f_R(u) du = e^{\mu + \frac{\sigma^2}{2}} N\left[\frac{\mu - \ln(K)}{\sigma} + \sigma\right] \quad (4.67)$$

$$\int_0^K f_R(u) du = N\left(\frac{\ln(K) - \mu}{\sigma}\right) \quad (4.68)$$

eşitlikleri bilinmektedir. Ayrıca eğer P_t bir sabit ise; $P_T = P_t R$ ortalaması $\mu + \ln P_t$ ve varyansı σ^2 olan lognormal dağılımdır. T vade, t vadeye kalan süre olmak üzere $H_T = R H_t$ olduğuna göre;

$$\text{Put}(P, K, T, \mu, \sigma, r) = e^{-r(T-t)} E[\max(K - P_T, 0)] = e^{-rT} \int_0^K (K - P_T) f(P_T) dP_T \quad (4.69)$$

$$= e^{-r(T-t)} \left\{ \int_0^K f(P_T) dP_T - \int_0^K P_T f(P_T) dP_T \right\}$$

$$= e^{-r(T-t)} \left\{ KN \left[\frac{\ln(K) - \mu - \ln(P_t)}{\sigma} \right] - e^{\mu + \ln(P_t) + \sigma^2/2} N \left[\frac{\ln\left(\frac{K}{P_t}\right) - \mu}{\sigma} - \sigma \right] \right\}$$

$$=e^{-r(T-t)} \left\{ KN \left[\frac{\ln(K) - \mu - \ln(P_t)}{\sigma} \right] - P_t e^{\mu + \sigma^2/2} N \left[\frac{\ln\left(\frac{K}{P_t}\right) - \mu}{\sigma} - \sigma \right] \right\} \quad (4.70)$$

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

$$w=(P_t, K, T, \mu, \sigma, r) = K e^{-r(T-t)} N \left[\frac{\ln\left(\frac{K}{P_t}\right) - \mu}{\sigma} \right] - P_t e^{\mu + \frac{\sigma^2}{2} - r(T-t)} N \left[\frac{\ln\left(\frac{K}{P_t}\right) - \mu}{\sigma} - \sigma \right] \quad (4.71)$$

$$c=(P_t, K, T, \mu, \sigma, r) = P_t e^{\mu + \frac{\sigma^2}{2} - rT} N \left[\frac{\ln\left(\frac{P_t}{K}\right) + \mu}{\sigma} + \sigma \right] - K e^{-rT} N \left[\frac{\ln\left(\frac{P_t}{K}\right) + \mu}{\sigma} \right] \quad (4.72)$$

ii. BFSP (Bragt-Franche-Singor-Pelsser) Modeli

BFSP modeli, forward sözleşmesinin $T > t$ anında sona erdiği ve üzerinde anlaşılan teslimat fiyatının $F_T(t)$ olduğu varsayımı ile forward sözleşmesinin sahibi için T zamanındaki ödeme $F_T(t)$ ile $a(T)$ arasındaki farka eşit olduğu modeldir ($f_T = F_T(t) - a(T)$) (Van Bragt vd. 2009). Bu sözleşmenin t zamanındaki fiyatı $f(t)$ olmak üzere $f(t)$ 'yi aşağıdaki şekilde belirtmişlerdir:

$$f(t) = B_N(t) E_Q \left[\frac{F_T(t) - a(T)}{B_N(T)} \middle| F_t \right] \quad (4.73)$$

Bir gayrimenkul endeksi $a(t)$ 'nin t zamanına kadar gerçekleşmesi durumu ile $T > t \geq 0$ için $a(T)/B_N(T)$ oranının beklenen değeri;

$$E_Q \left[\frac{a(T)}{B_N(T)} \middle| F_t \right] = \frac{e^{(-q(T-t))}}{B_N(t)} \left[y(t) (1 - \alpha_{K,T}(t)) + a(t) \alpha_{K,T}(t) \right] \quad (4.74)$$

olup, burada $\alpha_{K,T}(t) \equiv (1-K)^{T-t}$ ve $a(T)/B_N(T)$ ise iskonto faktörüdür. $D(t,T)$, $T > t$ vadeli sıfır kuponlu (periyodik ödeme yapmayan) tahvilin t zamanındaki fiyatı olmak üzere,

$$f(t) = D(t,T)F_T(t) - e^{-q(T-t)} [\gamma(t)(1-\alpha_{K,T}(t) + a(t)\alpha_{K,T}(t))] \quad (4.75)$$

olup, eğer $f(t)=0$ ise

$$F_T(t) = \frac{e^{-q(T-t)}}{D(t,T)} [\gamma(t)(1-\alpha_{K,T}(t) + a(t)\alpha_{K,T}(t))] \quad (4.76)$$

elde edilmektedir. Endeks değeri $a(t)$, aynı zamanda etkin piyasa değeri $\gamma(t)$ 'ye eşit olduğunda, endeksin değeri ile vadeli fiyat arasındaki klasik ilişki elde edilir. Başka bir ifadeyle, hem $f(t)=0$ hem de $a(t)=\gamma(t)$ ise

$$F_T(t) = \frac{e^{-q(T-t)}}{D(t,T)} a(t) \quad (4.77)$$

olup, söz konusu analiz mevsimsellik ve çoklu gecikme terimleriyle daha genel fiyat güncelleme modellerine genişletilebilir. Çoklu gecikme terimi ile fiyat güncelleme modeli için genelleme yapıldığında;

$$E_Q \left[\frac{a(T)}{B_N(T)} | F_t \right] = \frac{e^{-q(T-t)}}{B_N(t)} \left[\gamma(t) \sum_{i=1}^{T-t} c_i + \sum_{i=1}^p d_i \hat{a}(t-i+1) \right] \quad (4.78)$$

eşitliği ortaya çıkmakla birlikte, eşitlikte $\hat{a}(t-i+1) \equiv a(t-i+1)e^{\left(\int_{t-i+1}^t r_N(\tau) d\tau\right)} e^{-q(i-1)}$, dir ve mevsimsellik dahil edildiğinde;

$$E_Q \left[\frac{\hat{a}(T)}{B_N(T)} | F_t \right] = e^{(g(T))} E_Q \left[\frac{a(T)}{B_N(T)} | F_t \right] \quad (4.79)$$

Bulumaktadır. Burada $\hat{a}(t)$ mevsimsellikten arındırılmış endeks değeri olmaktadır.

Risk nötral olan BFSP opsiyon modeli, gayrimenkulün etkin piyasa süreci ve faiz oranları için sürekli zamanlı (continuous-time) modellerle birlikte gözlemlenen gayrimenkul endeksi için ayırık zamanlı (discrete-time) bir modelden oluşur. Geçerli zaman noktası $t=0$ olarak gösterilir. Zaman gayrimenkul endeksinin iki fiyat güncellemesi arasındaki süreye göre ölçülür. BFSP modelinde, Blundell ve Ward (1987) tarafından önerilen bir fiyat güncelleme kuralının bir uyarlaması ile etkin gayrimenkul piyasa fiyat dinamiklerinin süreci modellenmiştir. Blundell ve Ward (1987) modeli aşağıdaki gibidir:

$$a(t) = K\gamma(t) + (1-K)a(t-1) \quad (4.80)$$

Burada; $a(t)$: şimdiki fiyat, $a(t-1)$: önceki fiyat, $\gamma(t)$: gerçek piyasa değeri ve K : ise bir sabittir ($0 \leq K \leq 1$). K güven değişkeni olup, eğer 1'e yakınsa son piyasa bilgilerinin ağır bastığı, eğer K küçük ise daha çok geçmiş fiyat bilgisine vurgu yapılır. Burada; $k \in [0,1]$ geçmiş fiyat bilgilerine karşı en son piyasa bilgilerine ne kadar önem verileceğini gösteren bir parametredir. İterasyon yer değiştirme (iterative substitution) uygulanarak aşağıdaki şekilde eşitlik tekrar yazılabilir.

$$a(t) = K \sum_{i=1}^m (1-K)^{i-1} \gamma(t-i+1) + (1-K)^m a(t-m) \quad (4.81)$$

Burada; $1 \leq m \leq t$ olup, model üstel ağırlıklı hareketli ortalamadır (EWMA). $m = t$ ise $a(0)$ 'ın ağırlığı $(1-K)^t$ 'dir. Van Bragt vd. (2009), güncelleme kuralını aşağıdaki şekilde düzenlemiştir:

$$a(t) = K\gamma(t) + (1-K)(1+\pi)a(t-1) \quad (4.82)$$

Belirtilen kural, gayrimenkul endeksindeki geçmiş değerlerdeki farklılıkları ayarlayarak güncelleme yapılmasına ilişkin bir eşitlik olarak ortaya çıkmıştır. Eşitlikte $a(t)$ yerine $a(t-1)$, $a(t-1)$ yerine $a(t-2)$ olarak alındığında ve $1 \leq m \leq t$ olmak üzere;

$$a(t)=K \sum_{i=1}^m (1-K)^{i-1} \gamma^*(t-i+1)+(1-K)^m a^*(t-m) \quad (4.83)$$

$$a^*(t-m) \equiv a(t-m)(1+\pi)^m \quad (4.84)$$

$$\gamma^*(t-i+1) \equiv \gamma(t-i+1)(1+\pi)^{i-1} \quad (4.85)$$

Bu durumda dönemlik getiriler aşağıdaki gibi tespit edilmektedir:

$$r^a(t)=K \frac{\gamma(t-1)}{a(t-1)} r^y(t)+(1-K) \frac{a(t-2)}{a(t-1)} (1+\pi) r^a(t-1) \quad (4.86)$$

Burada; $r^a(t) \equiv \frac{a(t)}{a(t-1)} - 1$ endeks getirisi ve $r^y(t) \equiv \frac{y(t)}{y(t-1)} - 1$ gözlemlenmemiş getirilerdir.

Endeks serileri logaritmalarla ifade edildiğinden, sürekli bileşik getiriler log farkları olarak ifade edilebilir:

$$r_c^a(t)=K^* r_c^y(t)+(1-K^*) r_c^a(t-1) \quad (4.87)$$

$$r_c^y(t)=\frac{1}{K^*} r_c^a(t)-\frac{1-K^*}{K^*} r_c^a(t-1) \quad (4.88)$$

Eşitliklerde; $r_c^a(t)$: endeks getirisi ve $r_c^y(t)$: gözlemlenmemiş piyasa getirisi olup, her ikisinde de sürekli bileşik faiz temelinde oluşturulmuştur. K^* parametresi, güven parametresi olan K ile benzer bir yoruma sahiptir. Söz konusu parametre, endeks getirisinin ne kadarının gözlemlenmeyen piyasa getirisi ile açıklanacağını belirlenmektedir (kalan kısım geçmiş endeks getirisi ile açıklanmaktadır).

Modelde opsiyon değeri t zamanında hesaplanmıştır. Buna göre M_1 : birinci moment ve M_2 : ise ikinci moment olmak üzere;

$$M_l = M_{l,0} + \sum_{i=1}^{T-t} M_{l,i} \quad (4.89)$$

$$M_{l,0} = e^{((r_{N,T}(t)-q)(T-t))} a(t) (1-K)^{(T-t)} \quad (4.90)$$

$$M_{l,i} = e^{((r_{N,T}(t)-q)(T-t))} \gamma(t) K (1-K)^{i-1} \quad (4.91)$$

$$M_2 = \sum_{i=0}^{T-t} M_{l,i}^2 e^{(\sigma_2^2 i)} + \sum_{i < j} M_{l,i} M_{l,j} e^{(\sigma_2^2 i)} \quad (4.92)$$

eşitlikleri yazılabilmektedir (Hull 2009). Burada; $r_{N,T}(t)$: t zamanında T vadesine kadar olan risksiz getiriyi ve e^{-q} : ise r'nin düzeltme faktörünü ifade etmektedir. Levy (1992), bu momentleri kullanarak yaklaşık bir lognormal dağılımı tam dağılıma uyarlamıştır. Hull (2009), forward fiyatını ($F_T(t)$) ve volatilitiyi (σ) aşağıdaki şekilde olduğunu göstermiştir:

$$F_T(t) = M_l \quad (4.93)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{T-t} \ln \left(\frac{M_2}{M_l} \right)} \quad (4.94)$$

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

$$p(t) = e^{((r_{N,T}(t)-q)(T-t))} [KN(-d_2) - F_T(t)N(-d_1)] \quad (4.95)$$

$$c(t) = e^{((r_{N,T}(t)-q)(T-t))} [F_T(t)N(d_1) - KN(d_2)] \quad (4.96)$$

Buradan hareketle aşağıdaki eşitlikler yazılabilmektedir:

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{F_T(t)}{K}\right) + \left(r_{N,T}(t) + \frac{\sigma^2}{2}\right)(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}} \quad (4.97)$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T-t} \quad (4.98)$$

iii. Fabozzi-Shiller-Tunaru Modeli

Fabozzi-Shiller-Tunaru modeli; arbitrajsız yaklaşım teorisi ile ekonometrik yaklaşımı birleştirerek gayrimenkul türevlerinin fiyatlandırılması için geliştirilen bir modeldir. Bu modelin temelinde endeks için sürekli zamanlı ve ortalamaya dönen, gayrimenkul türevlerinin fiyatlandırılmasında ise risk nötral değerlendirme ilkesi yer almaktadır. Model, Lo ve Wang (1995) tarafından sunulan modelin geliştirilmiş versiyonu olarak da bilinmektedir.

Gayrimenkul endeks değeri $\{I_t\}_{t \geq 0}$, logaritmik fiyat sürecini $Y_t = \log I_t$, uzun dönem trend terimi $\{\Psi_t\}_{t \geq 0}$, faiz oranı $\{r_t\}_{t \geq 0}$, ortalama geri dönüş hızı parametresi θ , volatilité σ ve Wiener süreci $\{W_t\}_{t \geq 0}$ olmak üzere genel model aşağıdaki gibi ele alınmıştır:

$$dY_t = \left[\frac{d\Psi_t}{dt} - \theta(Y_t - \Psi_t) \right] dt + \sigma dW_t \quad (4.99)$$

Gösterimde $\hat{Y}_t = Y_t - \Psi_t$ yapılması durumunda genel model $d\hat{Y}_t = -\theta\hat{Y}_t dt + \sigma dW_t$ şeklinde ortaya çıkar. Bu durum, zaman içinde bir dönemden diğerine ortaya çıkan değişimlerin giderilmesi sürecinde Ornstein Uhlenbeck sürecidir. Piyasa riski λ ve oynaklık σ olmak üzere denklemin çözümü;

$$dY_t = \left[\frac{d\Psi_t}{dt} - \lambda\sigma - \theta(Y_t - \Psi_t) \right] dt + \sigma dW_t^Q \quad (4.100)$$

$$Y_T = \Psi_T - \frac{\lambda\sigma}{\theta} + \left[Y_t - \Psi_t + \frac{\lambda\sigma}{\theta} \right] e^{\theta(T-t)} + \sigma \int_t^T e^{\theta(t-T)} dW_u^Q \quad (4.101)$$

$$Y_T|Y_t \sim N(m_{y;t,T}; \sigma_{y;t,T}^2) \quad (4.102)$$

$$m_{y;t,T} = \Psi_T - \frac{\lambda\sigma}{\theta} + \left(Y_t - \Psi_t + \frac{\lambda\sigma}{\theta}\right) e^{\theta(t-T)} \quad \text{ve} \quad \sigma_{y;t,T}^2 = \frac{\sigma^2}{2\theta} [1 - e^{2\theta(t-T)}] \quad (4.103)$$

Modelin, $\{X_t\}_{t \geq 0}$ endeks seviyelerinde uzun dönem ortalamaya bağlı bir log-normal model olduğu şeklinde yorumlanabilir. Gayrimenkul endeksinin log-normal olma özelliği, türev ürünlerin fiyatlandırması kapalı form çözümlerle yapılabilir olduğunu gösterir. Volatilite parametresinin $\sigma(t)$ fonksiyonel formuna sahip olduğu varsayıldığında, risk nötral denklem aşağıdaki forma dönüşmektedir:

$$dY_t = \left[\frac{d\Psi_t}{dt} - \lambda\sigma_t - \theta(Y_t - \Psi_t) \right] dt + \sigma_t dW_t^Q \quad (4.104)$$

$$Y_T = \Psi_T + [Y_t - \Psi_t] e^{\theta(t-T)} - \lambda \int_t^T \sigma_u e^{\theta(u-T)} du + \int_t^T \sigma_u e^{\theta(u-T)} dW_u^Q \quad (4.105)$$

$$Y_T|Y_t \sim N(m_{y;t,T}; \sigma_{y;t,T}^2) \quad (4.106)$$

$$m_{y;t,T} = \Psi_T - \lambda \int_t^T \sigma_u e^{\theta(u-T)} du + (Y_t - \Psi_t) e^{\theta(t-T)} \quad \text{ve} \quad \sigma_{y;t,T}^2 = \int_t^T \sigma_u^2 e^{2\theta(u-T)} du \quad (4.107)$$

Ayrıca θ ve σ parametreleri için aşağıdaki formüller geliştirilmiştir:

$$\hat{\theta} = \ln \left(\frac{\sum_{k=1}^N \hat{Y}_{k-1}^2}{\sum_{k=1}^N \hat{Y}_k \hat{Y}_{k-1}} \right) \quad (4.108)$$

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N [Y_k - Y_{k-1}]^2 \quad (4.109)$$

Fabozzi-Shiller-Tunaru modelinde; I_t : gayrimenkul endeksine bağlı K kullanım değeri ve T vade olmak üzere Avrupa tipi call ve put opsiyon fiyatları aşağıdaki eşitlik ile tespit edilebilmektedir (Tunaru 2017):

$$call_t = e^{(m_{y;t,T} + \sigma_{y;t,T}^2/2)} N\left(\frac{m_{y;t,T} + \sigma_{y;t,T}^2 - \ln(K)}{\sigma_{y;t,T}}\right) - KN\left(\frac{m_{y;t,T} - \ln(K)}{\sigma_{y;t,T}}\right) \quad (4.110)$$

$$put_t = KN\left(\frac{\ln(K) - m_{y;t,T}}{\sigma_{y;t,T}}\right) - e^{(m_{y;t,T} + \sigma_{y;t,T}^2/2)} N\left(\frac{\ln(K) - m_{y;t,T} + \sigma_{y;t,T}^2}{\sigma_{y;t,T}}\right) \quad (4.111)$$

4.5 Gayrimenkul Türev Modellerinin Değerlendirilmesi

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 Cai-Wei modelleri olduğu dikkate alınmaktadır. 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 vurgulanmıştır. 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 (Çizelge 4.2).

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 bağılı 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 değerlendirme 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 olarak 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 pozisyonadaki 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 volatilité 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.

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.

Fabozzi-Shiller-Tunaru modeli, 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 (izelge 4.2).

Çizelge 4.2 Gayrimenkul Türev Fiyatlandırma Modelleri ve Açıklamaları

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, 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 volatilité) ve N(d ₁) ve N(d ₂) ise standart normal dağılım fonksiyonu
Shiller-Weiss Lognormal Model (1999) (Ekonometri ve Matematik Temelli)	Opsiyon-Futures	$w = (P_t, K, T, \mu, \sigma, r) = Ke^{-r(T-t)} N\left[\frac{\ln\left(\frac{K}{P_t}\right) - \mu}{\sigma}\right] - P_t e^{\mu + \frac{\sigma^2}{2} \cdot r \cdot (T-t)} N\left[\frac{\ln\left(\frac{K}{P_t}\right) - \mu}{\sigma} - \sigma\right]$ $c = (P_t, K, T, \mu, \sigma, r) = P_t e^{\mu + \frac{\sigma^2}{2} \cdot r \cdot T} N\left[\frac{\ln\left(\frac{P_t}{K}\right) + \mu}{\sigma} + \sigma\right] - Ke^{-rT} N\left[\frac{\ln\left(\frac{P_t}{K}\right) + \mu}{\sigma}\right]$	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	$s \leq LIBOR + L + B^{uzun}$ $s \geq LIBOR + L - \alpha + B^{kisa}$	s, swap sözleşmesinde ödenen faiz oranı, α kısa pozisyon alan tarafın getiri beklentisi, L gecikme etkisi
Syz'ın Modeli (2008) (Arbitrajsız)	Opsiyon	$C(S_t, t) = S_t e^{p(T-t)} \Phi(d_1) - Ke^{-r(T-t)} \Phi(d_2)$ $d_1 = \frac{\ln\left(\frac{F_t}{K}\right) + \left(\frac{\sigma^2}{2}\right)(T-t)}{\sigma \sqrt{T-t}}$ $d_2 = d_1 - \sigma \sqrt{T-t}$	T vade, t geçen süre, S endeks değeri, p gayrimenkul yayılımı, F opsiyon sözleşmesinin fiyatı, K uygulama fiyatı

Çizelge 4.2 Gayrimenkul Türev Fiyatlandırma Modelleri ve Açıklamaları (devamı)

BFSP (Bragt-Franche-Singor-Pelsser) Modeli (2009) (Ekonometri ve Matematik Temelli)	Forward- Opsiyon	$\sigma = \sqrt{\frac{I}{T-t} \ln \left(\frac{M_2}{M_1} \right)} \quad F_T(t) = M_1$ $M_1 = M_{1,0} + \sum_{i=1}^{T-t} M_{1,i}$ $M_{1,0} = e^{((r_{N,T}(t)-q)(T-t))} a(t)(1-K)^{(T-t)}$ $M_{1,i} = e^{((r_{N,T}(t)-q)(T-t))} \gamma(t) K(1-K)^{i-1}$ $M_2 = \sum_{i=0}^{T-t} M_{1,i}^2 e^{(\sigma_2^{*2} i)} + \sum_{i < j} M_{1,i} M_{1,j} e^{(\sigma_2^{*2} i)}$	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	$f_t(H_t, K, T) = e^{-\Phi(T-t)} E_t \left(\frac{U_c(\delta_T)}{U_c(\delta_t)} (H_T - K) \right) \text{ ve } f_t(H_t, K, T) = 0$ $F_t(H_t, T) = \frac{E[U_c(\delta_T) H_T]}{E[U_c(\delta_T)]}$ $c_t(H_t, K, T) = e^{-\Phi(T-t)} E_t \left(\frac{U_c(\delta_T)}{U_c(\delta_t)} \max(H_T - K, 0) \right)$ $p_t(H_t, K, T) = e^{-\Phi(T-t)} E_t \left(\frac{U_c(\delta_T)}{U_c(\delta_t)} \max(K - H_T, 0) \right)$	H _T konut değerine bağlı, T ≥ 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	$\hat{Y}_t = Y_t - \Psi_t \quad d\hat{Y}_t = -\theta \hat{Y}_t dt + \sigma dW_t \text{ Ornstein Uhlenbeck}$ $m_{y;t,T} = \Psi_T - \frac{\lambda \sigma}{\theta} + \left(Y_t - \Psi_t + \frac{\lambda \sigma}{\theta} \right) e^{\theta(t-T)} \text{ ve } \sigma_{y;t,T}^2 = \frac{\sigma^2}{2\theta} [1 - e^{2\theta(t-T)}]$ $call_t = e^{(m_{y;t,T} + \sigma_{y;t,T}^2/2)} N \left(\frac{m_{y;t,T} + \sigma_{y;t,T}^2 - \ln(K)}{\sigma_{y;t,T}^2} \right) - KN \left(\frac{m_{y;t,T} - \ln(K)}{\sigma_{y;t,T}^2} \right)$ $put_t = KN \left(\frac{\ln(K) - m_{y;t,T}}{\sigma_{y;t,T}^2} \right) - e^{(m_{y;t,T} + \sigma_{y;t,T}^2/2)} N \left(\frac{\ln(K) - m_{y;t,T} + \sigma_{y;t,T}^2}{\sigma_{y;t,T}^2} \right)$	Gayrimenkul endeks değeri {I _t } _{t≥0} , logaritmik fiyat sürecini Y _t = log I _t , uzun dönem trend terimi {Ψ _t } _{t≥0} , faiz oranı {r _t } _{t≥0} , ortalama geri dönüş hızı parametresi θ, volatilité σ ve Wiener süreci {W _t } _{t≥0} , zaman içinde bir dönemden diğerine ortaya çıkan değişimlerin giderilmesi sürecinde Ornstein Uhlenbeck süreci, piyasa riski λ

5. TÜRKİYE’DE GAYRİMENKUL TÜREV SÖZLEŞMELERİNİN UYGULANABİLİRLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu bölümde, Ankara İli Konut Fiyat Endeksinin volatilité serisi elde edilmiştir. Ankara İli Konut Fiyat Endeksi, konut kredisi faiz oranı, döviz kuru ve Yi-ÜFE değişkenleri arasındaki ilişkileri ortaya koymak amacıyla Granger nedensellik testi uygulanmıştır. VAR modeli kurularak varyans ayrıştırması sonuçları yorumlanmıştır. Daha sonra gayrimenkul türev modellerinin uygulama örneklerine de yer verilmiştir.

Türkiye’deki türev ürünlerinin mevcut durumu incelenmiş ve gayrimenkul türevlerinin uygulanabilirliği; ilgili yasal ve kurumsal düzenlemeler çerçevesinde, inşaat ve gayrimenkul piyasası ile makroekonomik değişkenler çerçevesinde ve gayrimenkule dayalı sermaye piyasası araçları olan gayrimenkul sertifikaları ve sukuk ürünler ve gayrimenkul yatırım fonları çerçevesinde değerlendirilmiş ve öneriler ortaya konulmuştur.

5.1 Çalışmada Kullanılan Verilerin Nitelikleri

Türkiye’de konut piyasasında yaşanan değişikliklerin gözlemlenebilir olması amacıyla TCMB tarafından aylık olarak yayımlanan Ankara İli Konut Fiyat Endeks verileri modelleme çalışmasında kullanılmıştır. Söz konusu endeksin oluşturulmasında kullanılan veriler; konut satın almak için kredi veren bir kuruma şahsi olarak başvuran kişilerin, kredi karşılığı teminat olarak göstereceği bağımsız bölümün değerlendirme raporlarına dayanmaktadır.

Türkiye’de değerlendirme işlemleri, Sermaye Piyasası Kurulu (SPK)’nın yetkilendirdiği değerlendirme kuruluşlarınca istihdam edilen ve lisanslı değerlendirme uzmanlarınca yürütülmektedir. Gayrimenkul değerlendirme uzmanı, yetkilendirilen değerlendirme firması için çalışan, değerlendirme alanında en az üç yıl deneyime sahip, SPK tarafından verilen değerlendirme lisansına sahip ve Türkiye Değerleme Uzmanları Birliği (TDUB)’ne üye olan kişilerdir (Anonim Sermaye Piyasasında Faaliyette Bulunacak Gayrimenkul Değerleme

Kuruluşları Hakkında Tebliğ 2019). Türkiye’de değerleme verileri 2010 yılından itibaren düzenli bir şekilde tutulmakta ve TCMB tarafından 2010 yılından itibaren yayımlandığından dolayı çalışmada 2010-2020 dönemindeki endeks değerleri kullanılarak veriler analiz edilmiştir (Ek-1).

Ankara İli’nde 2010-2020 döneminde yapılan değerleme rapor sayıları türlerine göre konut, ticari ve arsa-arazi olarak sınıflandırılmıştır. Konut, ticari ve arsa-arazi rapor sayıları incelendiğinde; her bir kategori için en fazla raporun Çankaya İlçesi’nde yer alan gayrimenkuller için hazırlanmış ve sunulmuş olduğu dikkati çekmektedir. Çankaya İlçesini, Keçiören, Yenimahalle ve Mamak İlçeleri takip etmektedir. Evren, Çamlıdere, Güdül ve Kalecik İlçeleri ise en düşük rapor sayılarının olduğu ilçelerdir (Çizelge 5.1). TC Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Kalkınma Ajansları Genel Müdürlüğü’nün yayınladığı ilçelerin sosyo-ekonomik gelişmişlik sıralamasına (2022) göre Ankara’nın en gelişmiş ilçesinin Çankaya İlçesi olduğu, Çankaya İlçesini Yenimahalle, Altındağ, Etimesgut ve Gölbaşı İlçelerinin takip ettiği belirlenmiştir. Ankara İlinin ilçeleri düzeyinde gelişmişlik sıralamasının en altında ise Bala, Haymana, Çamlıdere, Güdül ve Evren İlçeleri yer almaktadır. Keçiören İlçesi gelişmişlik sıralamasında il düzeyinde yedinci sırada olmasına rağmen değerleme raporlarının sayıları bakımından ikinci sırada yer almaktadır. Bu durum ilçede gayrimenkul satış sıklığının fazla olduğu ve talebin yüksek olduğunun bir gösterge olarak ele alınabilir. Aynı şekilde gelişmişlik sıralamasında en altta yer alan Bala İlçesi, değerleme rapor sayıları bakımından son sırada değildir. Buna göre gelişmişlik sıralaması ile gayrimenkul satışlarının doğrudan bir ilişkinin bulunmadığı söylenebilir.

TCMB tarafından yayımlanan endeks, söz konusu değerleme raporlarında yer alan verilere göre oluşturulmaktadır. Dolayısıyla endeks, gerçekleşmiş fiyatlar üzerinden değil, gayrimenkullerin tahmin edilmiş değerleri üzerinden geliştirilmektedir. Bu durumda mevcut endeks fiyatı ölçen değil değeri gösteren bir endeks olmakla birlikte, gayrimenkul türevlerine dayanak olabilecek bir niteliğe sahip bulunmaktadır. Ancak endeksin güvenilirliği açısından veri kalitesinin daha üst düzeye çıkarılması gerektiği vurgulanmalıdır.

Çizelge 5.1 Ankara İli Değerleme Raporları Sayısı

Konut Rapor Sayısı											
İlçeler	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Akyurt	769	801	835	880	906	981	1.055	966	779	902	1.229
Altındağ	3.985	4.149	4.327	4.557	4.693	5.082	5.467	5.003	3.725	4.313	6.606
Ayaş	138	144	150	158	163	176	189	173	178	149	172
Bala	119	124	129	136	140	151	163	149	139	181	176
Beypazarı	494	514	536	565	582	630	677	620	588	602	880
Çamlıdere	27	28	29	31	32	35	37	34	29	24	51
Çankaya	8.972	9.339	9.741	10.261	10.565	11.441	12.306	11.263	9.438	11.774	16.682
Çubuk	853	888	927	976	1.005	1.088	1.170	1.071	902	1.056	1.223
Elmadag	505	526	549	578	595	645	693	634	541	598	680
Etimesgut	6.229	6.484	6.763	7.123	7.334	7.943	8.544	7.819	5.522	6.793	10.246
Evren	7	7	7	7	7	8	9	8	5	9	12
Gölbaşı	1.754	1.826	1.904	2.006	2.066	2.236	2.406	2.202	2.053	2.453	3.296
Güdül	64	67	70	73	76	82	88	81	84	83	82
Haymana	208	216	226	238	245	265	286	261	188	184	286
Kahramankazan	988	1.029	1.073	1.130	1.164	1.260	1.356	1.240	992	1.123	1.331
Kalecik	97	101	105	111	114	123	133	122	101	133	112
Keçiören	8.494	8.841	9.222	9.713	10.002	10.831	11.650	10.662	7.172	8.433	12.775
Kızılcahamam	163	170	178	187	193	208	224	205	198	194	280
Mamak	6.851	7.131	7.438	7.835	8.067	8.736	9.397	8.600	5.800	6.931	10.544
Nallıhan	122	127	133	139	143	155	167	153	140	197	180
Polatlı	1.565	1.630	1.700	1.790	1.843	1.996	2.147	1.965	1.558	1.725	2.351
Pursaklar	1.479	1.540	1.606	1.691	1.741	1.886	2.029	1.857	1.384	1.694	2.488
Sincan	5.709	5.943	6.198	6.529	6.723	7.280	7.830	7.166	4.825	5.534	8.280
Şereflikoçhisar	259	269	281	296	305	330	355	325	256	306	361
Yenimahalle	6.823	7.102	7.408	7.803	8.035	8.701	9.359	8.565	6.478	8.309	11.898
Toplam	56.674	58.996	61.535	64.813	66.739	72.269	77.737	71.144	53.075	63.700	92.221
Ticari Rapor Sayısı											
İlçe	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Akyurt	207	230	224	220	257	249	272	291	209	212	236
Altındağ	1.071	1.194	1.162	1.139	1.331	1.289	1.408	1.509	1.001	1.015	1.267
Ayaş	37	41	40	39	46	45	49	52	48	35	33
Bala	32	36	35	34	40	38	42	45	37	43	34
Beypazarı	133	148	144	141	165	160	174	187	158	142	169
Çamlıdere	7	8	8	8	9	9	10	10	8	6	10
Çankaya	2.410	2.689	2.617	2.565	2.996	2.903	3.170	3.397	2.536	2.770	3.199
Çubuk	229	256	249	244	285	276	301	323	242	248	235
Elmadag	136	151	147	145	169	164	179	191	145	141	130
Etimesgut	1.673	1.867	1.817	1.781	2.080	2.015	2.201	2.358	1.484	1.598	1.965
Evren	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2
Gölbaşı	471	526	512	502	586	567	620	664	552	577	632
Güdül	17	19	19	18	21	21	23	24	23	20	16
Haymana	56	62	61	60	70	67	74	79	50	43	55
Kahramankazan	266	296	288	283	330	320	349	374	267	264	255
Kalecik	26	29	28	28	32	31	34	37	27	31	21
Keçiören	2.282	2.545	2.478	2.428	2.836	2.748	3.001	3.216	1.927	1.984	2.450
Kızılcahamam	44	49	48	47	55	53	58	62	53	46	54
Mamak	1.841	2.053	1.998	1.959	2.288	2.217	2.420	2.594	1.558	1.631	2.022
Nallıhan	33	36	36	35	41	39	43	46	38	46	35
Polatlı	420	469	457	448	523	506	553	593	419	406	451
Pursaklar	397	443	431	423	494	479	523	560	372	399	477
Sincan	1.534	1.711	1.665	1.632	1.906	1.847	2.017	2.161	1.296	1.302	1.588
Şereflikoçhisar	70	78	76	74	86	84	91	98	69	72	69
Yenimahalle	1.833	2.045	1.990	1.951	2.278	2.208	2.411	2.583	1.740	1.955	2.282
Toplam	15.227	16.983	16.532	16.206	18.926	18.337	20.025	21.456	14.260	14.988	17.687
Arsa-Arazi Rapor Sayısı											
İlçe	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Akyurt	149	158	162	168	162	205	240	245	151	186	185
Altındağ	773	817	840	871	840	1.062	1.242	1.271	723	888	995
Ayaş	27	28	29	30	29	37	43	44	34	31	26
Bala	23	24	25	26	25	32	37	38	27	37	27
Beypazarı	96	101	104	108	104	132	154	157	114	124	133
Çamlıdere	5	6	6	6	6	7	8	9	6	5	8

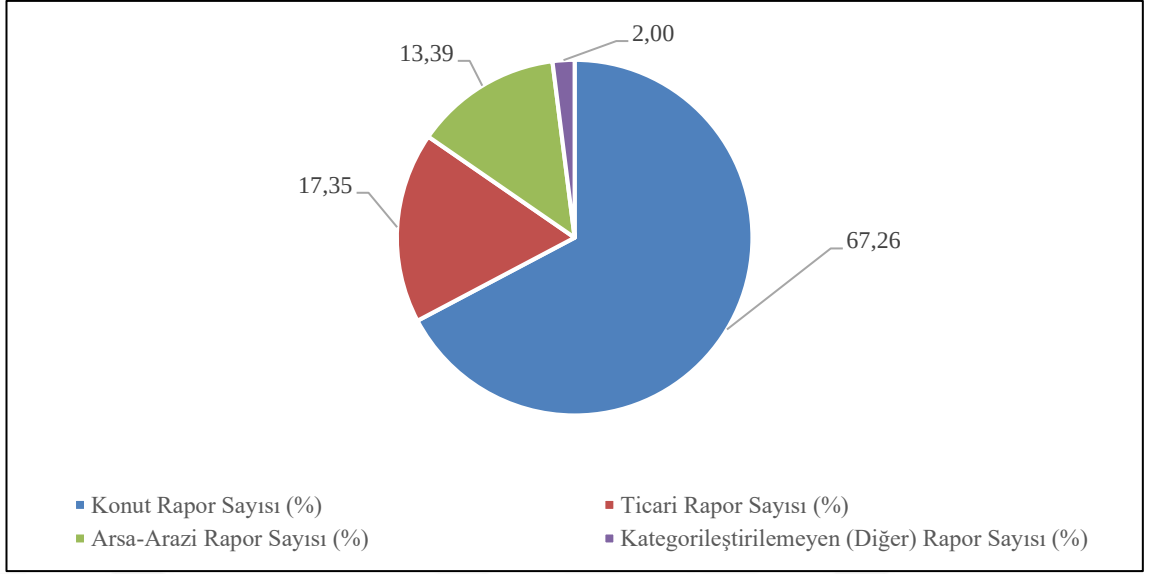
Çizelge 5.1 Ankara İli Değerleme Raporları Sayısı (devamı)

Çankaya	1.741	1.840	1.890	1.962	1.892	2.391	2.797	2.860	1.831	2.424	2.514
Çubuk	165	175	180	187	180	227	266	272	175	217	184
Elmadag	98	104	106	111	107	135	158	161	105	123	102
Etimesgut	1.209	1.277	1.312	1.362	1.314	1.660	1.942	1.986	1.071	1.399	1.544
Evren	1	1	1	1	1	2	2	2	1	2	2
Gölbasi	340	360	369	384	370	467	547	559	398	505	497
Güdül	12	13	14	14	14	17	20	20	16	17	12
Haymana	40	43	44	46	44	55	65	66	36	38	43
Kahramankazan	192	203	208	216	208	263	308	315	193	231	201
Kalecik	19	20	20	21	20	26	30	31	20	27	17
Keçiören	1.648	1.741	1.789	1.857	1.791	2.263	2.648	2.708	1.392	1.736	1.925
Kızılcahamam	32	34	34	36	35	44	51	52	38	40	42
Mamak	1.329	1.405	1.443	1.498	1.445	1.825	2.136	2.184	1.125	1.427	1.589
Nallıhan	24	25	26	27	26	32	38	39	27	40	27
Polatlı	304	321	330	342	330	417	488	499	302	355	354
Pursaklar	287	303	312	323	312	394	461	472	269	349	375
Sincan	1.108	1.171	1.203	1.248	1.204	1.521	1.780	1.820	936	1.139	1.248
Şereflikoçhisar	50	53	55	57	55	69	81	83	50	63	54
Yenimahalle	1.324	1.399	1.437	1.492	1.439	1.818	2.127	2.175	1.257	1.711	1.793
Toplam	10.996	11.622	11.939	12.393	11.953	15.101	17.669	18.068	10.297	13.114	13.897
Diğer Rapor Sayısı											
İlçe	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Akyurt	23	24	26	26	27	29	32	31	23	26	33
Altındağ	119	126	129	135	140	152	166	158	110	127	181
Ayaş	4	5	5	5	5	5	6	6	5	4	4
Bala	4	4	4	4	4	5	5	5	4	5	4
Beypazarı	14	16	16	17	17	18	21	20	17	17	23
Çamlıdere	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
Çankaya	268	282	291	301	316	341	373	357	282	347	457
Çubuk	26	27	27	28	30	33	36	34	28	32	33
Elmadag	15	16	17	16	17	18	20	21	17	17	19
Etimesgut	186	196	202	209	219	237	258	248	165	200	280
Evren	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1
Gölbasi	53	54	57	58	61	68	72	70	61	72	90
Güdül	3	2	1	3	2	2	3	3	3	2	3
Haymana	7	7	7	6	7	9	8	9	6	5	8
Kahramankazan	29	31	32	33	35	38	41	40	29	34	36
Kalecik	3	3	4	3	4	4	4	3	3	5	3
Keçiören	253	269	275	286	299	323	353	338	213	248	350
Kızılcahamam	5	5	5	5	5	6	7	7	6	6	7
Mamak	205	216	223	230	241	261	285	273	173	204	289
Nallıhan	3	4	3	4	4	6	5	5	4	6	5
Polatlı	47	49	50	53	55	60	65	62	46	51	64
Pursaklar	45	47	48	50	52	56	61	58	41	49	68
Sincan	170	179	185	192	201	217	237	228	144	163	227
Şereflikoçhisar	8	8	8	9	9	10	11	10	7	9	11
Yenimahalle	204	215	222	229	240	259	283	272	193	244	326
Toplam	1.695	1.786	1.839	1.904	1.992	2.158	2.354	2.260	1.580	1.874	2.523
Toplam Rapor Sayısı											
İlçe	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Akyurt	1.148	1.213	1.247	1.294	1.352	1.464	1.599	1.533	1.162	1.326	1.683
Altındağ	5.948	6.286	6.458	6.702	7.004	7.585	8.283	7.941	5.559	6.343	9.049
Ayaş	206	218	224	232	243	263	287	275	265	219	235
Bala	178	188	193	200	209	226	247	237	207	266	241
Beypazarı	737	779	800	831	868	940	1.026	984	877	885	1.205
Çamlıdere	40	43	44	46	48	52	56	54	43	36	70
Çankaya	13.391	14.150	14.539	15.089	15.769	17.076	18.646	17.877	14.087	17.315	22.852
Çubuk	1.273	1.346	1.383	1.435	1.500	1.624	1.773	1.700	1.347	1.553	1.675
Elmadag	754	797	819	850	888	962	1.050	1.007	808	879	931
Etimesgut	9.297	9.824	10.094	10.475	10.947	11.855	12.945	12.411	8.242	9.990	14.035
Evren	10	10	11	11	11	12	14	13	7	13	17
Gölbasi	2.618	2.766	2.842	2.950	3.083	3.338	3.645	3.495	3.064	3.607	4.515
Güdül	96	101	104	108	113	122	134	128	126	122	113

Çizelge 5.1 Ankara İli Değerleme Raporları Sayısı (devamı)

Haymana	311	328	338	350	366	396	433	415	280	270	392
Kahramankazan	1.475	1.559	1.601	1.662	1.737	1.881	2.054	1.969	1.481	1.652	1.823
Kalecik	145	153	157	163	170	184	201	193	151	196	153
Keçiören	12.677	13.396	13.764	14.284	14.928	16.165	17.652	16.924	10.704	12.401	17.500
Kızılcahamam	244	258	265	275	288	311	340	326	295	286	383
Mamak	10.226	10.805	11.102	11.522	12.041	13.039	14.238	13.651	8.656	10.193	14.444
Nallıhan	182	192	198	205	214	232	253	243	209	289	247
Polatlı	2.336	2.469	2.537	2.633	2.751	2.979	3.253	3.119	2.325	2.537	3.220
Pursaklar	2.208	2.333	2.397	2.487	2.599	2.815	3.074	2.947	2.066	2.491	3.408
Sincan	8.521	9.004	9.251	9.601	10.034	10.865	11.864	11.375	7.201	8.138	11.343
Şereflikoçhisar	387	408	420	436	455	493	538	516	382	450	495
Yenimahalle	10.184	10.761	11.057	11.475	11.992	12.986	14.180	13.595	9.668	12.219	16.299
Toplam	84.592	89.387	91.845	95.316	99.610	107.865	117.785	112.928	79.212	93.676	126.328

Rapor sayılarının % 67,26'sının konut, % 17,35'inin ticari, % 13,39'unun arsa-arazi (ana taşınmaz) ve % 2'sinin ise kategorileştirilemeyen (diğer) raporlar olduğu belirlenmiştir (Şekil 5.1). Türkiye'de halen yayımlanan güvenilir bir ticari gayrimenkul endeksinin bulunmadığı daha önce vurgulanmıştır. Ancak TCMB tarafından ticari gayrimenkullerin değerlemesinde kullanılan değerleme raporları doğrultusunda bir endeks oluşturulabilmesi mümkün olmaktadır. Bununla birlikte toplam değerleme raporlarının % 17,35'i ticari gayrimenkul raporu olmakla birlikte, endeksin oluşturulması için bölge ve mahalle düzeyinde de yeterliliğin sağlanması zorunlu olacaktır. Başka bir ifadeyle Ülke düzeyinde ya da il düzeyinde bir ticari gayrimenkul endeks çalışmasında doğru dağılımın tanımlanabilmesi için bölge ya da mahalle düzeylerinde yeterli rapor sayısının ve kaliteli değer verilerinin mevcut olması gerekmektedir. Ayrıca ticari gayrimenkullerin tanımı, türlerinin ayrıştırılması ve türlerin kapsam ve sınırlarının yapılması da zorunlu olacaktır. Söz konusu şartlar sağlandıktan sonra Türkiye'de başarılı bir ticari gayrimenkul endeksi yayımlanabileceği vurgulanmalıdır.

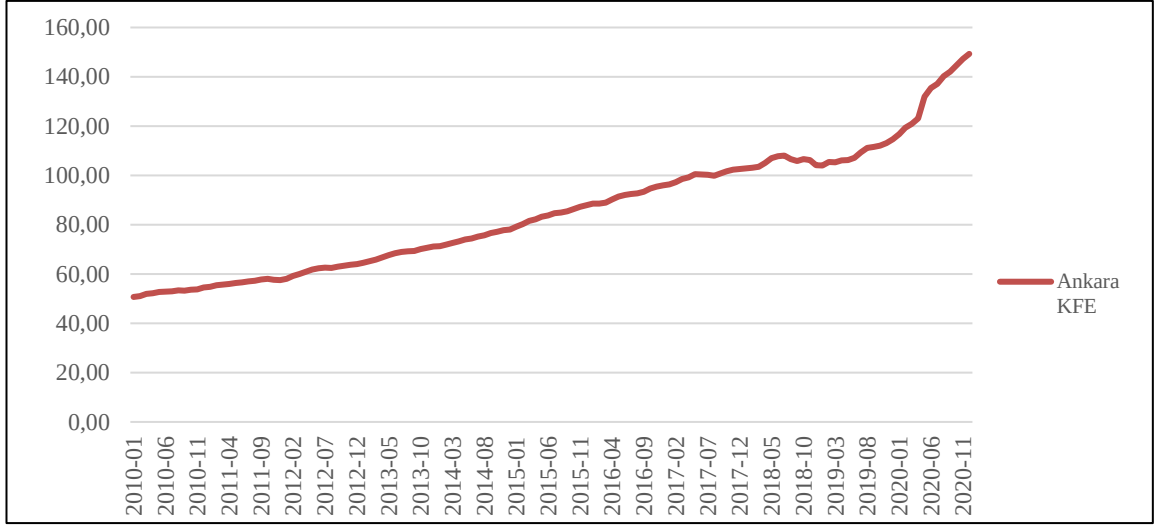


Şekil 5.1 Ankara İli Değerleme Rapor Sayılarının Türlerine Göre Dağılımı

5.2 Ankara İli Konut Fiyat Endeksinin Volatilite Modellemesi

Volatilite, zaman serisi içeren finansal bir değişkende yüksek seviyede artışların veya azalışların ortaya çıktığı zamanlarda oluşan ortalamadan sapmaları ifade etmektedir. Diğer bir ifadeyle volatilite; finansal değişkenlerin beklenen değerlerinden ne kadar saptıklarının bir göstergesidir. Volatilite, finansal değişkende ani ve hızlı bir değişim yaşanması durumunda artışa geçmektedir.

TCMB tarafından yayımlanan cari Ankara İli Konut Fiyat Endeksi incelendiğinde; Ankara'daki konut fiyatlarının 2010 yılından itibaren bir yükseliş trendi içinde olduğu dikkati çekmektedir (Şekil 5.2). Cari fiyatlar ile açıklanan endeks, Ankara İli sınırları içinde yer alan konutların değerlendirme raporları doğrultusunda ve Ankara İlını temsil edebilecek şekilde hesaplanmaktadır.



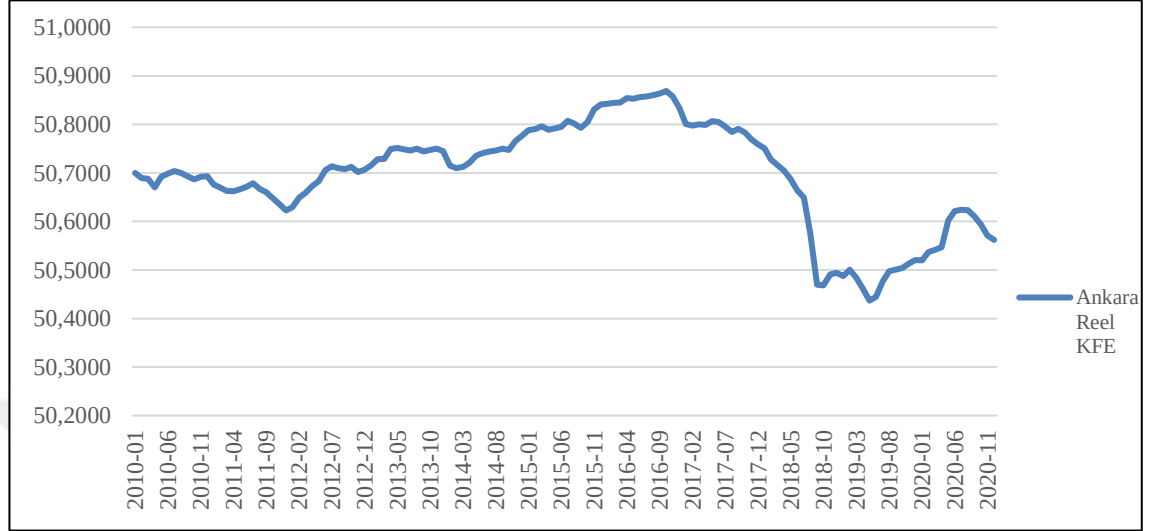
Şekil 5.2 Ankara İli Konut Fiyat Endeksi (Cari Fiyatlarla)

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 5.3).

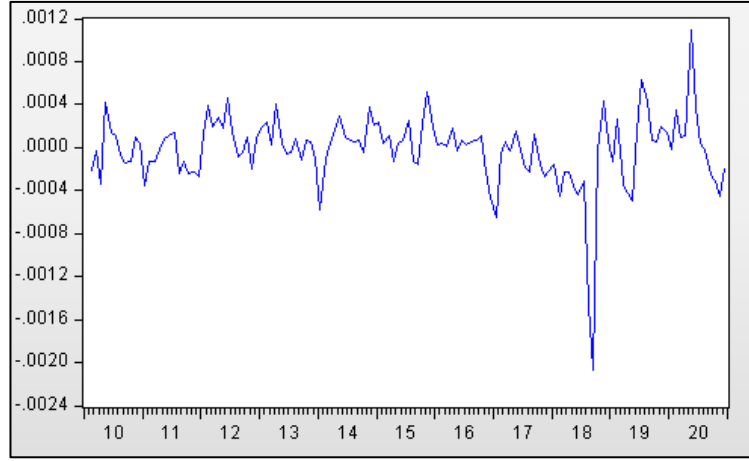


Şekil 5.3 Ankara İli Reel Konut Fiyat Endeksi

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:

$$\text{Getiri Serisi: } (R_t) = \ln kfe_t - \ln kfe_{t-1}$$

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 5.4).



Şekil 5.4 Cari Konut Fiyat Endeksinin Getiri Serisi

Getiri endeksinin tanımlayıcı istatistikleri aşağıda gösterilmiştir. Buna göre getiri serisinin sola çarpık bir dağılım olduğu, ortalama, medyan ve standart sapmanın birbirlerine yakın olduğu ve normal dağılım göstermediği anlaşılmıştır (Çizelge 5.2).

Çizelge 5.2 Getiri Serisine Ait Tanımlayıcı İstatistikler

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)

Konut Fiyat Endeksi getiri serisinin durağan olup olmadığını ortaya koymak amacıyla Genişletilmiş Dickey Fuller (ADF) testi uygulanmıştır. Söz konusu testin sonucuna göre Konut Fiyat Endeksi getiri serisinin düzeyde durağan olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 5.3).

Çizelge 5.3 Getiri Endeksinin Birim Kök Testi

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

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 (Çizelge 5.4):

Çizelge 5.4 Tercih Edilen ARMA Modellerinin Sonuçları

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			

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 (Çizelge 5.5).

Çizelge 5.5 ARMA(3,3) Modelinin Kalıntıların Korelogram Sonuçları

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

Çizelge 5.5 ARMA(3,3) Modelinin Kalıntıların Korelogram Sonuçları (devamı)

No	AC	PAC	Q-stat	Olasılık Değeri
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

ARMA(3,3) modelinin ARCH modellemesine uygunluğunun tespit edilmesi amacıyla, söz konusu modelin hata teriminde ARCH etkisi araştırılmış ve değişen varyans testine göre ARCH etkisi olduğu görülmüştür (Çizelge 5.6).

Çizelge 5.6 ARCH Değişen Varyans Test Sonucu

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

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 volatilitiyi 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:

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

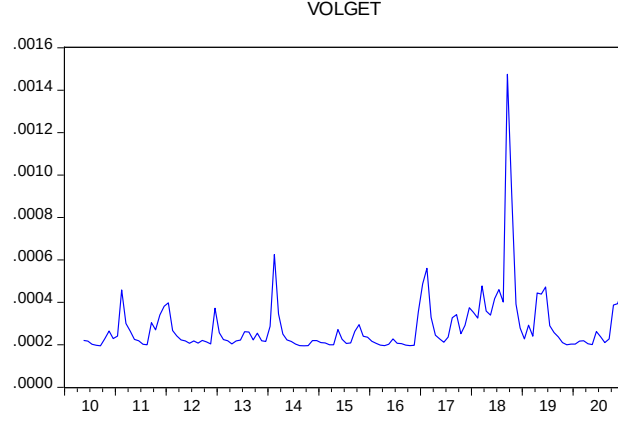
EGARCH modelinde koşullu varyans h_t (σ_t^2)'nin logaritması alındığı için, katsayılar negatif olsa bile modelin koşullu varyansı pozitif olacaktır. Bu nedenle, oluşturulan modelin koşullu varyansının pozitif olma koşulunu sağlaması için katsayılar üzerine ek kısıtlamalar getirmeye gerek olmamaktadır. 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 (Çizelge 5.7).

Çizelge 5.7 EGARCH Modeline İlişkin Sonuçlar

	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

Koşullu standart sapma serisi volatilité serisi olup, reel konut fiyat endeksinin volatilité serisi elde edilmiştir (Şekil 5.5). İncelenen dönem olan 2010-2020 dönemi içinde Ankara Reel Konut Fiyat Endeksi için elde edilen volatilité 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 belirtilebilir. 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 5.5 EGARCH modeline ilişkin koşullu standart sapma

5.3 Granger Nedensellik Testi ve VAR Modeli

Anlatılan konuda cari Ankara ili 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 (Çizelge 5.8):

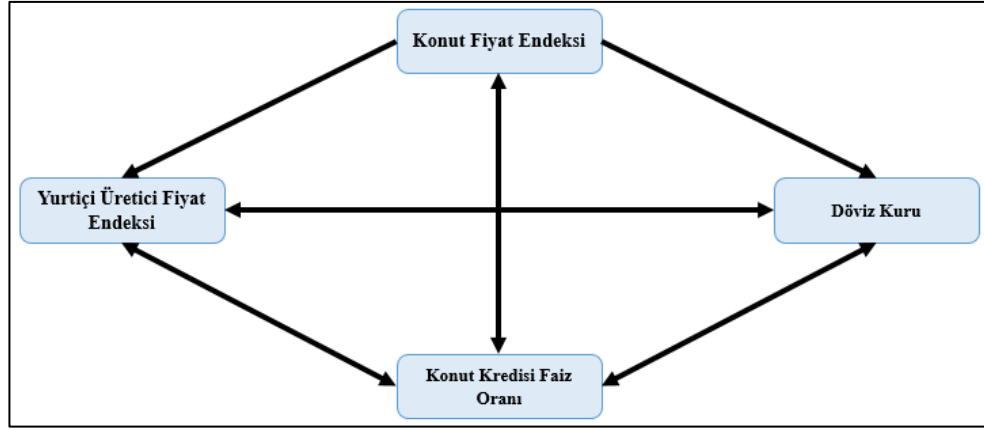
Çizelge 5.8 Değişkenlere ilişkin Granger Nedensellik testi sonuçları

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 oranının 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 oranının 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

Yukarıda verilen değişkenlerin Granger nedensellik ilişkilerine dayalı olarak aşağıdaki akım şeması elde edilmiştir (Şekil 5.6). 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 5.6 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 ve Kesikoğlu 2006). Varyans ayrıştırması sonuçları aşağıda verilmiştir (Çizelge 5.9):

Çizelge 5.9 Konut Fiyat Endeksine ilişkin varyans ayrıştırması sonuçları

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

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 (Çizelge 5.9). 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.

5.4 Gayrimenkul Türev Fiyatlandırma Modellerinin Ankara İli Konut Fiyat Endeksine Uygulanma Olanakları

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 volatilité 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, volatilité, 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.

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

Söz konusu formülde;

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

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

Bu durumda standart normal dağılım tablosundan;

$$N(d_1) = 0,9608, N(d_2) = 0,8621 \text{ olup,}$$

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

$$\text{Opsiyon satış primi: } c/S = 0,6302$$

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 zarar, 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:

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

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

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

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

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:

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

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

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

Standart normal dağılım tablosuna göre;

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

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

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

elde edilmektedir. 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 ve 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 arasında bir swap anlaşması olduğu varsayılmıştır.

2018 yılının Ocak ayında $TRLİBOR = \%14,40$, 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;

$$E(RP_p|\mathcal{E}) = TRLİBOR + RP_p = \% 17,90 (\% 14,40 + \% 3,50)$$

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.

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

Türkiye’de yayımlanan gayrimenkul fiyat endeksi değerlendirildiğinde; endeksin piyasaya göre geç hareket etme durumu olduğundan endekste 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 $E(RP_x|\mathcal{E}) = LIBOR + RP_x < LIBOR + RP_p = E(RP_x)$ gerçekleşecektir.

$E(RP_x|\mathcal{E})$, 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, endekste gecikme etkilerinin toplamı;

$$L = E(RP_x) - E(RP_x|\mathcal{E}) + m \text{ olarak tanımlanmıştır.}$$

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

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

$$\Rightarrow F \leq TRL\dot{I}BOR + B^{uzun} - E[\gamma_s]$$

olarak ifade edilebilir. Örnek olarak alınan verilerde;

$$F_L = TRL\dot{I}BOR + L = (14,40 + 4,50) 18,90$$

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 $F = TRL\dot{I}BOR + E[\gamma_s]$ 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 LIBOR 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;

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

oranında gerçekleşecektir. $F \geq \text{TRLIBOR} + L - \alpha - b_s - E[\gamma_s]$ 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 $t_0 \leq t_1 \leq \dots \leq t_n$ 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 ($\Delta \ln(P_t)$) 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 ve 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.

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

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

Burada;

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

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

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 'nın 0,00 ve K 'nin $((0 \leq K \leq 1))$ K güven değişkeni olup, eğer 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:

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

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

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

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

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

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

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

$$\sigma_2^* = 0,0387 \text{ olmak üzere,}$$

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

$$M_2 = 409,1551$$

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

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

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

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

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

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

Burada;

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

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

$N(-d_2)=0,1611$, $N(-d_1)=0,0298$, $N(d_1)=0,9761$ 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 $\alpha=0,6871$, $\beta=0,1056$, $r_t=0,08$, $\theta=0,1045$, $\sigma=0,1137$ ve $\lambda=0,01$ olarak belirlenmiştir. Bu durumda call opsiyon fiyatı;

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

$$call_t = 4,73$$

olarak bulunmuştur.

viii. Cao-Wei Modelinin Değerlendirilmesi

Cao ve 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 değerlendirme 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 ve Wei (2010) tarafından risk primini futures sözleşmelerde için; 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 $\bar{T}$ 'ye kadar emeklilik sonrası ömrünün olması olarak 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 volatilité olarak bulunmuştur. Söz konusu varsayımlara göre yapılan hesaplamalar sonucu aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır;

$$C_{BS}(S_t, \tau, K, r, q, \sigma) = S_t e^{-q\tau} N(d_1) - K e^{-r\tau} N(d_2)$$

$$C = 12,51$$

Türkiye’de güvenilir bir ticari gayrimenkul endeksinin henüz bulunmamasından dolayı söz konusu modelin ülke ekonomisi için daha kullanışlı olabileceği ve Konut Fiyat Endeksine uyarlanması 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. Endekste büyük boşluklar ya da sıçramalar halinde deltanın etkisi azalmakta ve yanıltıcı sonuçları 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 incelenmiştir. 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 volatilité sabit bir parametre olarak kullanılmış olsa da gerçekte volatilité 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.

5.5 Türkiye’de Sermaye Piyasası Araçları ve Gayrimenkul Türev Sözleşmelerin Uygulanabilirliğinin Değerlendirilmesi

6362 sayılı Sermaye Piyasası Kanunun 3’üncü maddesinde sermaye piyasası araçları; “menkul kıymetler ve türev araçlar ile yatırım sözleşmeleri de dahil olmak üzere Kurulca bu kapsamda olduğu belirlenen diğer sermaye piyasası araçları” şeklinde tanımlanmıştır. Söz konusu tanıma göre sermaye piyasası araçları menkul kıymetler, türev araçlar, yatırım sözleşmeleri ve diğer sermaye piyasası araçları olmak üzere dört grupta toplanabilir. Menkul kıymetler “paylar, pay benzeri diğer kıymetler ile söz konusu paylara ilişkin depo sertifikaları ile borçlanma araçları veya menkul kıymetleştirilmiş varlık ve gelirlere dayalı borçlanma araçları ile söz konusu kıymetlere ilişkin depo sertifikaları” şeklinde ifade edilmektedir. Paylar, “ortaklığın sermayesini temsil eden ve sahibine ortaklık hakkı veren menkul kıymetlerdir”. Pay sahiplerinin; yönetime katılma, kar payı ve kar payı avansı alma, rüçhan, bedelsiz pay alma, tasfiyeden pay alma ve bilgi edinme hakları bulunmaktadır. Nama-hamiline yazılı, adi-imtiyazlı, primli-primsiz, bedelli ve bedelsiz paylar olmak üzere pay çeşitleri bulunmaktadır. Katılma intifa senedi ise; “sahibi olan kişilere ortaklık hakkının dışında kardan pay alma, tasfiye bakiyesinden yararlanma, halka açık olmayan ortaklık tarafından yeni çıkarılacak payları alma hakkı veren kıymetli evraklardır”. Katılma intifa senetlerinin çıkarılabilmesi için esas sözleşmede hüküm bulunması ve genel kurul kararının alınmış olması gerekmektedir. Bu araçlar, halka arz ya da halka arz gerçekleşmeden süresiz şekilde satılabilmektedir (Anonim 2016).

VDMK, Varlığa veya İpoteğe Dayalı Menkul Kıymetler Tebliğinde “devralınan varlıkların karşılık gösterilerek ihraç edilen menkul kıymetler” şeklinde tanımlanmıştır. Tebliğe göre “VDMK, varlık finansmanı fonu (VFF) ya da ipotek finansman kuruluşu (İFK) tarafından devralınan varlıkların karşılık gösterilmesi ile ihraç edilen menkul kıymetler olup, ipoteye dayalı menkul kıymet için ise (İDMK) devralınacak varlıklar konut finansman fonu ya da ipotek finansman kuruluşlarından temin edilmesi” mümkün olacaktır.

6362 Sayılı Kanunda türev araçlar, Kurul tarafından bu kapsamda olduğu belirlenen veya Kanunda sayılan diğer türev araçlar olmakla birlikte sayılan türev araçlar aşağıdaki gibidir.

“i) Menkul kıymetleri satın alma veya satma veya birbirleri ile değiştirme hakkı veren türev araçları, ii) Değeri, bir menkul kıymet fiyatına veya getirisine; bir döviz fiyatına veya fiyat değişikliğine; faiz oranına veya orandaki değişikliğe; bir kıymetli maden veya kıymetli taş fiyatına veya fiyat değişikliğine; bir mal fiyatına veya fiyat değişikliğine; Kurulca uygun görülen kurumlarca yayımlanan istatistiklere veya bunlardaki değişikliğe; kredi riski transferi sağlayan, enerji fiyatları ve iklim değişkenleri gibi ölçüm değerleri olan ve bu sayılanlardan oluşturulan bir endeks seviyesine veya seviyedeki değişikliğe bağlı olan türev araçları, bu araçların türevlerini ve sayılan dayanak varlıkları birbirleri ile değiştirme hakkı veren türevleri, iii) Döviz ve kıymetli madenler ile Kurulca belirlenecek diğer varlıklar üzerine yapılacak kaldıraçlı işlemler”.

Türkiye’de gayrimenkule dayalı türev sözleşmelerin uygulanabilirliği, gayrimenkule dayalı sermaye piyasası araçlarının durumu; inşaat ve gayrimenkul piyasası ve makroekonomik faktörler çerçevesinde genel olarak aşağıdadır.

5.5.1 Gayrimenkule Dayalı Sermaye Piyasası Araçları Çerçevesinde Gayrimenkul Türevlerinin Kullanım Olanakları

Türkiye’de gayrimenkule dayalı finansal ürünler gayrimenkul sertifikaları, sukuk ürünler ve gayrimenkul yatırım fonları olmak üzere üç bölümde incelenmektedir (Arslantürk 2018). Bu bölümde, gayrimenkul türevlerinin söz konusu araçlar çerçevesinde Türkiye’de hali hazırda kullanılabilirliği değerlendirilmiştir.

5.5.1.1 Gayrimenkul sertifikaları

Gayrimenkul Sertifikası Tebliğinde gayrimenkul sertifikalarında “ihraççıların inşa edilecek veya edilmekte olan gayrimenkul projelerinin finansmanında kullanılmak üzere

ihraç ettikleri, gayrimenkul projesinin belirli bağımsız bölümlerini veya bağımsız bölümlerin belirli bir alan birimini temsil eden nominal değeri eşit sermaye piyasası aracı” şeklinde tanımlanmıştır. Gayrimenkul sertifikası, gayrimenkul almak isteyen veya söz konusu gayrimenkul projesinin değerinin artışından yararlanmak isteyen yatırımcıların alabileceği sertifikalardır (Yalçiner 2018). İnşası henüz tamamlanmamış gayrimenkul projelerinin finansman kaynağı olarak kullanılan, söz konusu gayrimenkul projesinde yer alan belirlenmiş bağımsız bölümlerin tamamını ya da alan olarak belirli bir birimini temsil etmek üzere ihraç edilen bir sermaye piyasası aracı olan gayrimenkul sertifikalarının amacı, yatırımcının projeye ortak olması sağlanarak finansman kaynağı yaratmaktır. Bu durum, gayrimenkulü üreten tarafın daha düşük maliyetle kaynak bulmasını sağlamaktadır (Heper Baran 2020).

Türkiye’de gayrimenkul türev sözleşmelere dayanak olması açısından konut fiyat endeksine alternatif olarak, daha önce uygulanmış ve sınırlı gayrimenkul projeleri için geliştirilen gayrimenkul sertifikaları türev sözleşmelere dayanak oluşturulabilecek şekilde düzenlenebilir. Özellikle, gayrimenkul alım-satımının kontrollü olacağı projelerde dinamik fiyatlamanın mümkün olması, gayrimenkul sertifikalarının yatırımcılar tarafından alınıp satılabilir olması türev sözleşmelere ilişkin mekanizmanın çalışabileceğini göstermektedir. Türkiye’de gayrimenkul sertifikaları 30255 Sayılı Kanun ile güncellenmiş olup, ilk uygulama örneği TOKİ’nin Park Mavera III Projesi piyasaya çıkarılarak gerçekleştirilmiştir. Yasal düzenlemeyi geliştirerek gayrimenkul sertifikalarının değeri üzerinden gayrimenkul türev sözleşmeler oluşturulabilmesi mümkün görülmektedir. Aynı zamanda bir satış stratejisi olarak kullanılabilecek olan türev sözleşmeler, büyük gayrimenkul projelerinin satışında büyük rol oynayabilir.

Gayrimenkul sertifikalarından mülkiyet hakkı alınmadan yalnızca proje değer artışından yararlanılabileceği gibi ilgili projede yeterli miktarda toplanması durumunda gayrimenkul sahibi olunabilir. Bu durum, gayrimenkul piyasalarından spot piyasalarda yatırım yapılması anlamına gelmektedir, başka bir ifade ile gayrimenkul sertifikaları gayrimenkulün fiziki olarak alınmasını sağlayan bir araçtır. Bu durum gayrimenkul spot piyasaları ile türev piyasalar arasında oluşan arbitrajı engelleyebilecek bir yatırım oluşturabilir. Bilindiği üzere, arbitraj, finansal bir varlığın farklı piyasalarda aynı zaman

diliminde farklı fiyatlar üzerinden alımı ve satımı sonucu ortaya çıkan risksiz bir işlem olarak tanımlanmıştır. Türev piyasalarda ve spot piyasada fiyatlandırmalarda farklılık bulunduğu takdirde, söz konusu ürün üzerinden bir arbitraj işlemi gerçekleştirilebilir (Bayrı 2020). Syz (2008), bir gayrimenkul endeksinin, gerçek bir varlıktan daha çok bir istatistik olduğunu ve endekste yansıtılan nesnelerin genelde satılık olmadığını, söz konusu nesnelerin uzun vadede yatırımcılar ya da ev sahipleri tarafından tutulduğunu ve endeksi gayrimenkul performansını, nesnelerle işlem yaparak değil, yalnızca fiyatları ve değerlemeleri gözlemleyerek ölçtüğünü belirtmiştir. Diğer bir ifade ile yatırımcıların bir gayrimenkul endeksinin içerdiği tüm gayrimenkulleri işlem maliyetleri olmaksızın sürekli ve anında satın alamayacaklarını ve bu nedenle arbitraj argümanının gayrimenkul türevleri için geçerli olamayacağını vurgulamıştır. Gayrimenkul sertifikalarının işlem maliyetlerini ortadan kaldıran bir düzenleme getirilmesi durumunda, projeye ilişkin bağımsız bölümlerin alım-satımının kontrollü bir şekilde gerçekleştirilerek projelerde dinamik fiyatlamanın mümkün olabileceği ve gayrimenkul sertifikalarının yatırımcılar tarafından alınıp satılabilir olmasından dolayı türev piyasalar için uygun olacağı değerlendirilmiştir.

5.5.1.2 Kira sertifikaları

Kira Sertifikası Tebliği'nin 5'inci maddesinde düzenlenen sahipliğe dayalı kira sertifikası, sukuk'un icara türüne benzerlikler göstermektedir. Kira sertifikaları, kaynak kuruluşa veya üçüncü kişilere kiralanmak üzere varlık kiralama şirketleri tarafından ihraç edilir. Kaynak kuruluş, bir varlığını veya hakkını varlık kiralama şirketi (VKŞ)'ne devreden sermaye şirketi veya tacir niteliğini taşıyan gerçek veya tüzel kişilerin bir araya gelerek ve malvarlıklarını birleştirmek suretiyle yazılı bir sözleşmeye istinaden oluşturdukları adi ortaklıktır. Sahipliğe dayalı kira sertifikası ihraç edilirken, kaynak kuruluş ile VKŞ arasında, dayanak varlığın mülkiyetinin veya hakkın VKŞ'ye devredildiğine ilişkin sözleşme düzenlenmektedir. VKŞ'ler kira sertifikasını ihraç ederek yatırımcılardan fon toplayıp, elde edilen gelir ile varlığı kaynak kuruluştan satın alır. Taşınmazın mülkiyetini elde eden VKŞ, taşınmazı tekrar kaynak kuruluşa veya başka bir üçüncü kişi ya da kuruluşa kiralama sonucunda elde ettiği kira gelirlerini sertifika sahiplerine hisseleri oranında periyodik olarak aktarır (Yüksel 2020). Varlığın vade

sonunda kaynak kuruluşa veya üçüncü kişilere devri için zorunlu olarak değerlendirme şirketlerine değerlendirme raporu hazırlattırılır ve böylece varlığın gerçeğe uygun değeri temin edilerek yatırımcının vade sonunda varsa varlıktaki değer artışından faydalanması sağlanır.

Genel olarak sukuk; geleneksel bonoların bir karşılığı değildir. Geleneksel bonolar faiz getirisi sağlayan borç araçlarıdır. Buna karşılık sukuk varlığa dayalı bir finansal araçtır. Sukuğun faiz getirisi bulunmamaktadır, ancak ilgili varlığın sahiplik hakkını, sukuk satın alanlara sunar. Sukuk işlemlerinin farklı türdeki sözleşmeler (ortaklık, kira, murabaha, selem ve istisna gibi) için farklı usullerle kullanılabilir. Finansman türlerine göre en yaygın kullanılan sukuk çeşitleri arasında Mudaraba, Muşaraka, Murabaha ve İcare Sukuk yer almaktadır (Yılmaz 2014). Uygulamada en çok icare (kira) sukuku ile karşılaşmaktadır. Kira sukukunun işleyişi; varlık kiralama şirketinin (VKŞ) sukuk ihraç etmesi, yatırımcıların ödemeyi yaparak sukuk satın alması, kaynak kuruluşun varlıklarını VKŞ'ye satması ve satış bedelini varlık kiralama şirketinden alması, VKŞ'nin kaynak kuruluştan aldığı varlıkları yine kaynak kuruluşa kiralaması, dönemsel olarak kiralardan alınması, alınan kira bedellerinin sukuk sahiplerine varlıktaki hisseleri oranında dağıtılması, varlık kiralama şirketinin satın aldığı varlıkları kiralama öncesi belirlenen ve taraflarca kabul edilen vadede kaynak kuruluşa satışını gerçekleştirmesi ve söz konusu satış sonrası elde edilen bedelin sukuk sahiplerine hisseleri oranında dağıtması şeklindedir (Aktepe 2011).

Klasik tahvil veya bonolarda getiri olarak her dönemde belirli bir faiz ve vade sonunda ise nominal değer tahsil edilmektedir. Yatırımcılar hem faiz geliri elde ederler hem de ihraç fiyatı ile nominal değer arasındaki fark kadar kazanç elde etmektedirler. Sukukta ise her dönem bir kira geliri elde edilir ve satıldığı zaman varlıkta meydana gelen değer artışı nispetinde getiri elde edilmiş olur. Türkiye'de uygulanan kira sertifikası aracı, icare sukukuna benzer özellikler taşımaktadır. Elde edilen gelir açısından kira sertifikaları/sukuk bireysel yatırımcılar açısından %10 stopaja tabi olup, kurumsal yatırımcılar açısından stopaj kesintisi yapılmamaktadır (Özeroğlu 2014).

Sukuk türlerinden olan Mudaraba, bir tür proje finansmanı olup, projenin kar-zarar paylaşımına esas olacak şekilde düzenlenir (Yakar vd. 2013). Projede bir nakit akışı olmakla birlikte, Mudaraba yatırımcıları ilgili projede paya sahiptir ve ödemeler söz konusu yatırımcılara yapılmaktadır. Kar ve zarar paylaşımı esasına dayandığından dolayı, sukuk ihraç eden şirket nakit akışlarının değiştirilmesi yoluyla bir swap sözleşmenin bir tarafı olabilir. Bu durumda, ileride etkilenileceği düşünülen bir durumdan dolayı zarar edeceğini düşünen şirket, başka bir finansal ürünün nakit akışı ile (Mudaraba'ya dayalı) yatırımın nakit akışını karşılıklı olarak değiştirilmesi yoluna gidebilir.

5.5.1.3 Gayrimenkul yatırım fonları

Türkiye’de gayrimenkul yatırım fonları (GYF) “Gayrimenkul Yatırım Fonlarına İlişkin Esaslar Tebliği” ile yürürlüğe girmiş olup, piyasada gayrimenkule dayalı yeni bir sermaye piyasası aracı ve bir yatırım aracı yer almıştır. GFY’ler tasarrufların bir havuzda toplandığı ve yatırımların konu uzmanı kişiler tarafından büyük oranda gayrimenkullere yapıldığı mal varlıkları şeklinde tanımlanır (Şengül 2017).

Gayrimenkul yatırım fonları, yatırımcıların katılım payları sayesinde, fon dahilinde bulunan gayrimenkullerden ortaya çıkan kazançların elde edilmesini sağlayan yapılar olarak tanımlanabilmektedir. Bu durum, gerek gayrimenkul sektörüne bir rekabet getirmekte, gerekse sermaye piyasalarının gelişmesine katkı sunmaktadır (Hepşen 2014).

Spot piyasalarda gayrimenkul yatırımlarına göre daha güvenli olduğunu düşünen yatırımcılar açısından GYF’ler bir alternatif yatırım aracı olarak görülmektedir. Yatırımcıların, devlet tarafından garanti verilen, SPK tarafından denetime tabi olunan bir yatırım sistemi içinde yer alması hem güvenilirlik, hem zaman, hem de vergisel avantajları yönünden makul bulunmaktadır (Şengül 2017).

Sermaye Piyasası Kurulu’nun yayınladığı Yatırım Fonlarına İlişkin Rehber’de türev piyasalara ilişkin; “fon portföyüne, riskten korunma amacıyla sınırlı olarak, borsa dışından türev araç ve swap sözleşmeleri dahil edilebilir” şeklinde belirtilmiştir. Bu yolla,

gayrimenkul yatırım fonlarına yatırım yapan nitelikli yatırımcılara katılım paylarının ödenmesi esnasında oluşan nakit akımlarına bağlı swap sözleşmeler yapılabilir. Swap sözleşme uygulamasının gerçekleştirilebileceği bu durum, fon yatırımcılarına riskten korunma sağlarken, gayrimenkul yatırım fonlarına doğrudan yatırım yapmayan ancak fon gelirinden faydalanmak isteyen yatırımcılar için bir yatırım fırsatı olabilecektir.

5.5.2 Gayrimenkul türevlerinin kullanımının Vadeli İşlem ve Opsiyon Borsası Yönetmeliği çerçevesinde değerlendirilmesi

Türkiye’de ilk olarak 23.02.2001 tarihinde yürürlüğe giren “Vadeli İşlem ve Opsiyon Borsalarının Kuruluş ve Çalışma Esasları Hakkında Yönetmeliği”, 27.03.2004 tarihinde yürürlüğe giren “Vadeli İşlem ve Opsiyon Borsası Yönetmeliği” ile yeniden ele alınmıştır. Yönetmeliğin amacı “2499 sayılı Sermaye Piyasası Kanununun; 40’ıncı maddesi ve Vadeli İşlem ve Opsiyon Borsalarının Kuruluş ve Çalışma Esasları Hakkında Yönetmelik uyarınca, Vadeli İşlem ve Opsiyon Borsası Anonim Şirketi’nin işlem, üyelik, takas ve faaliyet esaslarını düzenlemektir” şeklinde belirtilmiştir. “Yönetmelik, Mülga 2499 sayılı Sermaye Piyasası Kanununu ve ilgili mevzuat hükümlerine uygun olarak; vadeli işlem ve opsiyon sözleşmeleri ile her türlü türev araçtan oluşan sermaye piyasası araçlarının işlem göreceği piyasaları oluşturmak, geliştirmek, oluşturulan piyasaların güven ve istikrar içerisinde, serbest rekabet koşulları altında, dürüstlük ve açıklık ilkeleri çerçevesinde faaliyette bulunmasını sağlamak amacıyla Borsanın çalışma esas ve kurallarını belirlemek” için yürürlüğe konulmuştur.

Vadeli İşlem ve Opsiyon Piyasası (VİOP)’nda işlem gören piyasalar “pay, endeks ve döviz dayalı opsiyonlar ile pay, endeks, döviz, enerji, emtia, kıymetli madenler, yabancı endeksler, metal, Türk Lirası Gecelik Referans Faiz Oranı (TLREF) ve devlet iç borçlanma senetleri” şeklinde sıralanmıştır (Anonim 2022a).

İlk olarak 15.08.2021 tarihinde Dolar/TL vadeli işlem sözleşmeleri işleme açılmış olup, 04.02.2005 yılında VOBAS (Vadeli İşlem ve Opsiyon Borsası) kurulmuş ve ardından 21.12.2012 tarihinde İMKB (İstanbul Menkul Kıymetler Borsası) Vadeli İşlem ve Opsiyon Piyasası (VİOP) faaliyete geçmiştir. 05.08.2013 tarihinde ise VOBAS ve VİOP

sistemleri birleştirilerek Türkiye’de vadeli işlem ve opsiyon sözleşmeleri VİOP çatısı altında işlem görmeye başlamıştır. 09.11.2018 tarihinde Vadeler arası Strateji Sözleşmeleri (XU030 (BİST 30), USD/TRY (Dolar/TL), XAU/USD (Altın/Dolar)), 24.05.2019 tarihinde Esnek Opsiyon Sözleşmeleri, 02.08.2019 tarihinde TLREF (Türk Lirası Gecelik Referans Faiz Oranı) Vadeli İşlem Sözleşmeleri, 22.10.2021 tarihinde Fiziki Teslimatlı USD/TL ve 15.03.2022 tarihinde ise fiziki teslimatlı Devlet İç Borçlanma Senetleri (DİBS) Vadeli İşlem Sözleşmeleri işlem görmeye başlamış olup, gayrimenkul türevlerinin ihracı söz konusu değildir.

Türkiye’de türev piyasalarında işlem gören sözleşmelerin fiyat oluşumunda, spot ve vadeli fiyatlar arasındaki ilişkiye dayalı modeller kullanılmakla birlikte modellerden biri Taşıma Maliyeti ve diğeri ise Beklentiler Modeli’dir. Taşıma maliyeti modelinde, herhangi bir varlığı elde tutmanın, diğer bir anlamda taşımanın, alternatif maliyeti o varlığa yatırılan paranın faiz getirisi şeklindedir. Beklentiler modelinde ise dayanak varlığın spot piyasalarda işlem göre fiyatının türev ürünlerdeki teslim tarihine kadar ne ölçüde değişeceğine bağlı olarak vadeli fiyatın belirlenmesidir. Söz konusu modele göre vadeli işlemin cari fiyatının, belirlenmiş olan teslim günündeki spot piyasadaki fiyata eşit olmaktadır (Taş 2016). Taşıma maliyeti, endeks ve endekse dayalı vadeli işlem sözleşmelerinin fiyatları arasındaki denge ilişkisini ortaya koyan model olup, taşıma maliyetine göre bir türev ürünün fiyatı, spot piyasadaki fiyat ile taşıma maliyetinin toplamına eşittir. Taşıma maliyetine göre endekse dayalı vadeli işlem sözleşmelerinin teorik olarak fiyatı aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır (Öztürk 2008):

$$\text{Vadeli Fiyat} = \text{Spot Fiyat} + \text{Taşıma Maliyeti (Faiz Oranı)} - \text{Temettü Miktarı}$$

Endeks değeri ile endekse dayalı vadeli işlem sözleşmelerinin fiyatları arasındaki ilişki daha detaylı olarak aşağıda verilmiştir:

$$\text{Vadeli Fiyat} = \text{Spot Endeks Değeri} * \exp(\text{faiz oranı-temettü geliri}) * (\text{vadeye kalan gün sayısı}/365)$$

Teorik olarak, endeks değeri ile endekse dayalı vadeli işlem sözleşmelerinin getiriler arasındaki ilişki ise aşağıdaki gibidir:

$$\ln(\text{vadeli fiyat}(t)/\text{vadeli fiyat}(t-1)) = \ln(\text{spot fiyat}(t)/\text{spot fiyat}(t-1)) + (\text{faiz oranı}-\text{temettü geliri})$$

Getirilere göre oluşturulan eşitlikte, spot ve vadeli işlemler piyasalarında aynı zaman diliminde öncü-izleyici ilişkinin bulunmaması gerektiği anlaşılmaktadır. Başka bir ifadeyle aynı zaman diliminde aynı hareketlerin oluşması beklenmektedir.

Chambers (2007), beklentiler hipotezini, yatırımcıların risk nötral olduğu varsayımı altında türev fiyatlar ile spot fiyatların birbirine eşit olması şeklinde açıklamıştır. P_t^f , vadeli sözleşmenin bugünkü değeri ve $E(P_T^S)$, teslim tarihindeki spot piyasada beklenen fiyat olmak üzere $P_t^f = E(P_T^S)$ eşitliği sağlanır. Başka bir ifadeyle vadeli piyasada oluşan fiyatın bugünkü değeri, teslim tarihinde spot piyasada beklenen fiyata eşit olmaktadır. Söz konusu fiyatlandırma modelleri gayrimenkul piyasa dinamiklerini kapsamadığından, dolayı gayrimenkul türevleri için bir temel oluşturulmak istenmesi durumunda, farklı fiyatlandırma modellerinin kullanılması uygun olacaktır. Bu modeller, Türkiye için uygunluğu bulunan gayrimenkul türev fiyatlandırma modelleri arasından seçilmesi mümkündür.

5.5.3 Türkiye’de gayrimenkul türevlerinin kullanımının inşaat ve gayrimenkul piyasası ile makroekonomik faktörler çerçevesinde değerlendirilmesi

Gayrimenkul ve inşaat faaliyetleri, ekonomik büyüme, ulusal gelir, istihdam gibi bazı makroekonomik göstergelerin yanında para ve sermaye piyasalarını önemli ölçüde etkileyebilmektedir (Odabaş 2011). Bu durum, dünya ekonomisinin dinamiklerini değiştiren, ülkelerin üretim göstergelerinde kendini hissettiren, 2008 yılında Amerika Birleşik Devletleri’nde başlayan ve daha sonra diğer ülkeleri etkileyen kriz bulunmakta olup, temelinde bir gayrimenkul finansman sistemi (mortgage) bulunmaktadır. Söz konusu kriz sürecinde, 2008 yılında ve 2009 yılının ilk iki çeyreğinde birçok ülkede

ekonomik olarak küçülme ve faiz oranlarında artış gibi bazı olumsuz sonuçlar ortaya çıkmıştır (Afşar 2011). ABD ekonomisinde yaşanan finansal kriz ise aşırı değerlendirilmiş, gayrimenkul fiyatlarının dengelerine doğru dönme eğiliminden ve bu eğilimin oluşturduğu panikten kaynaklanmış olup, söz konusu krizin nedenleri, uzun dönemli verilen konut kredilerinin yapısının bozulması, faizlerin uyumsuzluğu, konut fiyatlarında bir balon oluşması, menkul kıymet fonlanmasında yaşanan sıkışıklık, türev piyasalarının hacimlerinin genişlemesi ve kredi derecelendirmesindeki sorunlar olarak sıralanabilir (Öcal 2011).

Ekonomik ve mali krizlere rağmen herhangi bir gayrimenkulün değeri hem ulusal, hem de bölgesel eğilimlere göre değişim gösterdiğinden, gayrimenkul yatırımlarında gayrimenkulün beklenen değerden satılamaması riski her zaman bulunmaktadır. Zira, hem konut, hem de ticari gayrimenkuller fiyat volatilitesine maruz kalabilir. Söz konusu risk, gayrimenkul türevlerinin uygun bir şekilde kullanımı ile ancak kontrol edilebilir (Berk 2016). Bilindiği gibi türev ürünlerin en önemli faydalarından biri de yatırımcıların finansal riske ilişkin risk yönetimine vermiş olduğu katkı vardır. Risk yönetimi; finansal olarak ortaya çıkan riskin tanımlanması, ölçülmesi ve yönetilmesi süreci olarak tanımlanır. Birçok firma riskten korunma (hedging) stratejisini uygular. Türev sözleşmeler de finansal riskten korunma uygulamasında başvurulan araçlardan biridir (Saltoğlu 2018).

Gayrimenkul piyasaları incelendiğinde, konut talebi ve konut arzının birbirleri ile olan ilişkilerinin yanında makroekonomik değişkenler ile olan ilişkilerinin de önemli olduğu görülmüştür. Bu bölümde, Türkiye’de gayrimenkul yatırımlarını dolayısıyla türev ürünlere olan talebi etkilemesi açısından konut piyasası verileri ve makroekonomik değişkenler birlikte incelenmiştir.

Türkiye’de Vadeli İşlem ve Opsiyon Borsası’nda pay, endeks, döviz, enerji, emtia, yabancı endeksler gibi piyasalara ilişkin türev ürünler işlem görmekte, ancak gayrimenkul piyasalarına ait türev ürünler bulunmamaktadır. Gayrimenkul türev ürünlerin ihracı için bir gayrimenkul endeksine gereksinim duyulmaktadır. Türkiye’de TCMB tarafından yayımlanan Türkiye Konut Fiyat Endeksi, bir konutun ipotekli alım-

satım işlemi sırasında değerlendirme uzmanlarının hazırladığı raporlar doğrultusunda oluşturulan bir endeks olarak kullanılmaktadır. Bilindiği üzere ipotekli satış, bir konutun teminat olarak gösterilmesi ve bir banka ya da finans kuruluşunun kredi vermesi ile gerçekleştirilen satışlardır. Türkiye’de faiz avantajının olduğu dönemlerde, ipotekli satışlarda artış gerçekleştiği, özellikle Kovid-19 salgınının yaşandığı 2020 yılında kredi ödeme ve faizin düşürülmesi ile birlikte bu sayının arttığı tespit edilmiştir. 2013-2022 döneminde, ipotekli satışların toplam satışlara oranı incelendiğinde, ipotekli satışların % 19,74 ile % 39,76 arasında değiştiği, en fazla oranın 2013 (% 39,76) ve 2020 (% 38,24) yıllarında, en düşük oranın ise 2018 (% 20,13) ve 2021 (% 19,74) yıllarında gerçekleştiği görülmüştür (Çizelge 5.10).

Çizelge 5.10 İpotekli satışların toplam konut satışları içindeki payı

Dönem	Toplam konut satışı	İpotekli satış	Pay (%)	Diğer satışlar	Pay (%)
2013	1.157.190	460.112	39,76	697.078	60,24
2014	1.165.381	389.689	33,44	775.692	66,56
2015	1.289.320	434.388	33,69	854.932	66,31
2016	1.341.453	449.508	33,51	891.945	66,49
2017	1.409.314	473.099	33,57	936.215	66,43
2018	1.375.398	276.820	20,13	1.098.578	79,87
2019	1.348.729	332.508	24,65	1.016.221	75,35
2020	1.499.316	573.337	38,24	925.979	61,76
2021	1.491.856	294.530	19,74	1.197.326	80,26
2022 (Ocak - Mayıs)	575.889	129.707	22,50	446.182	77,50

Gayrimenkul yatırımlarında ortaya çıkan maliyeti genelde, hammadde miktarı, piyasa fiyatı, işçilik maliyetleri belirlemekle birlikte bazı özel durumlara göre de değişim gösterebilmektedir. Yatırımcının ya da müşterilerin istekleri, bazı yasal sınırlamalar, çevre şartları ve estetik gibi durumlar ile projenin yeri, zemin yapısı ve teknolojik kullanım maliyeti değiştirmektedir (Uğur 2007).

Türkiye’de olası bir gayrimenkul türev ürün ihracında talebin riskten korunma amacıyla olan inşaat firmaları ve gayrimenkul yatırımcıları tarafından oluşacağı değerlendirildiğinden dolayı inşaat sektörünün genel durumu incelendiğinde; inşaat sektörü, 2011 yılında % 11,5 oranında büyüme göstermesinden sonra bir daralma dönemine girmiştir. Bu durumdan sonra üç ayrı düzenleme hayata geçirilerek inşaat sektörünün canlandırılması amaçlanmıştır. Söz konusu düzenlemeler; yabancı gerçek

kişilerin gayrimenkul ve sınırlı ayni hak edinmelerinin kolaylaştırılması, Afet Riski Altında Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanunun çıkarılması ile birlikte Türkiye genelinde risk altında bulunan yapıların yıkılarak yenilenmesi için düzenleme getirilmesi ve 150 m²'den büyük ve küçük yapılarda KDV oranlarının düzenlenmesi olarak sıralanabilir (Hatipoğlu ve Tanrıvermiş 2017).

İnşaat maliyetlerinde 2016 yılının sonlarında başlayan artış, 2018 yılının sonuna doğru geçen yılın aynı ayına göre % 40 civarında bir artış ile devam etmiş, 2019 yılında 2018 yılına göre azalmıştır (Anonim 2019). Konut kredisi hacminin konut fiyat endeksi, konut kredisi faiz oranı ve inşaat maliyet endeksi ile eşbütünleşik bir ilişki içindedir. Başka bir ifade ile uzun dönemde dengededir (Atasoy ve Tanrıvermiş 2021). Özellikle inşaat maliyetleri ile iç içe olan konut fiyatlarının değişimi, konut kredisi hacmine ve konut kredisi faiz oranlarına bağlı olduğu vurgulanmalıdır. Bu durum, gayrimenkul piyasası dinamiklerinin çok yönlü ele alınması ile anlaşılabilceği ve söz konusu dinamiklere göre bir endeks oluşturulması gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Konut piyasasına ilişkin talep, kullanıma yönelik ve yatırıma yönelik olmak üzere iki şekilde tanımlanabilir (Öztürk ve Fitöz 2009). Eğer konut kullanım amacı ile edinilmişse, hanehalkının toplam geliri, konuta ilişkin fiziksel özellikler ve konumu ile konut kredisine ilişkin faiz oranı değişkenleri söz konusu konutun değerini belirlemektedir. Eğer konutun edinimi yatırım amaçlı ise konutun kira getirisi ya da kira/değer oranı, konut dışındaki yatırım ürünlerinin getirileri ya da getiri oranları ve hanenin geliri talebin belirleyicileri olduğunu belirtmişlerdir. Büyükduman (2014), konut arzını, inceleme yapılan bölgede var olan konut stoku ile konutun fiyatı arasındaki ilişki olarak tanımlamıştır.

Türkiye’de 2010-2022 dönemi içinde inşaat ve gayrimenkul sektörlerinin Gayrisafi Yurt İçi Hasıla içindeki payı incelendiğinde (Anonim 2022c), inşaat sektörünün 2013-2017 döneminde payı % 7 - % 10 arasında olduğu bu oranın inşaat maliyetlerinin artışta olduğu 2018-2019 yıllarında azaldığı belirlenmiştir. Gayrimenkul faaliyetlerinin ise 2010 ve 2011 yıllarında % 8 - % 12 arasında olduğu ve özellikle 2018-2022 döneminde oldukça azaldığı belirlenmiştir (Çizelge 5.11).

Çizelge 5.11 Türkiye’de inşaat ve gayrimenkul faaliyetlerinin GSYİH içindeki payı

Yıllar	İnşaat sektörünün GSYİH içinde payı (%)					Gayrimenkul faaliyetlerinin GSYİH içinde payı (%)				
	I. çeyrek	II. çeyrek	III. çeyrek	IV. çeyrek	Yıllık	I. çeyrek	II. çeyrek	III. çeyrek	IV. çeyrek	Yıllık
2010	5,18	6,20	6,37	6,25	6,05	11,56	10,19	9,11	9,20	9,90
2011	6,12	7,51	7,24	7,42	7,12	10,40	9,15	8,24	8,38	8,95
2012	6,48	7,71	7,65	7,67	7,42	9,83	8,73	8,05	8,16	8,62
2013	7,36	8,11	8,27	8,20	8,02	9,25	8,25	7,60	7,83	8,17
2014	8,21	8,14	8,01	7,89	8,05	8,70	8,24	7,51	7,61	7,97
2015	7,79	8,24	8,00	8,33	8,10	8,73	7,86	7,19	7,22	7,69
2016	7,80	9,26	8,27	8,52	8,48	8,57	7,81	7,59	6,95	7,67
2017	7,73	9,08	8,72	8,35	8,49	8,10	7,33	6,68	6,53	7,09
2018	7,85	8,37	6,32	6,27	7,12	7,51	6,82	6,16	6,58	6,72
2019	6,16	5,46	4,74	5,42	5,41	7,29	6,68	6,18	6,22	6,56
2020	5,29	6,41	4,65	4,98	5,25	7,15	7,31	5,65	5,50	6,26
2021	5,20	5,69	4,92	4,73	5,07	6,12	5,42	4,74	4,15	4,95
2022	4,44				4,96	4,40				3,73

Türkiye’de 2010-2022 dönemi içinde yapı ruhsat sayıları ve yapı kullanma izin belge sayıları incelendiğinde (Anonim 2022b), inşaat maliyetlerinin artışta olduğu ve 2019-2020 yıllarında hem yapı ruhsatı sayısında, hem de yapı kullanma izin belge sayısında yaşanan azalış dikkati çekmiştir (Çizelge 5.12). Bu dönem içinde gayrimenkul ve inşaat sektöründeki yatırımlar; yüksek enflasyon, inşaat maliyetlerinin artışı ve döviz kurunda yaşanan dalgalanmalardan dolayı azalmıştır. Gayrimenkul yatırımlarının azalması, konut stoku ile konutun fiyatı arasındaki ilişki olarak tanımlanan gayrimenkul arzının yetersizliğini doğurmuştur. Arz yetersizliği ile karşı karşıya kalan piyasada, talebin artması ile konut fiyatlarında artış gözlenmiştir.

Çizelge 5.12 Türkiye’de yapı ruhsat sayıları ve yapı kullanma izin belge sayıları

Yıl	Yapı Ruhsatı İstatistikleri			Yapı Kullanma İzin Belgesi İstatistikleri		
	Bina sayısı	Daire sayısı	Yüzölçümü (m ²)	Bina sayısı	Daire sayısı	Yüzölçümü (m ²)
2010	139.616	907.451	176.429.366	82.131	429.755	85.281.468
2011	101.900	650.127	123.621.864	98.339	556.769	105.650.512
2012	107.816	771.878	158.749.723	95.763	556.331	106.950.602
2013	121.754	839.630	175.807.606	120.933	726.339	138.495.060
2014	139.541	1.031.754	220.653.829	124.510	777.596	152.869.154

Çizelge 5.12 Türkiye’de yapı ruhsat sayıları ve yapı kullanma izin belge sayıları (devamı)

Yıl	Yapı Ruhsatı İstatistikleri			Yapı Kullanma İzin Belgesi İstatistikleri		
	Bina sayısı	Daire sayısı	Yüzölçümü (m ²)	Bina sayısı	Daire sayısı	Yüzölçümü (m ²)
2015	125.741	897.230	189.674.525	110.204	732.948	143.105.650
2016	134.099	1.006.650	206.971.538	111.383	754.174	151.305.780
2017	161.921	1.405.447	287.333.966	118.802	833.517	163.356.035
2018	104.509	669.165	149.438.529	127.117	894.240	174.607.255
2019	55.717	319.720	73.351.564	93.880	738.816	150.092.669
2020	96.241	555.397	112.742.419	77.865	600.096	122.229.101
2021	138.309	721.259	150.847.787	92.182	627.082	127.797.120
2022 (Ocak Mayıs)	54.417	261.581	56.421.859	45.172	303.550	59.618.652

Yurt dışı örneklerine göre Türkiye’de ekonomik sistemin gelişimi ile ve gayrimenkul sisteminin iyi çalışmayan yönlerinde sorunların olduğu görülmüştür. Tapu tescili esnasında verilen beyan değerinden, banka transferlerinin takibine, imar planlarının ve konut/iş yeri planlarının erişiminin rahatlatılmasına kadar birçok konuda yeniliklerin getirilmesi ve özellikle “birleştirilmiş veri sisteminin” hayata geçirilmesi doğru veriye ve dolayısıyla doğru endekse ulaşılmasını sağlayacaktır. Bu yolla piyasaların şeffaflığı da sağlanmış olmakla birlikte, ileriye yönelik tahminlerin ve dolayısıyla piyasanın güçlü olması durumu söz konusu olacaktır. Bu bağlamda düşünüldüğünde, bir gayrimenkul türev sözleşmesine dayanak olabilecek bir endeksin oluşturulması uzun yıllar alabilecektir. Çünkü birleştirilmiş veri sistemi; Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü, belediyeler, bankalar, TÜİK, TCMB ve bazı bakanlıklar gibi kamu ve özel kuruluşların verilerinin toplanması ve değerlendirme uzmanlarına erişiminin açılması ile oluşturulabilecek bir sistem olarak düşünülmüştür.

6. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

Araştırmada öncelikle literatürde yer alan gayrimenkul türev fiyatlandırma modelleri değerlendirilmiş, incelenen modeller ve piyasa verileri ile oluşturulan analizler ile Türkiye’de gayrimenkul türev piyasalarına yönelik bir temel oluşturması yoluyla gerek vadeli işlemler piyasasında işlem yapan yatırımcılara, gerekse karar organlarına yol göstermesi için sonuçların ortaya konulması hedeflenmiştir. Bu çerçevede çalışmada; 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 kaldıracı 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 değer 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 saptamıştır. 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.

Finans piyasalarındaki belirsizlik, söz konusu değişkenlerin volatiliteleri cinsinden ölçüldüğünden dolayı çalışmada, Ankara İli (Reel) Konut Fiyat Endeksinin bir volatilitite

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 endekslerin 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.

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 değerlendirme uzmanlarının erişimine açılması da doğru raporlama açısından önemli görünmektedir.

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 şekilde 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.

Türkiye’de gayrimenkule dayalı sermaye piyasası araçları; gayrimenkul sertifikaları, kira sertifikaları ve gayrimenkul yatırım fonları olmak üzere üç bölümde incelenmektedir. Gayrimenkul sertifikalarının fiyatlandırılmasında gayrimenkul alım satımı sırasında ortaya çıkan işlem maliyetlerinin yansıtılması da piyasada var olan arbitraja izin vermeyecektir. Türkiye açısından değerlendirildiğinde, ulusal düzeyde gayrimenkul türev ürünlerine dayanak oluşturabilecek bir endeksin bulunmaması ve makroekonomik değişkenlerin gelişmiş ülkelere kıyasla istikrarlı olmaması ve piyasalardaki şeffaflığın daha az olması yönlerinden düşünüldüğünde daha küçük ölçekli endekslerin kullanımı önerilmektedir. Bu koşullarda, Ankara Konut Fiyat Endeksi gibi belirli bir bölge

endeksine dayalı ya da gayrimenkul sertifikası ihraç edilen büyük bir proje üzerinden türev sözleşmelerin ortaya konulmasının ilk aşamada daha doğru olacağı değerlendirilmiştir. Türkiye’de daha önce uygulanmış ve sınırlı gayrimenkul projeleri için geliştirilen gayrimenkul sertifikaları türev sözleşmelere dayanak oluşturulabilecek şekilde düzenlenmesi söz konusu sisteminin ülkede uygulanabilir olması açısından önemlidir. Özellikle, alım-satımın kontrollü olacağı projelerde dinamik fiyatlamamanın mümkün olması, yatırımcılar tarafından alınıp satılabilir olması türev sözleşmelere ilişkin mekanizmanın çalışabileceğini göstermektedir. Ayrıca sukuk ürünlerinden olan Mudaraba ile finanse edilen bir yatırımda ortaya çıkan nakit akışları ile başka bir finansal ürünün nakit akışları karşılıklı olarak değiştirilmesi yoluyla, yatırımcı şirket bir swap anlaşmasının tarafı olabilir. Gayrimenkule dayalı sermaye piyasası araçlarından biri olan gayrimenkul yatırım fonları aracılığıyla da gayrimenkul türevlerinin ihraç edilmesi söz konusu olabilir. Gayrimenkul yatırım fonlarına yatırım yapan nitelikli yatırımcılara katılım paylarının ödenmesi esnasında oluşan nakit akımlarına bağlı swap sözleşmelerin yapılması mümkün görülmektedir.

Gayrimenkule dayalı spot araçların ve gayrimenkul türev araçların geliştirilmesi ve ... yapılabilmesi için gayrimenkul sisteminin geliştirilmesi ve değerlendirme sisteminin iyileştirilmesi ve piyasada şeffaflığın artırılması zorunludur. Diğer bir ifade ile sistemlerin işleyişinin tam olarak Türkiye’de uygulanabilir olması için hukuksal, teknik, finansal konularda değişikliklerin ve yeniliklerin getirilmesi zorunludur. Bu konudaki çalışmaların disiplinler arası bir ekip dahilinde, gerek gayrimenkul finansı gerekse gayrimenkul hukuku ve ilgili gayrimenkul branşlarında yetkin olan uluslararası akredite edilmiş Gayrimenkul Geliştirme ve Yönetimi Bölümü lisans ve lisansüstü mezunlarının yer alması büyük önem arz etmektedir.

KAYNAKLAR

- Afşar, M. 2011. Küresel Kriz ve Türk Bankacılık Sektörüne Yansımaları. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi, 6(2); 143,171.
- Akçay, M.B., Kasap, M., Doğuç, T. ve Kasap, G. 2012. Finans Mühendisliği ve Risk Yönetimi Perspektifiyle Türev Piyasalar ve Yapılandırılmış Ürünler. Scala Yayıncılık, İstanbul.
- Akdi, Y. 2012. Zaman Serileri Analizi, Birim Kökler ve Kointegrasyon, Gazi Kitabevi, Ankara.
- Akel, V. 2011. Kriz Dönemlerinde Finansal Piyasalar Arasındaki Volatilite Yayılma Etkisi. Detay Yayıncılık, Ankara.
- Aktepe, İ.E. 2012. Sorularla Katılım Bankacılığı, TKBB, Yayın No:4 İstanbul.
- Alkali, M., Sipan, İ. ve Razali, M.N. 2019. The Effect of Negative Information on The Volatility of Real Estate Residential Prices in Abuja, Nigeria, International Journal of Housing Markets and Analysis, 13(2); 267-280.
- Anonim. 2011. Türev Piyasa Araçları. Milli Eğitim Bakanlığı Yayınları, Ankara.
- Anonim. 2016. Sermaye Piyasası Araçları, Sermaye Piyasası Kurulu, Ankara.
- Anonim. 2019. Odak, İnşaat Maliyetleri, Web Sitesi: <http://www.tskbgd.com.tr/Sites/1/upload/files/odak-insaat-maliyeti-25092019-51.pdf>, Türkiye Sınai Kalkınma Bankası Gayrimenkul Değerleme Yayınları, Erişim Tarihi: 16.06.2020.
- Anonim. 2020a. Konut Fiyat Endeksi İstatistikleri, Veri: Kapsam, Dönemsellik ve Zamanlılık, Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası Elektronik Veri Dağıtım Sistemi (EVDS), Ankara.
- Anonim. 2020b. Web Sitesi: <https://www.gyoder.org.tr/yayinlar/yeni-konut-fiyat-endeksi>, Erişim Tarihi: 26.04.2020.
- Anonim. 2022a. Borsa İstanbul, Vadeli İşlem ve Opsiyon Piyasası, Web Sitesi: <https://borsaistanbul.com/tr/sayfa/48/vadeli-islem-ve-opsiyon-piyasasi>, Erişim Tarihi: 23.06.2022.
- Anonim. 2022b. Yapı İzin İstatistikleri, TÜİK, Web Sitesi: <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=insaat-ve-konut-116&dil=1>, Erişim Tarihi: 08.08.2022.

- Anonim. 2022c. Dönemsel Gayrisafi Yurt İçi Hasıla Verileri, TÜİK, Web Sitesi:<https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=ulusal-hesaplar-113&dil=1>, Erişim Tarihi: 08.08.2022.
- Anonymous. 2014. IPD Indexes And Benchmark Methodology Guide, Published by MSCI (Morgan Stanley Capital International), USA.
- Anonymous. 2018. Pathway Guide Commercial Real Estate, Published by (Royal Institution of Chartered Surveyors) RICS, London, UK.
- Anonymous. 2020. Web Sitesi: https://www.rcanalytics.com/our-data/rca_cpqi/ Erişim Tarihi: 26.04.2020.
- Arslanlı, K.Y. 2012. Mekansal Ağırlıklandırılmış Otoregresif Konut Fiyat İndeks Modeli. Doktora Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şehir ve Bölge Planlaması Anabilim Dalı, İstanbul.
- Arslantürk, H. V. 2018. Gayrimenkule Dayalı Sermaye Piyasası Araçlarının Türkiye Sermaye Piyasasına Uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Para, Sermaye Piyasaları ve Finansal Kurumlar Anabilim Dalı.
- Atasoy, T. ve Tanrıvermiş, H. 2021. Türkiye’de Konut Kredisi Hacmi İle Seçilmiş Makroekonomik Faktörler Arasındaki İlişkinin Değerlendirilmesi, Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 59; 461-484.
- Ball, M., Lizieri, C. ve MacGregor, D. 2002. The Economics of Commercial Property Markets, Routledge, This Edition Published in The Taylor & Francis e-Library, London, UK.
- Başoğlu, U, Ceylan, A. ve Parasız, İ. 2009. Finans, Teori, Kurum ve Uygulama, Ekin Kitabevi Yayınları, Bursa.
- Baum, A. 2009. Commercial Real Estate Investment 2nd Edition, EG Books Short Run Press, Exeter, UK.
- Bayri, E. 2020. Türk Bankacılık Sektöründe Kullanılan Türev Ürünlerin Banka Kârlılığı Üzerine Etkisi. Doktora Tezi, Ufuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Ankara.
- Berk, C. 2016. The Role of Real Estate Derivatives in Hedging Real Estate: An Empirical Analysis of the U.S. Commercial Market. International Journal of Financial Research, 7(4); 168-174.

- Biket, C.A. 2015. Yatırım Bankalarında Emtialara Dayalı Vadeli Enstrümanların Kullanımı ve Türkiye Uygulaması. Doktora Tezi. Marmara Üniversitesi, Bankacılık ve Sigortacılık Enstitüsü, Bankacılık Anabilim Dalı, İstanbul.
- Bjork, T. ve Clapham, E. 2002. On the Pricing of Real Estate Index Linked Swaps, Elsevier Journal of Housing Economics 11(2002); 418-432.
- Black, F. ve Scholes, M. 1973. The Pricing of Options and Corporate Liabilities, The Journal of Political Economy, 81(3); 637-654.
- Black, J., Hashimzade, N. ve Myles, G. 2009. A Dictionary of Economics, Oxford University Press, Oxford, UK.
- Blundell, G. ve Ward, C. 1987. Property portfolio allocation: A multi-factor model, Land Development Studies, 4(2); 145-156
- Bollerslev, T. 1986. Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity. Journal of Econometrics, 31(3); 307-327.
- Bond, S. A. ve Mitchell, P. 2011. The Information Content of Real Estate Derivative Prices, The Journal of Portfolio Management Special Real Estate Issue 37(5); 170-181.
- Boyle, P. ve McDougall, J. 2019. Trading and Pricing Financial Derivatives. Walter de Gruyter Inc., Boston/Berlin.
- Bozkurt, H. Y. 2013. Zaman Serisi Analizi, Genişletilmiş 2. Baskı, Ekin Yayınevi, Bursa.
- Brooks, C. 2014. Introductory Econometrics For Finance (Third Edition), Cambridge University Press is a part of the University of Cambridge.
- Büyükduman, A. 2014. Bir Kent Efsanesi Konut Balonu. Scala Yayıncılık, İstanbul.
- Cao, M. ve Wei, J. 2010. Valuation of Housing Index Derivatives. Journal of Futures Markets, 30(7); 660–688.
- Chambers, N. 2007. Türev Piyasalar, Beta Yayınları, İstanbul.
- Chambers, N. 2012. Türev Piyasalar. Beta Basın Yayın Dağıtım, İstanbul.
- Chisholm, A.M. 2010. Derivatives Demystified, A Step-by-Step Guide to Forwards, Futures, Swaps and Options. Wiley Publication, UK.
- Geltner D. ve Fisher J. 2007. Pricing and Index Considerations in Commercial Real Estate Derivatives. The Journal of Portfolio Management, Special Real Estate Issue, 33(5); 99-118.

- Diewert, E. ve Shimizu, C. 2015. Residential Property Price Indices For Tokyo, Macroeconomic Dynamics, Cambridge University Press, (19); 1659-1714.
- Dizman, Ş. 2014. Türev Finansal Ürünlerin; Türkiye Muhasebe Standartları (TMS), Türkiye Finansal Raporlama Standartları (TFRS) ve Yeni Hesap Planı Taslağı Kapsamında Muhasebeleştirilmesi, Erzincan Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 7(1); 17-30.
- Dodd, R. 2002. The Structure of OTC Derivatives Markets, The Financier, 9(1-4);1-5.
- Enders, W. 1995. Applied Econometric Time Series. John Wiley & Son, Inc. USA.
- Enders, W. 2004. Applied Econometric Time Series, 2nd Edition. In: Wiley Series in Probability and Statistics, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, USA.
- Enders, W. 2010. Applied Econometric Time Series, 3rd Edition, John Wiley & Sons, Hoboken, USA.
- 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., ve Tunaru, R. S. 2011. A Pricing Framework For Real Estate Derivatives. European Financial Management, 18(5); 762–789.
- Fisher, J.D. 2005. US Commercial Real Estate Indices: The NCREIF Property Index. A Chapter in Real Estate Indicators and Financial Stability, Bank For International Settlements Publications. 2005(21); 359-367.
- Fisher, J.D. ve Dierking, D. 2009. Understanding and Querying the NCREIF Database. NCREIF Annual Conference, October 7-8, USA.
- Fisher, J. D., Geltner, D.M. ve Webb, R. B. 1994. Value Indices of Commercial Real Estate: A Comparison of Index Construction Methods, Journal of Real Estate Finance and Economics, (9); 137-164, Kluwer Academic Publishers.
- Geyikçi, U.B. 2020. Türev Ürünlerden Opsiyon İşlemleri, Spreadler, Stratejiler, Sentetikler, Egzotikler ve Fiyatlama, Seçkin Yayıncılık, Ankara.
- Giliberto, M. 2013. Assessing Real Estate Volatility, Estimates from adjusted private and public market evidence. The Journal of Portfolio Management, 29(5); 122-128.
- Gottesman, A. 2016. Derivatives Essentials An Introduction to Forwards, Futures, Options, and Swaps. Wiley Finance Series, Wiley Publication, USA.
- Gujarati, D.N. 2012. Basic Econometrics, Tata McGraw-Hill Education, Noida, India.

- Gupta, A., Verma, S. Pratap Singh Negi, D. ve Sirohi, R. 2021. Real Estate Futures and Derivative Markets in India: Scope and Challenges, *International Journal of Economics Business and Human Behaviour*, 2(2); 11-21.
- Hacker, J. ve Ernst, D. 2017. *Financial Modeling An Introductory Guide to Excel and VBA Applications in Finance*. Global Financial Markets, Publisher: Palgrave Macmillan London, UK.
- Hanisch, A.T. 2018. Factors Influencing The Propensity of Real Estate Investors in The UK to Employ Property Derivatives, *Journal of Property Investment & Finance*, 37(2); 194-214.
- Hatipoğlu, Ü. ve Tanrıvermiş, H. 2017. H. Türkiye’de Arz ve Talep Açısından Konut Yatırım Tercihlerini Etkileyen Faktörlerin Değerlendirilmesi, *Bankacılar Dergisi* 28(100); 49-75.
- Haurin, D.R. 2005. US Commercial Real Estate Indices: Transaction-Based and Constant-Liquidity Indices, *A Chapter in Real Estate Indicators and Financial Stability*, Bank For International Settlements Publications, (21); 232-242.
- Heper Baran, L. 2020. Türkiye’de Gayrimenkul Finansmanı Yönünden Gayrimenkul Sertifikaları. Yüksek Lisans Tezi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gayrimenkul Geliştirme ve Yönetimi Anabilim Dalı, Ankara.
- Hepşen, A. 2014. *Gayrimenkul Finansman Piyasalarında Yeni Bir Soluk: Gayrimenkul Yatırım Fonları*, İstanbul.
- Hull, J.C. 2009. *Options, Futures, and Other Derivatives 7th Edition*. Pearson Education Inc, USA.
- Hull, J.C. 2017. *Fundamentals of Futures And Options Markets*. Pearson Education Limited, UK.
- Hülagü, T., Kızılkaya, E., Özbekler, A.G. ve Tunar, P. 2016. Türkiye Konut Fiyat Endeksi’nin Kalite Değişimi Etkisinden Arındırılması: Hedonik Konut Fiyat Endeksi, *Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası Ekonomi Notları*, (02); 1-15, Ankara.
- Karabıyık, L. ve Anbar, A. 2007. Hisse Senedi Swapları ve Hisse Senedi Swaplarının Fiyatlandırılması, *Muhasebe ve Finansman Dergisi*, 33; 61-72.
- Karatepe, Y. 2000. *Türev Piyasalar*. Ankara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Yayını, Yayın No: 587, Ankara.
- Kavrar, Ö. ve Yılmaz, B. 2019. Riske Maruz Değer Yöntemiyle Portföy Riskinin Belirlenmesi, *Marmara Üniversitesi Öneri Dergisi*, 15(52); 486-508.

- Kennedy, P. 2006. Ekonometri Kılavuzu (6.Baskı), Çeviren: Sarımeşeli, M. ve Açıkgöz, Ş. Gazi Kitabevi, Ankara.
- Kutlu, H. A. ve Demirci, N. S. 2011. Küresel Finansal Krizi (2007-?) Ortaya Çıkaran Nedenler, Krizin Etkileri, Krizden Kısmi Çıkış Ve Mevcut Durum, Muhasebe ve Finansman Dergisi, 52; 121-136.
- Kokot, S. 2017. Residential Property Price Indices On Small Property Markets, Real Estate Management and Valuation, 25(1); 5-18.
- Levy, E. 1992. Pricing European Average Rate Currency Options, Journal of International Money and Finance 11(5); 474-491.
- Lim, J.Y. ve Zhang, Y. 2006. A Study on Real Estate Derivatives, Master Thesis, Massachusetts Institute of Technology, USA.
- Lo, A. W. ve Wang, J. 1995. Implementing Option Pricing Models When Asset Returns Are Predictable, The Journal of Finance Volume 50(1); 87-129.
- Majewska, A. 2020. Real Estate Derivatives as Financial Instrument Possibility Prospects of Usage in Poland. Investment Management and Financial Innovations 17(3); 148-159.
- Maurer, R., Pitzer, M. ve Sebastian, S. 2001. Construction of a Transaction Based Real Estate Index for the Paris Housing Market, 8th European Real Estate Society Conference-ERES, Alicante, Spain.
- Maurer, R., Pitzer, M. ve Sebastian, S. 2004. Hedonic Price Indices For The Paris Housing Market, Allgemeines Statistisches Archiv, (88); 303-326.
- Mi, L. ve Hodgson, A. 2018. Real Estate's Information And Volatility Links With Stock, Bond And Money Markets, Accounting and Finance Association of Australia and New Zealand, 58(S1); 465-491.
- Nelson, D.B. 1991. Conditional Heteroskedasticity in Asset Returns: A New Approach, Econometrica, 59; 347-370.
- Odabaş, D. 2011. Türkiye’de Makroekonomik Faktörlerin Konut Fiyatına Etkisi. Doktora Tezi. Afyon Kocatepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Afyonkarahisar.
- Öcal, F.M. 2011. Küresel Ekonomik Krizin Reel Sektöre Etkileri Çerçevesinde Türkiye’nin Dış Ticaret Analizi. Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi, 10(36); 204-225.

- Özcan, M. 2015. Nonlinear Dynamics In Financial Time Series And Unit Root Tests: Case Of Borsa Istanbul Sectoral Price-Earning Ratios, Journal of Economics, Finance & Accounting-JEFA 2(4); 584-602.
- Özçelik, A. 2003. Hedonik Piyasalar Teorisi ve Bir Uygulama: Erzurum'da Konut Kiralarının Oluşumu ve Konut Hizmetleri Talebi. Yüksek Lisans Tezi. Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı, Erzurum.
- Özeroğlu, A. İ. 2014. Sukuk ve Türkiye'de Sukukun Uygulanabilirliğinin Değerlendirilmesi. Tarih Okulu Dergisi, 7(19); 751-772.
- Öztürk, B. 2008. İMKB ve VOB Arasındaki Etkileşimin İMKB-30 ve İMKB 100 Bağlamında İrdelenmesi ve Elde Edilen Sonuçların VOB Bünyesinde Gerçekleştirilen İşlemlerin Gözetimi-Denetimi Açısından Değerlendirilmesi, Sermaye Piyasası Kurulu, İstanbul.
- Öztürk, N. ve Fitöz, E. 2009. Türkiye'de Konut Piyasasının Belirleyicileri: Ampirik Bir Uygulama. ZKÜ Sosyal Bilimler Dergisi, Cilt. 5, Sayı. 10; 21-46.
- Razali, M.N., Hamid, M. Y. ve Zekri, M. M. 2019. The Dynamic of Volatility Of Pan-Asian Property Portfolio Markets, Planning Malaysia:Journal of the Malaysian Institute of Planners, 17(1); 10-22.
- Rüzgar, N.S. 2003. Bir İşletmenin Ödemeler Dengesini Markov Süreçleri Yardımıyla Analizi. Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 5(1); 164-179.
- Saltoğlu, B. 2018. Türev Araçlar, Piyasalar ve Risk Yönetimi. Sermaye Piyasası Lisanslama Sicil ve Eğitim Kuruluşu Yayınları, İstanbul.
- Sevüktekin, M. ve Çınar, M. 2014. Ekonometrik Zaman Serileri Analizi (Eviews Uygulamalı), Dora Yayıncılık, Bursa.
- Shakir, A. 2010. Piyasa Riski ve Türev Araçlar. Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Anabilim Dalı, Edirne.
- Shiller, R. J. 2008. Derivatives Markets For Home Prices, Cowles Foundation For Research In Economics Yale University, Paper No. 1648; 1-27.
- Shiller, R.J. ve A. Weiss. 1999. Home equity insurance. Journal of Real Estate Finance and Economics 19(1); 21-47.
- Shumway, R.H.ve Stoffer, D. S. 2017. Time Series Analysis and Its Applications With R Examples. Springer International Publishing, The Netherlands.

- Songül, H. 2010. Otoregresif Koşullu Değişen Varyans Modelleri: Döviz Kurları Üzerine Uygulama. Uzmanlık Yeterlilik Tezi. Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası, Araştırma ve Para Politikası Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Stock, J. H. ve Watson, M. W. 2011. Ekonometriye Giriş, Çeviren: Saraçoğlu B., Efil Yayınevi, Ankara.
- Syz, J.M. 2008. Property Derivatives, Pricing, Hedging and Applications. Wiley (John Wiley & Sons, Ltd.), Chichester, UK.
- Taş, T. 2016. Türkiye’de Vadeli İşlem ve Opsiyon Piyasası’nın Etkinliği ve Sözleşmelerin Karşılaştırmalı Fiyat Öngörümlemesi. Doktora Tezi, Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Anabilim Dalı, Manisa.
- Tunaru, R.S. 2017. Real-Estate Derivatives From Econometrics to Financial Engineering. Oxford University Press, UK.
- Tunç, H. 2010. Katılım Bankacılığı Felsefesi Teorisi ve Türkiye Uygulaması, Nesil Yayınları, İstanbul.
- Tural, Ö. 2008. Riskten Korunmada Opsiyon Sözleşmeleri Fiyatlandırma Modeli Uygulamaları. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Bankacılık ve Sigortacılık Enstitüsü Sermaye Piyasaları ve Borsa Anabilim Dalı, İstanbul.
- Türker, H. 2009. Riske Maruz Değer (Value a Risk) ve Stres Testi: Global Finansal Kriz Sonrası Etkinliklerinin Değerlendirilmesi, Sermaye Piyasası Kurulu.
- Uğur, L. O. 2007. Yapı Maliyeti, Yapı Dünyası Dergisi, 131;10-22.
- 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.
- Van Bragt, D., Francke, M. K., Singor, S. N. and Pelsser, A. 2015. Risk-neutral Valuation of Real Estate Derivatives. The Journal of Derivatives, 23(1), 89–110.
- Wang, S. ve Hartzell, D. 2020. What Influences Real Estate Volatility in Hong Kong? An ARMA-GARCH Approach. International Journal of Housing Markets and Analysis, DOI: 10.2139/ssrn.3521649.
- Yakar, S., Kandır, S. Y. ve Önal, Y. B. 2013. Yeni bir finansman aracı olarak sukuk-kira sertifikası ve vergisel boyutunun incelenmesi, Bankacılar Dergisi, 24(84); 72-92.
- Yalçiner, K., Tanrıöven, C., Bal, H., Aksoy, E. E. ve Kurt Cihangir, Ç. 2014. Finansal Teknikler ve Türev Araçlar. Detay Yayıncılık, Ankara.
- Yalçiner, K. 2018. Gayrimenkul Finansmanı. Detay Yayıncılık, Ankara.

- Yetiz, F. 2008. Finansal Sistemin Yapısı, Finansal Derinleşme ve Ekonomik Büyüme İlişkisi, Türk Finans Sistemi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı.
- Yılmaz, E. 2014. Yeni Bir Finansal Araç Olarak Sukuk: Çeşitleri, Türkiye Uygulaması ve Vergilendirilmesi, Muhasebe ve Finansman Dergisi, 61; 81 – 100.
- Yıldırım Bayraktar, K. 2009. İçsel Büyüme Teorisi Açısından İnsan Sermayesinin Büyüme Üzerine Etkisinin Analizi: Türkiye Örneği
- Young, M., Fisher, J. D. ve D'Alessandro, J. 2017. New NCREIF Value Index and Operations Measures, Journal of Real Estate Literature, 25(1); 221-235.
- Yurdakul, F. 2016. Döviz Kurunun Belirleyicileri Kısmı ve Koşullu Granger Nedensellik, SETAR, LSTAR, TVAR Modelleri. Gazi Kitabevi, Ankara.
- Yüksel, E. B. 2020. Sahipliğe Dayalı Kira Sertifikaları ve Bunların Saf İnançlı İşlem Niteliği. Hacettepe Hukuk Fakültesi Dergisi, 10(1); 150-182.
- Zheng, M., Song, H. ve Liang, J. 2022. Modelling and Forecasting Volatility of Daily Listed Real Estate Returns Focusing on Periods of Economic Crises : Evidence From GARCH Models, Digitala Vetenskapliga Arkivet, Sweden.

Ek- Çalışmada Kullanılan Veri Seti

SIRA	TARİH	Ankara Konut Fiyat Endeksi (Cari)	Ankara Konut Fiyat Endeksi (Reel)	Yi-ÜFE	Döviz Kuru (\$)	Konut Kredisi Faiz Oranları
1	2010-01	50,7000	50,7000	164,94	1,4663	12,13
2	2010-02	51,0000	50,6895	167,68	1,5056	11,98
3	2010-03	51,9000	50,6877	170,94	1,5283	11,75
4	2010-04	52,2000	50,6704	174,96	1,4879	11,50
5	2010-05	52,7000	50,6917	172,95	1,5348	11,51
6	2010-06	52,8000	50,6987	172,08	1,5703	11,30
7	2010-07	53,0000	50,7040	171,81	1,5363	10,97
8	2010-08	53,4000	50,7001	173,79	1,5016	10,75
9	2010-09	53,3000	50,6932	174,67	1,4889	10,64
10	2010-10	53,6000	50,6868	176,78	1,4185	10,32
11	2010-11	53,7000	50,6918	176,23	1,4295	9,94
12	2010-12	54,5000	50,6936	178,54	1,5131	9,65
13	2011-01	54,8000	50,6759	182,75	1,5538	9,47
14	2011-02	55,4000	50,6697	185,90	1,5828	9,64
15	2011-03	55,7000	50,6630	188,17	1,5747	9,73
16	2011-04	56,0000	50,6623	189,32	1,5156	10,15
17	2011-05	56,3000	50,6661	189,61	1,5642	10,35
18	2011-06	56,6000	50,6714	189,62	1,594	10,76
19	2011-07	57,0000	50,6787	189,57	1,6467	12,09
20	2011-08	57,3000	50,6666	192,91	1,7442	12,66
21	2011-09	57,8000	50,6600	195,89	1,7865	12,51
22	2011-10	58,0000	50,6476	199,03	1,8271	12,45
23	2011-11	57,7000	50,6360	200,32	1,8038	14,14
24	2011-12	57,5000	50,6226	202,33	1,8589	14,45
25	2012-01	58,1000	50,6292	203,10	1,8389	14,50
26	2012-02	59,2000	50,6491	202,91	1,7511	13,93
27	2012-03	60,0000	50,6590	203,64	1,7793	13,31
28	2012-04	60,9000	50,6731	203,81	1,7798	13,06
29	2012-05	61,8000	50,6826	204,89	1,797	12,75
30	2012-06	62,3000	50,7060	201,83	1,8161	12,60
31	2012-07	62,6000	50,7139	201,20	1,8049	12,42
32	2012-08	62,5000	50,7098	201,71	1,7858	12,14
33	2012-09	63,0000	50,7075	203,79	1,7956	12,04
34	2012-10	63,4000	50,7121	204,15	1,7941	11,33
35	2012-11	63,8000	50,7020	207,54	1,7855	10,77
36	2012-12	64,0000	50,7063	207,29	1,7791	10,09
37	2013-01	64,5000	50,7160	206,91	1,7639	9,78
38	2013-02	65,2000	50,7281	206,65	1,7699	9,58
39	2013-03	65,8000	50,7292	208,33	1,8072	9,31
40	2013-04	66,8000	50,7496	207,27	1,7965	9,06
41	2013-05	67,6000	50,7515	209,34	1,8228	8,77
42	2013-06	68,4000	50,7488	212,39	1,8945	8,30
43	2013-07	68,9000	50,7462	214,50	1,9305	8,91
44	2013-08	69,2000	50,7502	214,59	1,9547	9,78
45	2013-09	69,4000	50,7443	216,48	2,0171	10,73
46	2013-10	70,1000	50,7475	217,97	1,9903	10,93
47	2013-11	70,7000	50,7499	219,31	2,0217	10,62
48	2013-12	71,1000	50,7445	221,74	2,0578	10,61
49	2014-01	71,3000	50,7151	229,10	2,2168	11,30
50	2014-02	71,9000	50,7098	232,27	2,2128	13,03

Ek- Çalışmada Kullanılan Veri Seti (devamı)

SIRA	TARİH	Ankara Konut Fiyat Endeksi (Cari)	Ankara Konut Fiyat Endeksi (Reel)	Yi-ÜFE	Döviz Kuru (\$)	Konut Kredisi Faiz Oranları
51	2014-03	72,6000	50,7121	233,98	2,2178	13,51
52	2014-04	73,3000	50,7209	234,18	2,1275	13,52
53	2014-05	74,0000	50,7357	232,96	2,0908	12,94
54	2014-06	74,4000	50,7406	233,09	2,1157	12,29
55	2014-07	75,2000	50,7440	234,79	2,1187	11,46
56	2014-08	75,7000	50,7464	235,78	2,1583	11,06
57	2014-09	76,6000	50,7498	237,79	2,2036	10,91
58	2014-10	77,1000	50,7471	239,97	2,2583	10,75
59	2014-11	77,8000	50,7661	237,65	2,2336	10,91
60	2014-12	78,0000	50,7763	235,84	2,2877	11,01
61	2015-01	79,2000	50,7884	236,61	2,3283	11,01
62	2015-02	80,3000	50,7902	239,46	2,4552	10,80
63	2015-03	81,6000	50,7959	241,97	2,5838	10,82
64	2015-04	82,2000	50,7891	245,42	2,6481	10,97
65	2015-05	83,3000	50,7913	248,15	2,6461	11,49
66	2015-06	83,8000	50,7948	248,78	2,7012	11,87
67	2015-07	84,6000	50,8075	247,99	2,6946	12,28
68	2015-08	84,9000	50,8013	250,43	2,8456	12,59
69	2015-09	85,5000	50,7932	254,25	3,0027	13,57
70	2015-10	86,3000	50,8046	253,74	2,9296	14,30
71	2015-11	87,3000	50,8308	250,13	2,8713	14,13
72	2015-12	87,9000	50,8410	249,31	2,9172	14,01
73	2016-01	88,5000	50,8424	250,67	3,007	14,27
74	2016-02	88,5000	50,8444	250,16	2,9407	14,45
75	2016-03	88,9000	50,8449	251,17	2,8917	14,45
76	2016-04	90,2000	50,8543	252,47	2,8347	14,33
77	2016-05	91,4000	50,8528	256,21	2,9266	13,96
78	2016-06	92,1000	50,8563	257,27	2,917	13,84
79	2016-07	92,4000	50,8575	257,81	2,9576	13,67
80	2016-08	92,7000	50,8599	258,01	2,9629	12,86
81	2016-09	93,3000	50,8634	258,77	2,9601	12,09
82	2016-10	94,6000	50,8689	260,94	3,0679	12,12
83	2016-11	95,4000	50,8576	266,16	3,2675	11,69
84	2016-12	95,9000	50,8338	274,09	3,4889	11,42
85	2017-01	96,4000	50,8005	284,99	3,7349	11,45
86	2017-02	97,3000	50,7973	288,59	3,6724	11,38
87	2017-03	98,6000	50,8003	291,58	3,6659	11,06
88	2017-04	99,2000	50,7988	293,79	3,6538	11,28
89	2017-05	100,5000	50,8067	295,31	3,5639	11,55
90	2017-06	100,4000	50,8050	295,52	3,519	11,72
91	2017-07	100,2000	50,7958	297,65	3,5599	12,02
92	2017-08	99,9000	50,7844	300,18	3,5125	12,49
93	2017-09	100,8000	50,7910	300,90	3,468	12,87
94	2017-10	101,7000	50,7830	306,04	3,6623	13,05
95	2017-11	102,3000	50,7690	312,21	3,8791	13,12
96	2017-12	102,6000	50,7584	316,48	3,8477	13,52
97	2018-01	102,8000	50,7506	319,60	3,7723	14,14
98	2018-02	103,1000	50,7273	328,17	3,778	14,68
99	2018-03	103,5000	50,7160	333,21	3,8809	14,79
100	2018-04	105,0000	50,7048	341,88	4,054	14,83

Ek- Çalışmada Kullanılan Veri Seti (devamı)

SIRA	TARİH	Ankara Konut Fiyat Endeksi (Cari)	Ankara Konut Fiyat Endeksi (Reel)	Yi-ÜFE	Döviz Kuru (\$)	Konut Kredisi Faiz Oranları
101	2018-05	107,0000	50,6866	354,85	4,4141	13,88
102	2018-06	107,8000	50,6644	365,60	4,6282	13,10
103	2018-07	108,0000	50,6489	372,06	4,748	16,86
104	2018-08	106,6000	50,5748	396,62	5,7302	18,99
105	2018-09	105,8000	50,4699	439,78	6,3669	25,18
106	2018-10	106,6000	50,4684	443,78	5,8594	28,95
107	2018-11	106,2000	50,4905	432,55	5,3735	28,63
108	2018-12	104,2000	50,4940	422,94	5,3061	27,82
109	2019-01	104,0000	50,4875	424,86	5,3694	26,22
110	2019-02	105,5000	50,5010	425,26	5,2621	22,98
111	2019-03	105,3000	50,4836	431,98	5,4419	18,16
112	2019-04	106,1000	50,4620	444,85	5,7358	17,70
113	2019-05	106,2000	50,4369	456,74	6,0494	20,45
114	2019-06	107,1000	50,4445	457,16	5,8119	21,81
115	2019-07	109,4000	50,4762	452,63	5,6722	21,06
116	2019-08	111,1000	50,4977	449,96	5,6248	14,15
117	2019-09	111,6000	50,5009	450,55	5,7128	12,98
118	2019-10	112,1000	50,5037	451,31	5,7845	13,12
119	2019-11	113,1000	50,5134	450,97	5,7312	12,96
120	2019-12	114,7000	50,5206	454,08	5,8376	12,69
121	2020-01	116,7000	50,5197	462,42	5,9182	11,88
122	2020-02	119,3000	50,5371	464,64	6,0445	11,43
123	2020-03	120,9000	50,5417	468,69	6,3144	11,40
124	2020-04	123,1000	50,5470	474,69	6,819	11,72
125	2020-05	131,9000	50,6022	482,02	6,9519	11,23
126	2020-06	135,4000	50,6217	485,37	6,8088	9,30
127	2020-07	137,1000	50,6240	490,33	6,8511	9,11
128	2020-08	140,2000	50,6231	501,85	7,2522	11,09
129	2020-09	142,0000	50,6099	515,13	7,5078	14,16
130	2020-10	144,7000	50,5939	533,44	7,8739	15,07
131	2020-11	147,2000	50,5713	555,18	8,0033	15,68
132	2020-12	149,3000	50,5622	568,27	7,7211	18,19