T.C.
TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
BANKACILIK ANA BİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

BANKACILIKTA RİSK ÖLÇÜMÜNDE STOKASTİK MODELLERİN KULLANILMASI; MARKOV PROSESİ İLE BİR UYGULAMA

ÖZLEM ATEŞ

DANIŞMAN
DR. ÖĞR. ÜYESİ SONAT BAYRAM

EDİRNE, 2021

Tezin Adı: Bankacılıkta Risk Ölçümünde Stokastik Modellerin Kullanılması; Markov Prosesi İle Bir Uygulama

Hazırlayan: Özlem ATEŞ

ÖZET

Bugüne kadar konu ile ilişkili olarak sunulan Modeller, tahvil riski primlerinin rejim kayması altındaki iki bileşeni içerdiğini göstermektedir. Bunlardan bir tanesi difüzyon riskinden dolayı rejime bağlı risk primidir. Diğeri, tahvil fiyatlarındaki kesin değişimler ile farklı rejimlerdeki stokastik iskonto faktörü arasındaki değişimlere bağlı olan rejim değiştirici bir risk primidir. Primler teriminin bu yeni bileşeni, rejim değişikliklerine bağlı olarak tahvil fiyatlarındaki (veya faiz oranlarındaki) tekrarlayan kaymaların sistematik olarak değişme riski ile ilişkilidir ve tahvil getirilerini etkileyen önemli bir faktördür.

Faiz oranlarının vade yapısıyla ilgili elde edilmiş bir diğer gerçeklik ise uzun vadeli oranların oynaklıkta zayıflamadığıdır. Standart afine modellerinde, faiz oranlarının oynaklığı, temel durum değişkenleri çok kalıcı olmadıkça (risk-nötr olasılık ölçüsü altında) hızlı bir şekilde sıfıra dönüşebilen faktör yüklerine bağlıdır. Bu çalışmada oluşturulacak model, rejim kaymalarının, verim eğrisinin hem kısa hem de uzun ucunu eşit olarak etkileyebilecek ek bir oynaklık kaynağı oluşturduğunu göstermektedir. Bu nedenle, model, temel durum değişkenleri çok kalıcı olmasa bile, uzun vadeli faiz oranları üretebilir. Bu anlamda yapılacak olan bu araştırma ile bankacılıkta temel risklerin ölçümünde yeni bir stokastik yaklaşım oluşturulmaya çalışılacaktır.

Anahtar Kelimeler: Risk, Risk Yönetimi, Stokastik, Markov, Markov Zinciri

Name of Thesis: Use of Stockastic Models in Measuring Risk in Banking; An Application with the Markov Process

Prepared by: Özlem ATEŞ

ABSTRACT

Models presented related to the issue by this time show that bond risk premiums include two components under the regime shift. One of them is the risk premium relevant to regime due to the diffusion risk. The other one is a regime-changing risk premium, which depends on changes between precise changes in bond prices and the stochastic discount factor in different regimes. This new component of the term premiums is related to the risk of systematic variation of recurring shifts in bond prices (or interest rates) due to regime changes and it is an important factor affecting bond returns.

Another reality obtained about the term structure of interest rates is that long-term rates do not get weak in volatility. In standard affine models, the volatility of interest rates depends on factor loads that may quickly turn to zero unless the base state variables are very permanent (under the risk-neutral probability measure). The model to be generated in this study shows that regime shifts create an additional source of volatility that may affect both the short and long point of the yield curve equally. Therefore, the model can generate long-term interest rates even if the base state variables are not very permanent. With this research to be conducted in this sense, a new stochastic approach will be attempted to measure the key risks in banking.

Key Words: Risk, Risk Management, Stochastic, Markov, Markov Chain

ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimine başlamam için beni heveslendiren, öncü olan, eğitimim ve tüm hayatım boyunca bana her zaman destek olan biricik aileme varlıkları ve tüm emekleri için teşekkür ederim.

Gerek eğitim gerekse tez aşamasında tüm bilgi ve birikimlerini benimle paylaşan, tezimin ortaya çıkmasında çok büyük katkısı olan saygıdeğer danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Sonat BAYRAM' a teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamın, ilgili alanda çalışan herkese faydalı olması dileğiyle…

AMAÇ

Çalışmada, rejim değişimleri altındaki çıkarların yapısının sürekli bir modelini geliştirerek ve tahmin ederek bu literatüre katkıda bulunulması hedeflenmektedir. Mevcut rejim değiştirme modellerinin çoğu, ayrık zamanlı bir çerçevede veya sürekli zamanlı modelde geliştirilmiş ve sürekli zamanlı modelin birçok avantajı görülmüştür; (1) Rejim kaymalarının verim eğrisi üzerindeki etkisini açıklamaya yardımcı olan Markov rejimi kaymalarının analitik olarak basit bir gösteriminde kullanılır; (2) rejim değiştirme riskinin piyasa fiyatının açık bir ekonomik yorumunu sunar; (3) Zamanla değişen geçiş olasılıkları, rejime bağlı ortalama geri dönüşüm katsayılarının varlığında faiz oranlarının terim yapısının izlenebilir bir çözümünü verir, fiyatlandırılmış rejim değiştirme riski ve log-lineer yaklaşımlar kullanmadan her bir rejime bağlı stokastik değişkenlikler; (4) Sürekli zamanlı bir model, faiz oranı türevlerinin fiyatlandırılması uygulamalarında da daha uygun olduğu görülmüştür.

ARAŞTIRMA YÖNTEMİ

Araştırmada birincil verilerden derlenen zaman serileri ile proses uygulanacak ve elde edilen bulgular ekonometri paket programları aracılığıyla analiz edilerek sonuçları yorumlanacaktır.

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **i**
ABSTRACT ..... **ii**
ÖNSÖZ ..... **iii**
AMAÇ ..... **iii**
ARAŞTIRMA YÖNTEMİ ..... **iii**
İÇİNDEKİLER ..... **iv**

I.BÖLÜM

BANKACILIKTA RİSK ÖLÇÜMÜ

1.1. BANKACILIK SEKTÖRÜNDE RİSK

1.1.1.Risk Kavramı 1
1.1.2.Risk Yönetimi 2
1.1.3.Risk Yönetimi Dereceleri 6
1.1.3.1. Güçlü Tipte Etkin Risk Yönetimi……..... 6
1.1.3.2. Kabul Edilebilir Tipte Etkin Risk Yönetimi …….... 6
1.1.3.3. Zayıf Tipte Etkin Risk Yönetimi....…… 6

1.2. BANKACILIK SEKTÖRÜNDE KARŞILAŞILAN RİSKLER 7
1.2.1. SİSTEMATİK RİSKLER 8
1.2.1.1. Piyasa Riski 8
1.2.1.2. Politik Risk 9
1.2.1.3. Enflasyon Riski 11
1.2.1.4. Faiz Oranı Riski 12
1.2.1.5. Kur Riski (Forex Riski) 13
1.2.2. SİSTEMATİK OLMAYAN RİSKLER 14
1.2.2.1. Finansal Risk 15
1.2.2.2. Endüstri Riski 15
1.2.2.3. Yönetim Riski 16
1.3. BANKACILIKTA RİSK ÖLÇÜM MODELLERİ 18

1.3.1. Risk Ölçümü Kavramı 18
1.3.2. Risk Ölçüm Modelleri 19
1.3.2.1. GELENEKSEL RİSK ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ 21
1.3.2.1.1. Gap (Boşluk) Analizi 22
1.3.2.1.2. Süre (Duration) Analiz 25
1.3.2.1.3. Senaryo Analizi 27
1.3.2.2. Geleneksel Modellerin Avantajları Ve Dezavantajları 28
1.3.2.3. MODERN RİSK ÖLÇÜM MODELLERİ VE VAR 29
1.3.2.3.1. Riske Maruz Değer- Value At Rısk (RMD-VaR) 30
1.3.2.3.1.1. Riske Maruz Değer Yönteminin Avantaj ve Dezavantajları 32
1.3.2.3.2. RMD Hesaplamaları Ve Yöntemleri 33
1.3.2.3.2.1. Parametrik Yöntem (Varyans – Kovaryans Yöntemi) 34
1.3.2.3.2.2. Tarihsel Simülasyon Yöntemi 35
1.3.2.3.2.3. Stokastik veya Monte Carlo Simülasyon Yöntemi 37
1.3.2.3.2.4. Delta – Gamma VaR 39
1.3.2.3.3. RMD Hesaplama Yöntemlerine İlişkin Karşılaştırma 40
1.3.2.3.4. Duyarlılık Analizleri 43
1.3.2.3.5. Geriye Dönük Test (Backtestıng) 44
1.3.2.3.6. Stres testi 45

II. BÖLÜM

BANKACILIKTA STOKASTİK SÜREÇLER

2.1.STOKASTİK SÜREÇ NEDİR 46
2.2.STOKASTİK SÜREÇLERİN SINIFLANDIRILMASI 47
2.2.1. Sürecin Olasılık Yapısına Göre Sınıflandırma 47
2.2.2. Sürece İlişkin Belirli Özelliklere Göre Sınıflandırma 47
2.2.3. İlgilenilen Problem Ve Metodlara Göre Sınıflandırma 48
2.2.4. Sürecin Uygulamalarına Göre Sınıflandırma 48
2.3. STOKASTİK SÜREÇLER 48
2.3.1. Markov Süreci 49
2.3.1.1. Markov Süreçlerinin Kullanım Alanları 50

2.3.1.2. Markov Zincirleri 50
2.3.1.2.1. Kesikli Stokastik Proses 51
2.3.1.2.1.1. Geçiş Olasılıkları ve Geçiş Matrisi 51
2.3.1.2.1.2. Olasılık Vektörü Ve Olasılık Matrisi 52
2.3.1.2.2. Sürekli Parametreli Markov Zincirleri 53
2.3.1.2.2.1. Poisson Süreci 53

III. BÖLÜM

MODEL UYGULAMA

3.1. MARKOV PROSESİ İLE İLGİLİ BİR UYGULAMA 55

IV. BÖLÜM

KAYNAKÇA

SONUÇ 72

KAYNAKÇA……..... 72

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1: Riske Maruz Değer Yöntemlerinin Karşılaştırılması……..39

Tablo 2: RMD Hesaplama Yöntemlerinin Karşılaştırılması…….42

Tablo 3: Duyarlılık analizleri avantajları ve dezavantajları……..43

Tablo 4: Markov süreçlerinin sınıflandırılması…….....54

Tablo 5: Yakınlık Matrisi Durum Özeti……....56

Tablo 6: Analizde Kullanılan Değişkenler ve Aralarındaki Öklid Mesafeleri…….57

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: Risk Yönetiminin Gelişimi……4

Şekil 2: Risk çeşitleri……...7

Şekil 3: Risk Ölçüm Tekniklerinin Gelişimi ……...20

Şekil 4: Sürekli zamanda yol izleyen stokastik süreç örneği…….53

Şekil 5: Geçiş Matrisi Isı Haritası……..59

Şekil 6: Yönlendirilmiş grafik veya digraph……..60

Şekil 7: Hitprob ve Hittime İşlevleri……..62

Şekil 8: Vuruş Sürelerini Temsil Eden Düğüm Renkleri .....…….63

Şekil 9: Geçiş Matrisi Özdeğeri…….64

Şekil 10: Yeniden Dağıtımlar Isı Haritası…….....66

Şekil 11: Animasyonlu Histogram ……...67

Şekil 12: Simülasyon Isı Haritası……..68

Şekil 13: Gerçekleşen Geçiş Matrisi Isı Haritası……..69

BİRİNCİ BÖLÜM

BANKACILIKTA RİSK ÖLÇÜMÜ

1.1. BANKACILIK SEKTÖRÜNDE RİSK

Hayatımızın neredeyse her alanında karşımıza çıkan risk, finansal piyasalarda özellikle bankacılık sisteminde ayrı bir önem taşımaktadır. Bunun nedeni bankaların kârlarını maksimize etmeye çalışırken bu iş gereği birçok riskle karşı karşıya gelen kurumlar olmasıdır.

Bankacılık sektöründe riskin tanımı; "bir işleme veya faaliyete ilişkin olarak parasal riskin ortaya çıkma veya gider ya da zarar oluşması nedeniyle ekonomik faydanın azalması ihtimalidir" (BDDK, , Sayı: 28337, Md. 3.)

Çalışmanın bu bölümünde yer alan bankacılık sektöründe risk ana başlığında risk kavramına ve risk yönetimine yer verilmiştir. Risk kavramı başlığında genel olarak risk tanımına ve bankacılık açısından risk kavramına değinilmiştir. Risk yönetimi başlığında ise; bankacılık sektöründe risk yönetimi anlatılacaktır.

1.1.1.RİSK KAVRAMI

Genel olarak "risk" kavramı, "zarara uğrama tehlikesi" olarak kullanılmakta, "zarar" kavramı ise; "bir şeyin, bir olayın yol açtığı çıkar kaybı veya olumsuz, kötü sonuç" şeklinde tanımlanmaktadır (TDK).

Günümüzde her alanda sıkça kullanılan risk kavramı, mali piyasalar ve özellikle bankacılık sektörü için ayrı bir önem taşımaktadır.

Beklenen getirinin gerçekleşen getiriden daha düşük olması durumunda risk söz konusu olmaktadır. Bu tanımdan hareketle risk, bankanın zararla karşılaşması veya banka tarafından belirlenen hedeflerin tehlikeye düşmesi durumudur. Bankaların neredeyse tüm faaliyet alanlarında aldıkları kararlar için bir risk söz konusudur. Risk, bankacılık sisteminin her zaman bir parçası olmuştur. Ancak risk başarılı bir şekilde yönetildiğinde bankanın kârlılığını arttırıcı önemli bir araçtır.

Bankacılık sisteminde riskler, genelde likidite yetersizliğinden, faiz oranlarının ya da döviz kurlarının dalgalanmasından, borçların geri ödenmemesinden ve ekonomik değişmelerden kaynaklanabilir. Aktif yönetiminde, bir bankanın karşılaşacağı riskleri çok iyi bilip ona göre aktif dağılımını yapması gerekmektedir (Yıldırım, 2015: s.88).

1.1.2. RİSK YÖNETİMİ

Risk yönetimi, risk ve getiri arasında işletmelerin yönetimine uygun bir geçiş veya değişim yapabilmesini sağlayan bir süreçtir.

Finansal piyasalar varlığı süresince risk unsuru devamlılığını sürdürecektir, bundan dolayı risk unsurlarının bulunduğu zamanlarda önemli olan faktör risklerin doğru bir şekilde tanımlanıp yönetilmesidir. Riskler tanımlandıktan sonra bu riskler ile nasıl yaşanılacağına karar verilmelidir. Bu aşamada ise bankalar:

Riskleri alabilirler: Burada kazanç ve kayıp alınan risk seviyesindedir.

Riskleri almayabilirler: Böylece riskli işlere girilmez ancak bu durum birçok işe girememek anlamı da taşımaktadır.

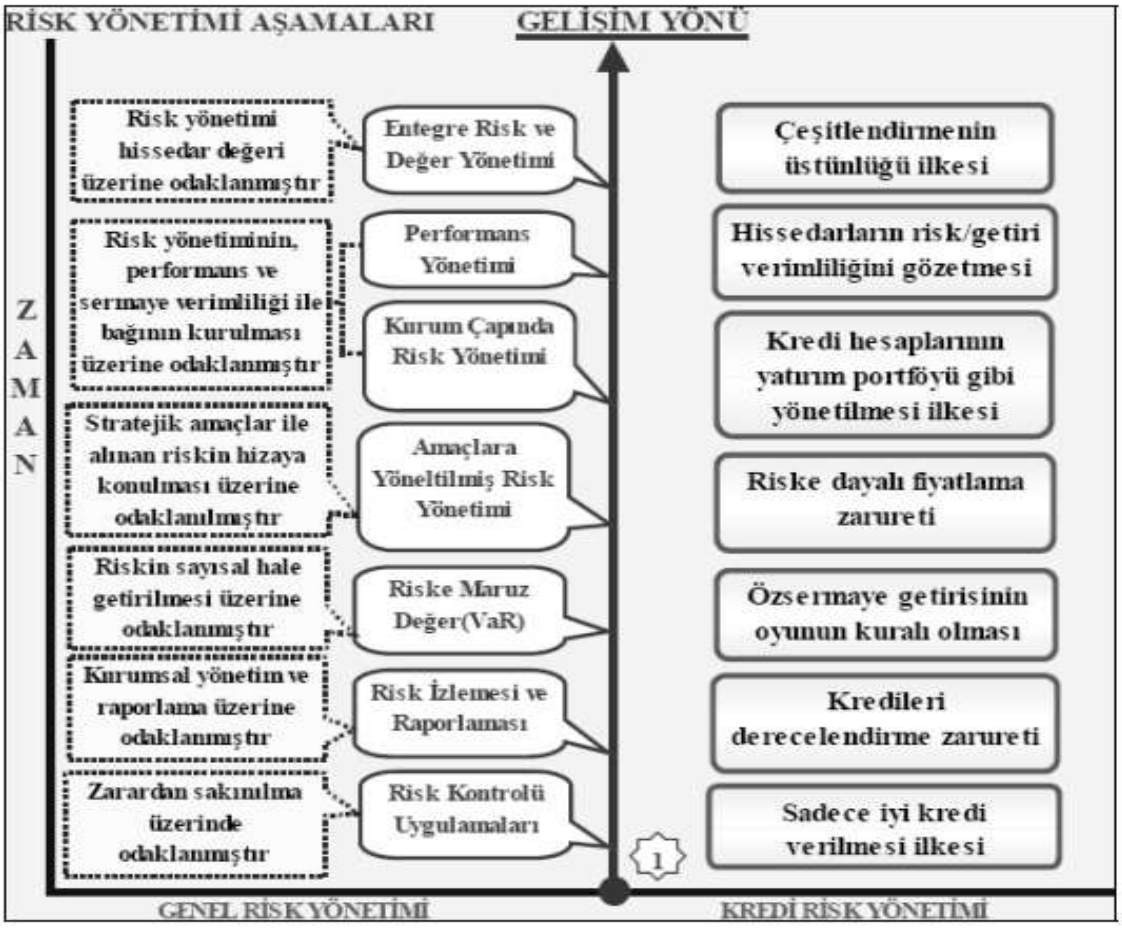
Riski transfer edebilirler: Üzerinde bulunan riskleri olduğu gibi başka kurumlara devredebilirler.

Riski azaltabilirler: Bu durumda kendilerini gerçekleşmesi kesin olmayan muhtemel gelişmelere karşı korumaya çalışmaktadırlar. Örnek olarak döviz pozisyonu açılmış bir işletme kendini vadeli işlemler ile koruyabilmektedir.

Yukarıda belirtilenlerin biri veya bir kaçını kullanmak demek aslında riski yönetmek anlamına gelmektedir.

Tüm risklerin temelinde operasyonel riskler yatmaktadır. Bankalarda parasal aktif ve pasiflerin bilanço içerisindeki payları yüksek olduğundan maruz kalınan finansal risklerin düzeyi de oldukça yüksektir. Bu yüzden risk yönetimi kesinlikle şirketin stratejik kararları ile entegre edilmelidir.

Risk kavramı ortaya çıktığından itibaren bu zamana kadar yaşanan olumlu ve olumsuz tüm durumlar risk yönetiminin belirli evreler geçirmesine sebep olduğu görülmüştür. Risk yönetiminin geçirdiği evreler aşağıda gösterilmektedir.



Şekil 1. Risk Yönetiminin Gelişimi

Kaynak: A. Nejat Yüzbaşıoğlu, Risk Yöneticileri Derneği – Finans Dünyası, İstanbul, 16 Ocak 2003, s.3,

Yukarıda ki şekilden de anlaşıldığı gibi risk yönetimi ilk olarak risklerin kontrol edilmesi üzerine kurulmuştur. Birinci aşamada zararların oluşmaması için riskler alınmamaya ve işin getirisinden çok götürüsü düşünülmektedir. Ancak bu aşamada piyasadaki artan rekabet, çeşitlenen müşteri ihtiyaçları ve risk çeşitlerinin artmasından dolayı risk almadan herhangi bir iş yapmanın mümkün olmadığı anlaşılmış ve hemen ardından ikinci aşama olan risklerin izlenmesi aşamasına geçilmiştir. Bu aşamada ise riskler izlenecek yani takip edilecek ve raporlanacaktır. Diğer bir aşamada da risklerin büyüklükleri önemli hale gelmiştir. Eğer bir işin riski getirisinden küçük ise yada risk alınırsa beklenen getiri bu işi almaya yönelik ise

riskler alınmaya başlanmıştır. Bu aşamada belirli bir güven aralığında muhtemel maksimum zarar miktarını ölçen Riske Maruz Değer (VaR) yöntemi kullanılmaktadır. Riskin büyüklüğünün ölçülmesinden yani riskin sayısal hale getirilmesinden sonra amaçlara yönetilmiş risk yönetimi aşamasına geçilmiştir. Bu aşamadan sonra ise risk yönetiminin gerekli olduğu bilinci kurumun tamamında yerleşmiştir. Risk yönetiminde gelinen son aşamada ise entegre risk ve değer yönetimi felsefesi geliştirilmiştir ve risk yönetiminin hissedar değeri üzerine odaklanılmıştır.

Bankacılık sektöründe risk yönetimine devam edersek, risk yönetimi politikasının kısaca aşağıdaki gibi olduğunu görebiliriz;

- Piyasa ve kredi riskleri, aktif pasif riski, operasyonel risk ve diğer bankacılık risklerini ilk aşamada belirlemek, yönetmek, izlemek ve iş birimleri arasında uygun sermaye dağılımını sağlamak,
- Değişen piyasa koşullarında değişimlere ve öğrenmeye açık olmak,
- Risk yönetimi sistemini iş birimlerinden bağımsız bir yapıda oluşturmak,
- Finansal tüm riskleri raporlamak,
- Hissedarlara, müşterilere ve çalışanlara uzun vadede maksimum artı değer sunmak,
- Finansal anlamda güçlü ve güvenilir olmak,
- Sektörde devamlılığı sağlayarak hissedarlar ve müşteriler ile uzun vadeli iş ilişkileri kurmak,

1.1.3. Risk Yönetimi Dereceleri

1.1.3.1. Güçlü Tipte Etkin Risk Yönetimi

Bankacılık yönetiminde risklerin etkin bir şekilde tanımlanması, aktif olarak riske karşılık değerler yaratılması ve acil müdahalelere hazırlıklı olunmasını ifade eder. Bu tipte risk yönetiminde güçlü tipte etkinlik söz konusu olmakla birlikte banka yönetimin alt kademelerle bilgi alış verişi güçlüdür. Eğer zayıflıklar ve tehditler varsa bunlar bilinmeli ve üstüne gidilmektedir.

1.1.3.2. Kabul Edilebilir Tipte Etkin Risk Yönetimi

Güçlü tipte etkin risk yönetiminin altında daha zayıf etkinliğe sahip bir risk yönetim derecesidir. Bu tip derecede etkin müdahaleler olmasına rağmen bazı zayıflıklar ortaya çıkabilmektedir. Kabul edilebilir düzeyde ihmaller söz konusudur ancak bu ihmallere zamanında müdahale edilmesi ile kuvvetli tedbirler ve çözümler alınabilmektedir.

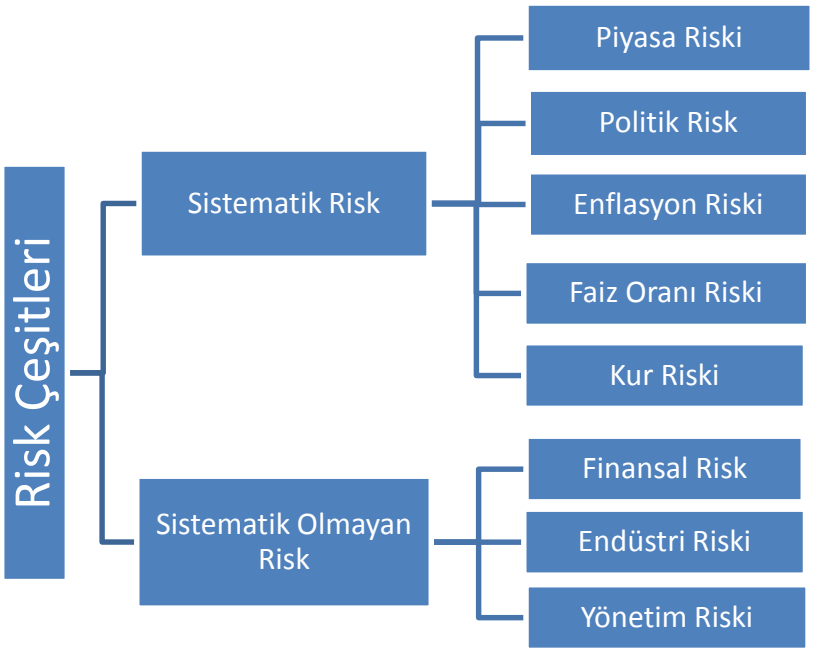
1.1.3.3. Zayıf Tipte Etkin Risk Yönetimi

Bu tip risk yönetimi derecesinde iç ve dış kontrollerin zayıflığı ortaya çıkmaktadır. Risk yönetiminde olumlu yaklaşımlar olmasına rağmen kredi yönetiminde ciddi eksiklikler bulunmaktadır. Güçlü tipte var olan banka yönetimi ile alt kademe arasında ki bilgi alış verişi bu tipte oluşmamıştır. Bundan dolayı zayıf tipte etkin risk yönetimi derecesinde banka yönetim birimleri ile alt kademe birimler arasında bir koordinasyonsuzluk bulunmaktadır. Bankanın, politika ve uygulamalara ait yeniden gözden geçirmeler yapması gerekmektedir.

1.2. BANKACILIK SEKTÖRÜNDE KARŞILAŞILAN RİSKLER

Bankacılık sektöründe karşılaşılan riskler ile ilgili iki sınıflandırma yapılmaktadır.

1. Sistematik Riskler
2. Sistematik Olmayan Riskler



Şekil 2: Risk Çeşitleri

Kaynak: Turhan KORKMAZ. Ali CEYLAN. Sermaye Piyasası ve Menkul Kıymet Analizi, Ekin Kitabevi, 3. Baskı, Bursa, 2006

1.2.1. Sistematik Riskler

Mali piyasa ve kurumlarda yaşanabilecek, genel ekonomik koşullardan kaynaklanan ve tüm yatırım araçlarını etkileyen, kaçınılamayan riski ifade eder. Sonuç olarak ödeme sistemlerini tehlikeye sokabilecek risk " Sistematik Risk" olarak adlandırılır.

Sistematik riske neden olan etkenler bireysel değildir. Sistematik risklere neden olan faktörlere örnek olarak enflasyon, işsizlik, faiz oranlarındaki değişiklikler, ulusal ekonominin gelecekteki durumu konusunda yatırımcıların mizaçlarındaki değişiklikler yani yatırımcının ekonominin genel performansı hakkındaki beklentilerinde meydana gelen değişiklikler verilebilir. Bu riskler sadece bireyi değil tüm toplumu etkilediği için sektörler bu riskleri kendi çabalarıyla önleyemezler.

Sistematik risk içerisinde sayılan bankacılık riskleri;

- Piyasa riski
- Politik risk
- Enflasyon riski
- Faiz oranı riski
- Kur riski

1.2.1.1. Piyasa Riski

Piyasa riski, bankaların sahip oldukları bir veya daha fazla ticarin varlığın işleme dahil olabileceği süre içerisinde, piyasada aniden ortaya çıkan durumların neden olduğu kayıp veya beklenenden daha düşük orandaki kar halini ifade etmektedir. Bu risk, faiz hadlerinde, döviz kurunda ve varlık fiyatlarında meydana gelen değişimlerden dolayı ortaya çıkan bir risk türüdür yani varlıklarda meydana gelebilecek belirsizliktir. Bundan dolayı piyasa riski bilinmedik bir zamanda meydana gelebilmektedir.

BDDK'nın Bankaların Sermaye Yeterliliğinin Ölçülmesine ve Değerlendirilmesine İlişkin Yönetmelik'te bankaların para ve sermaye piyasalarında sürekli alım ve satım işlemlerinde bulunmak amacıyla kısa vadeli olarak veya alım satım fiyatları arasındaki beklenen fiyat farklılıklarından ya da diğer fiyat ve faiz oranı değişikliklerinden faydalanmak amacıyla alım satıma aracılık nedeniyle ellerinde bulundurduğu repo ve menkul kıymet ödünç işlemlerine konu olanlar dahil finansal araçlar ve emtia ile ilgili pozisyonlardan kaynaklanan risklerden korunma ve bu riskleri azaltma amacıyla yapılan türev finansal araçlar ve spekülatif amaçlı türev finansal araçların izlendiği bilanço içi ve dışı hesapları ve pozisyonları alım satım hesapları olarak tanımlanmaktadır. Piyasa riskini en aza indirmek için piyasa disiplini sağlanmalıdır

Kısaca özetlemek gerekirse piyasa riski, finansal kurumların almış oldukları pozisyonlarda, piyasalarda yaşanan dalgalanmalardan dolayı ortaya çıkan faiz, kur ve hisse senedi fiyat değişmelerine bağlı olarak ortaya çıkabilecek riskler nedeniyle kayıp etme olasılığıdır.

1.2.1.2. Politik Risk

Ülkelerin iç ve dış ilişkileri, siyasetteki gelişmelerin ülke ekonomisini ve haliyle türev varlıkların getirilerinin etkilenmesi politik risk olarak adlandırılmaktadır. Politik risk ülke riski olarak da bilinmektedir. Politik riskler, bir ülkenin politikalarında veya yatırım yönetmeliklerinde meydana gelen değişikliklerle ilgilidir. Aynı zamanda uluslararası ilişkiler ve belirli bir ülkenin ekonomisi üzerinde etkili olabilecek durumlar yer alır.

Politik riskin arttığı ülkelerde, şirket faaliyetleri yavaşlamakta ve hisse senedi getirileri azalmaktadır. Politik riski yönetmenin ilk yolu, bu risklerin alınmaya değer olup olmadığını anlamaktır. Bunun amacı çeşitlendirilmiş portföyü sürdürmektir. Yatırımcılar, portföyü önemli bir şekilde etkileyen herhangi bir spesifik politik

riskten kaçınmak için çeşitlendirilmiş bir portföy tutmalıdır. Bu çeşitlendirme, uluslararası yatırımlara ait olan riski korumayı içermelidir.

Politik riske ilişkin incelemeler şirketlerin rekabet üstünlüğü kazanması ve kâr artırımı sağlamak, istikrar sağlamak ve uluslararası alanda güçlü olmak amacıyla başlamıştır. Bundan dolayı politik risk, yatırımları etkileyen en önemli etkenlerden birisidir. Ancak yatırım yapan kişiler ve kuruluşlar tarafından ülkenin politik durum analizi doğru bir şekilde yapılmazsa büyük bir risk ile karşılaşılır.

İdeolojik güçler, devletin ya da hükümetin istikrarlılığı, ülkelerin dış politikaları, devlet eliyle işletmecilik eğilimleri, tarihe dayanan politik çatışma ve düşmanlıklar, ülkelerin savunma politikaları, devlet etkisi ve kontrolü, çok uluslu girişimler politik riski oluşturan unsurlar olmaktadır.

Politik risk sebebi sayılan haller şöyle sıralanabilir;

- Belli bir döviz cinsinden yapılacak ödemelerde yerel para birimin başka bir döviz birimine çevrilememesi nedeniyle ödemenin gerçekleştirilememesi.
- Ekonomik koşullardaki bozulmalar.
- Teminat mektuplarının haksız yere geri çağırılması.
- İş durmasına sebebiyet veren politik sebepler.
- Döviz transferinin engellenmesi ve konvertibilite sorunları.
- Kontrat şartlarının politik sebeplere bağlı olarak uygulamaması.
- Ülkenin para biriminin diğer ülkelerin para birimi karşısında istikrarlı olmaması yani ülkelerin yerel para birimi karşısında değerini yitirmesi.
- Doğal afetler sonucu ödemenin yapılamaması.

Dünya Bankası, politik risklerin; transfer ve konvertibilite sınırlamaları, ülkelerin mali yükümlülüklerini yerine getirmemesi, savaşlar, terörizm,

kamulaştırma sözleşme ihlali, ve diğer istenmeyen mevzuat değişikliklerinden dolayı ortaya çıktığını belirtmektedir.

1.2.1.3. Enflasyon Riski

Enflasyonun tanımı, ekonomide fiyatlar genel seviyesindeki sürekli değişkenlik olarak bilinmektedir. Bunun nedeni enflasyonun sahip olduğu oranlarda meydana gelebilecek herhangi bir yükseliş, gelecekte gerçekleşmesi beklenen getiri ile gelecekteki tüketim seviyesini düşürecektir. Böylelikle yatırım faaliyetleri de etkilenecektir çünkü enflasyon oranı yatırımcılar için yatırım kararı alırken bir kriterdir. Yatırım faaliyetleri de genel olarak tüketim faaliyetlerinin ertelenmesi üzerine kurulu olduğu için fiyatlar genel seviyesindeki beklenmedik değişim, yatırımcının tahmin ettiği tüketim seviyesine ulaşamamasına neden olacaktır. Bundan dolayı enflasyon riski yatırımcının zarara uğrama ihtimalini içermektedir.

Enflasyon riski bir belirsizlik halidir ve yatırımcılar için risk unsuru oluşturmaktadır. Yatırımcılar, enflasyon tahminlerinde bulunarak karar verirler. Enflasyon oranının yüksek olması yatırımları olumsuz etkileyebilmektedir. Çünkü enflasyonun yüksek olması tahminlerde hata payının da yüksek olması anlamına gelmektedir, ancak düşük enflasyon oranlarında hata payının daha düşük olması beklenir.

Kısacası, enflasyon riski piyasalardaki finansal ürünlerin fiyatında ki değişimler sonucu meydana gelmektedir. Finansal ürünlerin fiyatının artması hem tüketim seviyesini hem de yatırım yapmayı zorlaştırmaktadır.

1.2.1.4. Faiz Oranı Riski

Faiz oranı riski, faiz oranlarında ki hareketler sonucu oluşan bankanın varlıklarında ya da kaynaklarında yarattığı etki olarak tanımlanabilmektedir. Faiz oranındaki hareketler sonucu banka pozisyonlarındaki zarar ihtimali olarak karşımıza çıkmaktadır. Değişik tanımlamaları olmakla birlikte faiz oranlarındaki değişikliklerin yol açtığı riskin yanında banka bilançosundaki varlık ve kaynaklar arasındaki uyumsuzlukta bazen faiz oranı riski kapsamında değerlendirilmektedir. Bu kapsamda bankanın faize duyarlı tüm faaliyetlerinin analiz edilmesi gerekmektedir.

Vadelerde aktif ve pasif miktarının eşit olması bankayı faiz riskinden koruyacaktır. Bundan dolayı, faizlerle ilgili karar verirken en belirleyici unsur faiz oran değildir. Faiz oranının yanı sıra kümülatif faiz, vergiler ve kaynaklar da etkilidir. Faiz riski; nakit akışı, portföy, ekonomik risk başlıkları altında incelenebilir.

Nakit akışı: işletmelerin değişken faizli bir borcu varsa veya bu işletmeler ileri bir tarihte borçlanmayı planlıyorsa, işletmenin faiz yenileme (roll over) dönemlerinde borçların artan faizlerini ödemek için veya kredi almayı planladığı tarihte faiz hadlerinin artması sonucunda bu borçların artan faizlerini ödemek için gerekecek nakit akışı ihtiyacı da artacaktır veya tam tersi faizlerin düşmesi ile nakit akışının azalma riski söz konusudur.

Portföy riski: Belirli bir mali aktif envanterin fiyatlardaki değişmeler karşısında değer kaybetme riskini içermektedir.

Ekonomik risk: Faiz hadlerindeki değişmelerin firma üzerinde yaratacağı etkilerdir.

Bankalar fon piyasasında hem arz hem de talep tarafında yer almaktadırlar. Mevduat toplayarak talep tarafında, fonları kredi olarak dağıtarak arz tarafında bulunmaktadırlar.

1.2.1.5. Kur Riski (Forex Riski)

Ülkelerin para birimlerindeki değişikliklerin bankaların uzun veya kısa vadeli döviz borçlanmaları üzerinde yarattığı risk çeşididir. Kur riskinden korunmak için başvurulan türev araçların başında SWAP işlemler gelmektedir. Sonrasında ise forward ve opsiyon işlemlerinden yararlanılmaktadır. Kur risklerinde bankaların kredi müşterisi durumunda olan şirketlerin ya da en genel ifadeyle "Tüzel kişiliklerin" yurt dışından kullandığı krediler ile diğer müşterilere kullandırılan "Dövize Endeksli Kredilerin" yarattığı olumsuzluklar bankalar tarafından dikkatle izlenmeli ve gerekli önlemler alınmalıdır.

Genel olarak döviz kurlarının arz ve talebini etkileyen faktörler:

Faiz Oranları: Faiz oranlarında artışın gerçekleşmesi yurt dışından yatırım çeker. Yatırımcılar diğer dövizleri satarak yüksek faiz oranıyla para biriminden almak isterler böylece para biriminin de değeri artar.

Enflasyon Oranı: Enflasyon oranının yüksek olması bir ülkenin parasına olan talebi azaltmakta böylece paranın değer kaybetmesine neden olmaktadır.

Dış Ticaret Haddi: ithalat arttığı zaman, ithalat bedellerinin ödenebilmesi için döviz talebi artacak bundan dolayı da paranın değeri azalacaktır.

Ekonomik ve Politik Koşullar: Güçlü ekonomi yatırımcıları kendine çekmekte ve para birimine talebi arttırmaktadır. Böylece paranın değerini de arttırmaktadır.

1.2.2. SİSTEMATİK OLMAYAN RİSKLER

Riskin bir bölümünü sistematik riskler oluştururken diğer bir kısmını da sistematik olmayan riskler oluşturmaktadır. Sistematik olmayan riskler, " işletmeye ait risk" olarak da adlandırılır. Bunun nedeni sistematik olmayan risklerin bir şirket ya da sektöre ait olmasıdır. Sistematik olmayan riskler, etkisinin sınırlı olduğu ve tüm menkul kıymetleri etkilemeyen risk türüdür. Bu risk türünün etkisi sınırlı olduğundan dolayı iyi çeşitlendirilmiş bir portföy ile tamamen ortadan kaldırılabilir. Bu yoldan hareketle sistematik olmayan riski ortadan kaldırabilmek için, risklerin özgünlüğünden faydalanıp, farklı portföy çeşitlerine yatırım yapılabilir. Bu riskin ortaya çıkmasında etkili olan faktörler, işletmelerin finansal yapısının özellikleri, yönetim kararları, endüstrinin özellikleri, teknolojik gelişmelerin faaliyet alanı, yöneticilerin başarı kararlarıdır.

Sistematik olmayan risk içerisinde yer alan bankacılık riskleri;

- Finansal Risk
- Endüstri Riski
- Yönetim Riski

1.2.2.1. Finansal Risk

Finansal risk, borçlanma sonucu ortaya çıkmaktadır. Bu yüzden borç finansmanı ile ilgilidir. İşletmeler ekonomik anlamda büyürken, yabancı kaynak kullanımından dolayı likidite sorunu ortaya çıkmakta ve bununla birlikte de varlıkların yükümlülükleri karşılama oranı azalmaktadır.

Yatırımcılar açısından finansal risk faktörleri, hammadde fiyatlarındaki artış, işletme borçlarının artması, yeniliklere ayak uyduramama sorunu, satışlarda dalgalanma, çalışma sermayesi yetersizliği, rekabetteki artış gibi unsurlar neden olabilmektedir. Bu faktörler içerisinde ise en önemli sayılan borçlardaki artıştır. Bunun nedeni borçların artması ile beraber, firmaların likiditesinde daralma meydana gelmekte ve bu daralmalar mali yapıları bozmaktadır bundan dolayı da finansal risk artış göstermektedir.

Finansal risk, sistematik olmayan riskler içerinde yer aldığı için, Pazar çeşitliliği ile ortadan kaldırılabilmektedir. Finansal riskin, şirket tarafından kontrolü sağlanabilmektedir. Kazanç ile alınan risk arasında doğru bir orantı vardır. Bu yüzden şirketlerin finansal riske girebilme amaçları borcun fayda halinden yararlanabilmektir. Şirketler borca girmeyerek finansal riski sıfır noktasına çekebilirler fakat yatırımcı fayda sağlamak için tekrar finansal risklerden yararlanmak ister.

1.2.2.2. Endüstri Riski

Endüstri riski, sistematik olmayan risk türlerinden birisidir. Sektörlerin içinde bulunduğu iş kolu ve bunlara bağlı olarak işletmenin o iş kolundaki konumundan kaynaklanan bir risk türüdür. Faiz ve vergiden önce elde edilen kârdaki değişkenlik olarak tanımlanabilmektedir. Endüstri riski sadece ilgili sektördeki işletmeleri etkilemektedir. Endüstri koşullarında meydana gelebilecek değişmeler göz önüne alınıp, işletmenin gelir ve giderlerinin ne yönde etkilenebileceğinin tahmin edilmesi

gerekir. Olumsuz değişmelere açık bulunan işletmelerde, verim değişikliği ve bundan dolayı risk de yüksektir. İşletmenin endüstri içinde tam rekabet şartlarının olması, endüstride ki para ve mal dönüşümünün olması yatırımcıların kararlarını etkiler. Birden fazla iş kolunda faaliyet gösteren işletmelerin kârlarında meydana gelecek değişiklikler bu işletmelere ait hisse senedi fiyatlarında belirli dalgalanmalara sebep olacak ve dolayısıyla bu hisse senedine yatırım yapan yatırımcılar gelir ve sermaye kaybına uğrayacaklardır.

Endüstri riski faktörleri, teknolojik gelişmeler, şirket kârlılığı, tüketici tercihleri, dış rekabet artışı unsurlarına bağlı olarak değişebilmektedir. Aynı zamanda satış fiyatı değişkenliği, faaliyet kaldıracı, talep değişkenliği, girdi ve çıktı fiyatları değişkenliği endüstri riskinin bağlı olduğu temel etkenlerdir. Kârlılığı etkileyen bu faktörler ile meydana gelen endüstri riski çeşitlendirme ile ortadan kaldırılabilmektedir.

1.2.2.3. Yönetim Riski

Birçok özel kuruluşta yer alan yöneticilerin, yönetim süresi içerisinde almış oldukları kararlar ve yapılan uygulamalar sonucunda ortaya çıkabilecek hataların finansal varlığın değerini, verimini olumsuz bir şekilde etkileme olasılığı olarak tanımlanabilmektedir. Yöneticilerin almış oldukları kararların, kârlılığa yapacağı etki yönetim riskinin temelini oluşturmaktadır. Yönetimsel olarak doğru alınan kararlar kârlılığı arttırırken, yönetimsel düzeyde alınan yanlış kararlar ise zarar ile sonuçlanıp, risklilik düzeyinin artmasına ve beklentilerin karşılanamamasına sebep olacaktır. Yani yönetimsel olarak alınan kararlar pozitif veya negatif bir etki yaratmaktadır. İşletmelerin başarısızlıkları genel olarak yönetim hatalarından kaynaklanmaktadır. Aynı zamanda yönetimsel hatalar hisse senedi değerini büyük ölçüde etkilemektedir. Bunun nedeni, hata sonucu satışlar ve kâr azalırken risk artar, bu olay hisse senedi fiyatlarında düşüşe yol açmaktadır.

Yönetim riskine neden olan faktörler ise, en önemli etken işletmenin yönetim kadrosunun iyi olmamasıdır. Diğer etkenler, sektörü tam olarak bilmeyen müdür veya yönetici atanması, işletmenin ya da yönetim kadrosunun güven vermemesi gibi durumlar yönetim riskini ortaya çıkarmaktadır. Ancak yönetim riskini azaltmanın yolları da vardır. Bu yollar ise, piyasa araştırmalarının verimli bir şekilde yapılması, pazardaki diğer işletmelerin stratejilerinin tanınmaya çalışılması, işletmelerin varlıklarını sigortalaması, Pazar payını yükseltmek amacıyla gerekli araştırmaların yapılması yönetim riskini azaltmaktadır.

1.3. BANKACILIKTA RİSK ÖLÇÜM MODELLERİ

1.3.1. RİSK ÖLÇÜMÜ KAVRAMI

Bankalar, karşılaştıkları tüm riskleri ölçebilmek için güvenilir risk ölçüm sistemlerine sahip olmalıdırlar (TBB,2006;18). Bankalar, analitik modeller kullanmalıdır, risklerin gelişmiş modeller kullanılarak ölçülmesi risk ile getiri arasında dengeyi sağlar ve bankanın daha sağlıklı yönetilmesine imkân verir. Böylece risklerin ölçülmesini ve geriye dönük testler ile doğruluklarının denenmesini içeren bir risk ölçüm sistemi ortaya çıkar.

Risk ölçümü, risk oynaklığının ve yatırım riskinin tarihsel öngörüleri olan istatistiksel ölçümlerdir. Aynı zamanda risk ölçümü modern portföy teorisinin en önemli bileşenidir. Genellikle risk ölçümleri bizlere riskleri azaltma seçeneği sunmaktadır. Risklerin ölçümüne yönelik kullanılan modeller riskleri doğru bir şekilde yansıtmalıdır. Senaryo analizleri, stres testleri gibi analizlerle desteklenmelidir. Risk ölçümüne ihtiyaç olmasının sebepleri:

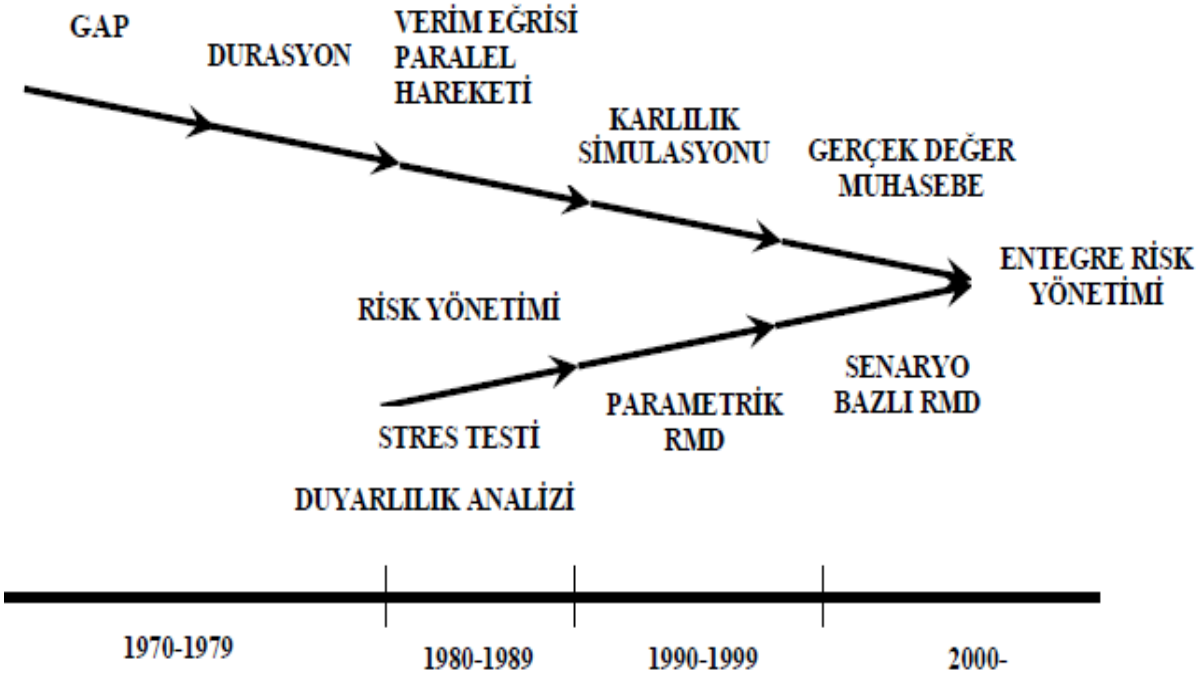
- Bir organizasyondaki bir riskin potansiyeline ve özelliklerine dayalı olarak, başarı veya başarısızlık gibi gelişmeleri gözden geçirmemize ve risk kontrol önlemlerinin etkinliğini analiz etmemize olanak tanır.
- Risklerin ölçülmesi, risk-ödül değiş tokuşunda dengeyi güçlendirmesi gereken eylem ve kararların seçiminde netlik sağlar
- Yüksek veya düşük risk derecesi, getiri ile doğru orantılıdır

1.3.2. RİSK ÖLÇÜM MODELLERİ

Risk ölçüm modellerinin kullanılabilmesi için risk yönetimine ilişkin nitel standartların bilinmesi gerekir. Model kullanmak isteyen bankaların iç denetim sistemi içerisinde, iç denetim biriminin yılda en az bir kere olmak üzere düzenli olarak risk yönetim süreçlerini denetlenmesi ayrıca denetim konularının iç denetim faaliyetlerine yönelik uygulama ve politikalarında denetleme sıklığı ile birlikte yer alması gerekmektedir. Bu denetimlerin ise asgari olarak şu konuları içermesi zorunludur;

1. Risk yönetim sistemi ve süreciyle alakalı dokümantasyonun ve risk yönetimi biriminin organizasyon yeterliliği,
2. Risk ölçüm modelinin kapsamı ve risk ölçüm sürecindeki değişiklikler,
3. Pozisyon verilerinin doğru ve eksiksiz olması
4. Risk ölçüm modellerinde kullanılan verilerin güvenilirliği, tutarlılığı ile verilerin ulaşılabilirliğinin değerlendirilmesinde kullanılan kontrol süreçleri.
5. Modellerin doğruluğunun değerlendirilmesinde kullanılan geriye dönük testlerin sonuçlarına ilişkin kontrol süreçleri.

Risk yönetimi sürecinde kullanılan risk ölçüm tekniklerinin zamanla geçirmiş olduğu aşamalar aşağıdaki şekilde gözlemlenebilir.



Şekil 3: Risk Ölçüm Tekniklerinin Gelişimi

Kaynak: Evren Bolgün ve Barış Akçay(2009). (3. Baskı). Risk Yönetimi. Scala Yayıncılık. s.264.

1970'li yıllardan itibaren risk yönetimi önem kazanmıştır (Şekil 3). Risk yönetiminde kullanılmakta olan ilk yaklaşımlar genel olarak bankaların bilançolarından hareketle aktif ve pasif yönetimine dayanan GAP yani boşluk analizi ile başlamaktadır. GAP Analizi ile başlayan bu süreç yöntemlerin yetersizliği ve değişimler karşısında cevap verilememesi nedeniyle sürekli değişim göstermiş yeni teknikler ortaya çıkmıştır. Şekil daha ayrıntılı incelendiğinde statik yöntemlerden daha çok dinamik yöntemlere doğru geçiş olduğu riske daha duyarlı ve daha esnek yöntemlerin geliştirildiği görülebilmektedir.

1.3.2.1. GELENEKSEL RİSK ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ

Geleneksel yaklaşım, portföy içerisinde bulunan menkul değerlerin hepsinin aynı yöne doğru hareket etmeyeceğini dolayısıyla da bazılarının kâr edeceğini bazılarının ise zarar edeceği görüşüne dayanır. Ancak temel olarak portföy içerisindeki menkul değerlerin sayısının artırılmasını savunur. Bu yaklaşımda temel amaç portföy sahiplerinin faydalarını maksimize etmektir. Yani tüketicilerin mal ve hizmetlerde fayda maksimizasyonuna yönelmesi, yatırımcıların ise risk ile beklenen getiriye yönelik tercihlerde bulunarak portföy seçmeleri gerekmektedir.

Geleneksel Yaklaşım bazı noktalarda eleştirilmektedir. Bu noktalar;

- Bir portföy, değişik ortaklıklara ait çok sayıda menkul değer içeriyorsa iyi bir şekilde yönetilmesi güçleşir çünkü portföy yöneticileri bütün menkul değerler hakkında tüm bilgiye sahip olmazlar.
- Taşıdığı riske katlanılması için gerekli getiriyi sağlamayan menkul değerlerin de satın alınması,
- Portföyde çok sayıda menkul değer bulunmasından dolayı, aynı menkul değerin alınan veya satılan miktarı düştükçe alım satım giderlerinin toplam maliyet içerisindeki payının artması,
- Birden fazla menkul değer ile ilgili araştırma yapma maliyetlerinin yüksek olması.

Geleneksel risk ölçümünde kullanılan en yaygın yöntemler, boşluk (gap) analizleri ve süre analizleridir. Bu yöntemlerin genel mantığı, net faiz gelirlerinin nasıl etkileneceğini hesaplamaktır (Bolgun ve Akçay,2003 s:175). Risklerin sayısal olarak tanımlanabilmesi için boşluk (gap) analizi, süre (duration) analizi ve senaryo analizleri kullanılmıştır. Boşluk (gap) analizinin uygulaması kolaydır, dikkate aldığı ve etkilendiği noktalar bilanço içi faiz riski ve inceleme dönemi tercihidir. Süre analizi ise boşluk analizine göre daha kullanışlıdır. Bunun nedeni, aktif veya pasiflerin

fiyatlarındaki değişimlerinde dikkate alınmasıdır. Senaryo analizlerinde ise olasılıkların oluşturulmasında ve değerlendirilmesinde bireysel yeteneklere dayanılmaktadır.

1.3.2.1.1. GAP (BOŞLUK) ANALİZİ

GAP Analizi, bankaların karşılaştıkları faiz riskini ölçmek amacıyla ilk geliştirilen yöntemlerden biridir ve bankalar tarafından yaygın olarak kullanılır. GAP Analizinde temel mantık ise faiz oranlarındaki değişimlerin, bankanın net faiz gelirini ne şekilde etkilediğidir. Bankanın aktif ve pasifleri arasındaki vade uyumsuzlukları faiz geliri veya faiz gideri oluşturur. İşte bu yüzden GAP analizi faiz riski ölçümünde sıklıkla kullanılır. Bu hesaplar sonucunda pozitif, negatif veya sıfır Gap ortaya çıkmaktadır. Bir Boşluk Analizi, üstesinden gelinmesi gereken herhangi bir eksiklik veya eksikliğin belirlenmesine yardımcı olarak iş ihtiyaçlarının anlaşılmasına ve önceliklendirilmesine yardımcı olabilir. Boşluklar ortaya çıkarıldıktan sonra, bunları ölçmek ve bunları ele almak için gerekecek çalışma çabasını belirlemek daha kolay hale gelir.

GAP analizi, gelir açığı analizi olarak da ifade edilmektedir. GAP analizi özellikleri kısaca şöyle sıralanabilir:

- Orana duyarlı varlıklar ve borçlar arasındaki farkı değerlendirmek için boşluk analizi kullanılabilir.
- Gap analizi, bir kuruluşun mevcut performansı ile hedef performansı arasında nasıl ilişki olduğunu inceler
- İşletmeler kaynaklarını, sermayelerini veya teknolojilerini tam potansiyelleri için kullanmadıklarında boşluk analizi yararlı olabilir.

- Bir firmanın yönetim ekibi, boşluğu tanımlayarak, organizasyonu ileriye taşımak ve performans boşluklarını doldurmak için plan oluşturabilir.

İhtiyaç analizi olarak da adlandırılan boşluk analizi, her tür organizasyonel performans için önemlidir. Şirketlerin bugün nerede olduklarını ve gelecekte nerede olmak istediklerini belirlemelerine olanak tanır. Şirketler, hedeflerini gerçekleştirmek için doğru yolda olup olmadıklarını anlamak için bir boşluk analizi yoluyla hedeflerini yeniden inceleyebilirler.

Gap analizi, belirli zaman aralığında faize duyarlı olan aktifler ve pasifler arasındaki farktır. Bu yöntem kullanılarak hesaplanan analiz sonucu yani boşluk banka bilançosunun faiz riskine maruz olan miktarı gösterir. Gap analiz değeri iki şekilde yorumlanabilir ve aşağıdaki formül ile hesaplanır.

GAP = Faize Duyarlı Aktifler – Faize Duyarlı Pasifler
(FDA) (FDP)

GAP Rasyosu = Faize Duyarlı Aktifler / Faize Duyarlı Pasifler

Yukarıdaki formüller ile Gap hem fark olarak hem de Gap rasyosu olarak incelenir. Yorumlama ise şöyle yapılır, Gap oranı 1 den yüksek ise Gap pozitiftir böylece faize duyarlı aktifler, faize duyarlı pasiflerden daha fazladır. Böyle bir durumda fazilerin artması bankaya kâr sağlayacak, düşmesi ise zarar yaratacaktır. Gap oranı 1 den küçük ise Gap negatiftir bu durumda ise faizlerin yükselmesi bankaya zarar yaratacak, faizlerin düşmesi kâr sağlayacaktır.

Kısacası;

FDA-FDP > 1 => GAP (+) veya FDA/FDP > 100% ise, bilanço pozisyonu aktif duyarlı olarak ifade edilir.

FDA-FDP < 1=> GAP (-) veya FDA/FDP < 100% ise, pasif duyarlılık geçerlidir.

FDA-FDP =1 => GAP (nötr) veya FDA/FDP = 100% değerine sahip bir banka faiz oranlarında gerçekleşen dalgalanmalardan etkilenmez ve faize duyarlı aktifler ile faize duyarlı pasifler arasında tam uyum söz konusudur.

Faize duyarlı aktifler ile faize duyarlı pasifler arasındaki fark büyüdükçe bankanın faiz riskine maruz kalma olasılığı da o kadar yüksektir.

Gap analizi yönteminin bazı yetersizlikleri bulunmaktadır. Bu yetersizlik aşağıdaki madde de yer almaktadır;

- Gap analizi sadece faiz riskine uygulanabilmektedir. Varlıkların ve borçların değerlerine bakmaktan ziyade, faiz oranlarının gelir üzerine etkisine bakmaktadır. Elde edilen değerlerin duyarlılık göstermesi ise tercih edilen zaman periyoduna göre değişmektedir. Bu durum da elde edilen sonuçların yanlış çıkmasına neden olabilmektedir.

Bu yetersizliğe rağmen, Gap analizi yöntemi pozisyon açıklarına ve dönemler arasında ki değişiminin incelenmesine olanak sağladığı için faydalı bir yöntem olarak görülmekte ve uygulanmaktadır. Eksiklikleri en aza indirebilmek için farklı şekillerde Gap analizi modelleri geliştirilmiştir. Bir bankanın veya işletmenin boşluk analizi yapmasının nedenleri ise ;

- Kıyaslama: sonuçları harici kriterlere göre karşılaştırmak, diğer rakiplerle karşılaştırmak yapmak amacıyla boşluk analizinden yararlanılır.
- Portföy analizi: Yeni satış fırsatları aramak için, yeni ürünleri belirlemek için boşluk analizi kullanılır.
- Kârlar: Tahmini kâr yüzdesine ulaşılmazsa, işletme neyin yanlış gittiğini bu yanlışın uygulamada mı yoksa planlamada mı olduğunu belirleyebilmek için boşluk analizinden faydalanır.
- Süreçler: Süreçlerin eksiklerini ortaya çıkarmak için boşluk analizi yapılır. Böylece gerçek sonuçlar beklenen sonuçlarla eşleşmiş olur.

1.3.2.1.2. SÜRE (DURATION) ANALİZ

Süre analizi, bir yatırımın geri ödeme sonuna kadar geçirdiği ortalama zamandır. Süre analizi, bankalarca aktif pasif yönetimi çerçevesinde kullanılmaktadır. Süre analizi, bankalarda faize hassas olmayan bilanço kalemlerinin, faiz oranı hareketlerinden ortaya çıkan değer değişimlerinin takibinde kullanılmaktadır. Bunun yapılabilmesi için ise sürenin bilinmesi gerekir. Süre, anapara ve faiz ödemelerinin yapılacağı ortalama zamandır. Günümüzde kullanım alanına göre süre analizinin tanımı yapılacak olursa, bir finansal varlığın fiyatının, faiz oranlarındaki değişme sonucunda ne şekilde etkileneceğinin ölçüsü olarak yorumlanabilir. Daha geniş bir tanım olarak, farklı vade yapılarına ve faiz oranlarına sahip olan finansal varlıkların, faiz oranlarının değişmesi karşısında risk seviyelerinin hesaplanması aynı zamanda risk seviyelerinin karşılaştırılması için kullanılan analiz yöntemi olarak ifade edilir.

Buna göre süre (durasyon) analizi hesaplama yöntemi:

Aktif ya da pasifin piyasa Değerinde ki yüzde değişmesi = süre x faiz oranındaki değişme

Örnek olarak, herhangi bir banka aktifinin 2 yıllık süresi var ise piyasa faiz oranlarındaki % i oranındaki bir artış banka aktiflerinin değerini % 2 oranında düşürebilir.

Bir bankanın faiz oranı riskine karşı durumu, süre aralığı (duration gap) olarak ifade edilmektedir. Süre aralığı, piyasa faiz oranlarındaki değişmeye bir bankanın bilanço değerinin duyarlılık ölçüsü olarak tanımlanır. (Parasız,2005, s:172)

Süre (bağlanma) aralığı = Aktif süresi – [Pasif süresi x Pasiflerin piyasa değeri/ Aktiflerin piyasa değeri]

Kısacası süre analizi, bir katsayı olup ortalama vadeyi yeniden fiyatlamaya göre adlandıran bugünkü değer olarak ifade edilir. Bundan dolayı, Gap analizi defter değerini ön plana çıkarırken, süre analizi, sadece net gelirdeki değişimleri değil aktif ve pasiflerin fiyatlarındaki değişimleri de dikkate almaktadır. Bu yüzden Gap analizine göre daha kullanışlıdır. Fakat süre analizinin de bazı yetersizlikleri bulunmaktadır.

- Süre analizi, sadece sabit nitelikte olan aktif ve pasifleri önemsemektedir. Değişken nitelikte aktif ve pasifleri ihmal etmektedir. Değişken faizli bu kalemler durasyona dahil edilmedikçe analiz tam olarak değil eksik yapılmış olur.
- Faiz oranlarındaki değişimi birdenbire ve bir kerelik olduğunu ve oranlardaki artışın tüm vadelerde aynı oranda artış olduğunu varsaymaktadır.
- Durasyon analizinde piyasa değerleri esas alınmaktadır yani defter değerleri esas alınmaz. Bunun sonucu olarak da gerçekleşmiş kâr/zarar değil, olası kâr/zarar üzerinden hareket edilir.
- Tüm sabit getirili aktifleri bir portföyde, tüm sabit maliyetli pasifleri de ayrı portföyde birleştirerek bir portföy oluşturmak ve bunların durasyon katsayısını hesaplamak kolay bir işlem değildir.

1.3.2.1.3. SENARYO ANALİZİ

Senaryo analizi, piyasalarda gerçekleşen beklenmedik kayıpların yaşanmasına neden olabilecek olayların belirlenmesinde ve bu olayın finansal kuruluşun portföyü üzerinde oluşturacağı kaybı analiz etmesinde kullanılan risk ölçüm yöntemidir. Bu yüzden senaryo analizlerinde, belli başlı senaryolar kurulup senaryo varsayımları altında kâr veya zararın neler olabileceği üzerinde durulmaktadır. Bu analizin oluşturulması aşamasında doğru senaryoların seçilmesi ve ortaya çıkarılmasında zorluklarla karşılaşılmaktadır. Oluşturulan senaryoların gerekli olması, değişkenler arasındaki ilişkilerin iyi değerlendirilmesi kadar, çelişkili veya doğru olmayan varsayımlara dayanmaması da oldukça önemlidir. Özellikle tüm senaryoların ele alınıp kullanıldığından emin olunmalıdır. Fakat senaryo analizi, çeşitli senaryoların olasılıkları hakkında açıklama yapmadığından, farklı senaryoların uygulamadaki önemi hakkında yorum yapılması gerekmektedir. Bundan dolayı senaryo analizi göreceli unsurlar içermektedir ve yüksek oranda analizi yapan araştırmacının kendi fikirlerine dayanmaktadır. Bu yüzden de olasılıkların oluşturulmasında ve değerlendirilmesinde araştırmacı etkili olduğu için fazlasıyla bireysel yeteneklere dayanmaktadır.

Bir senaryo analizinin gerçekleşmesi için enflasyon, faiz oranları, para arzındaki değişmeler gibi değişkenlerin bir dönem boyunca nasıl ve ne yönde değişeceğine dair senaryo oluşturur. Sonrasında ise ilgilenilen varlıkların senaryo altında ayrı ayrı nakit değerleri ve muhasebe değerleri ortaya çıkarılır ve sonuca varılır. Analizin uygulanması ve senaryoların oluşturulmasında çok fazla dayanak ve kural yoktur. Bu yüzden analizin uygulanması biraz zorlaşır. Senaryo analizi ileri düzey modelleme teknikleri kullanılır ve özellikle makroekonomik değişkenler içeren, belirli portföyün finansal durumu hakkında farklı senaryoları değerlendirdiğinden ülke denetim otoriteleri, finansal sistemin dayanıklılığını denemek için senaryo analizlerini kurumlar düzeyinde tek tek uygulamak yerine sisteme yönelik ve bütün olarak uygularlar. Bankacılık sektöründe ise senaryo analizleri kendi içsel risk ölçüm yönteminin bir parçası olarak uygulanır.

1.3.2.2. Geleneksel Modellerin Avantajları ve Dezavantajları

Avantajları;

Geleneksel modeller bankalar tarafından sıklıkla kullanılmaktadır. Geleneksel modeller ile işletmenin iflas olasılığının belirlenmesi sağlanmaktadır. Bu modellerin kolay uygulanabilmesi sayesinde pek çok banka tarafından uygulanarak şirketlerin iflas olasılıklarının belirlenmesinde yeni bir bakış açısı kazandırılmıştır. Geleneksel modellerin avantajları kısaca şöyle sıralanabilir;

1. İflas olasılıklarının belirlenmesinde kişisel görüşler yerine istatistiki görüşlerin benimsenmesi alınacak kararların kalitesini artırmıştır.
2. Modellerin uygulanmasıyla tek bir sisteme göre karar verilebilmesini ve denetimlerin kolaylaşmasını sağlamıştır.
3. Yaklaşım sayesinde yeterli deneyimi olmayan personellere kolaylık sağlanmıştır.

Dezavantajları

Geleneksel modellerin önemli eksiklikleri de bulunmaktadır. Bu modellerde en önemli sorunlardan birisi modellerde tutarlılık ve öznellik sorunları ile karşılaşılmasıdır. Örneğin, senaryo analizlerinde olasılıklar değerlendirilirken araştırmacı ön planda olduğu için değerlendirmede bireysel sonuçlar elde edilmektedir. Diğer dezavantaj ise modellerde genellikle işletmelerin defter değerini gösteren ve dönemsel hesaplanan muhasebe kayıtlarının esas alınıyor olmasıdır. Bundan dolayı modeller işletmelerin durumunda varolan hızlı değişimleri algılamakta geç kalmaktadır. Geleneksel modellerde tahmin edilen ağırlıkların kısa dönemde sabit kalacağını ve değişkenlerin birbirinden bağımsız olduğunu varsayar. Tahmin ağırlıkları hızlı değişkenlik göstereceği gibi modeldeki değişkenlerde birbirine bağımlılık gösterir. Geleneksel modellerde, kredi kararlarında etkili olabilecek bazı niteliksel durumların içerilememesi ve bankaların modellemede kullanacakları veri setlerinin yetersiz kalması gibi dezavantajlarda bulunmaktadır.
Tüm bu faktörlerden dolayı yeni modeller geliştirilmesi ihtiyacı doğmuştur.

1.3.2.3. MODERN RİSK ÖLÇÜM MODELLERİ VE VaR

Modern risk ölçüm modelleri 1970 ve 1980 yıllarında başlamıştır. Geleneksel yaklaşımda gerek portföyde yer alan finansal varlıkların getirileri gerekse riskin dağılımı açısından menkul değerler arasında bir ilişki olmadığını varsaymasından dolayı bilimsel yetersizlikle eleştirilmekteydi. Buna karşılık, Harry Markowitz modern portföy kuramının temelini oluşturan ‘ Portfolio Selection’’ adlı makalesini yayınlamıştır. Markowitz modelinin geleneksel yaklaşımdan farkı, portföy riskinin belirlenmesinde, portföy kapsamındaki menkul değerlerin ayrı ayrı risklerinin hesaplanmasının yanında bu menkul değerlerin getirileri arasındaki ilişkinin de dikkate alınmasıdır. Modern risk ölçüm yöntemleri, risk ile beklenen getiri arasındaki tercihi (trade-off) hesaplamaktadır. Bu modellerden en önemlisi JP Morgan tarafından geliştirilen riske maruz değer (RMD) ölçütüdür. RMD sisteminde bazıları Monte Carlo simülasyonuna bazıları tarihsel simülasyonlara dayanmaktadır. Modern risk ölçüm yöntemlerine göre, gelişmiş olan bankalar risk yoğunluklarını ve özsermaye masraflarını azaltmakta, istedikleri riskleri kabul edip istemedikleri riskleri kabul etmeyerek transfer etmektedir.

Modern Risk Ölçüm Modelleri

- Riske Maruz Değer (RMD- VaR)
- Duyarlılık Analizleri
- Stres testleri
- Geriye dönük test (Back Testing)

1.3.2.3.1. RİSKE MARUZ DEĞER- VALUE AT RISK (RMD-VaR)

Riske maruz değer kavramı, 1980'li yıllarda ortaya çıkmıştır. Riske Maruz Değer (VaR), bir yatırımın riskini tahmin eden bir finansal ölçümdür. Belirli bir süre boyunca bir yatırım portföyünde meydana gelebilecek potansiyel zarar miktarını ölçmek için kullanılan istatistiksel bir tekniktir. RMD, belirli bir portföyde belirli bir tutardan fazlasını kaybetme olasılığını verir.

Riske Maruz Değerin hesaplanması için bazı varsayımlarda bulunulması ve bunların girdi olarak kullanılması gerekir. Varsayımlar geçerli değil ise VaR rakamı da geçerli değildir. Kısacası, herhangi bir portföyün belirli bir sürede (1-10 gün), belirli bir olasılık limiti içerisinde (% olarak) ne kadar değer kaybedeceğinin hesaplanması olarak tanımlanır. Bu tanımdan da anlaşılacağı gibi risk altındaki değerin temel unsurları:

1. Riskin değerlendirildiği zaman aralığı
2. Değer veya yüzde olarak belirtilen kayıp miktarı
3. Güven aralığı

Riske Maruz Değerin hesaplanması için ilk olarak elde tutma süresinin hesaplanması gerekir, sonrasında ise muhtemel portföy getirilerinin olasılık dağılımları tahmin edilir. İstenilen güven aralığı da bulunduktan sonra, bu güven aralığında gerçekleşebilecek maksimum kayıp VaR değeri olarak hesaplanmış olur.

Hesaplama aşağıdaki formül ile yapılmaktadır:

$$VaR = M \cdot \alpha \cdot \sigma$$

M: Pozisyonun tutarı

α : Sabit güven faktörü

σ : Standart Sapma

Riske maruz değer, risk faktörleri arasındaki korelasyonu dikkate almaktadır. Birbirlerini yok eden veya azaltan riskler var ise toplam risk daha az olarak bulunmaktadır. Riske maruz değerden daha büyük olan zararlar küçük bir olasılık olarak ele alınır. Hesaplamalarda basitleştirici varsayımların kullanılması ile portföyün maruz kalacağı tüm riskleri, düzenleyici kurumların, yönetim kurulunun veya yıllık raporların kullanımında işe yarayacağı şekilde birkaç risk kalemi etrafında toplanmaktadır. İstatistiksel zorluklar giderildiğinde, riske maruz değer daha iyi anlaşılmaktadır. VaR modellerinin çok fazla popüler olması belli bir nedene bağlanabilmektedir. Bu neden tek bir rakam ile tüm portföy riskini söyleyebilmesidir. RMD metodunda ki değişimin nedenleri ise;

- Finansal risklerin iyi kontrol edilebilmesi için artan yasal düzenlemeler
- Teknolojik gelişme

1.3.2.3.1.1. Riske Maruz Değer Yönteminin Avantaj Ve Dezavantajları

Riske maruz değer yönteminin en önemli avantajı, borsada işlem görmekte olan her ürüne uygulanabilir olmasıdır. Standart bir risk değerlendirmesinin olması, farklı alanlarda borsada işlem gören değerlerin birbirleri ile karşılaştırılmasına olanak sağlamaktadır. Geleneksel risk ölçüm yöntemlerinde, duyarlılık temelli ölçütlerin hiçbiri bu boyutta karşılaştırmaya olanak sağlamamaktadır. Riske maruz değer yönteminin geleneksel yöntemlere göre diğer bir avantajı ise, bir zarar olasılığının tahminini belirli bir oranla daha iyi ortaya koymasıdır. Ayrıca farklı değerlerin, piyasa fiyatlarındaki değişimlerinin diğer değerlerin piyasa fiyatlarındaki değişimleri ile olan ilişkisini de değerlendirmektedir. Böylece çeşitlendirme yapılarak risklerin azaltılması mümkün hale gelmektedir. Riske maruz değerin diğer avantajları tek bir rakam ile risk hakkında önemli bilgiler vermesi ve kolay anlaşılabilir bir yöntem olmasıdır.

Riske maruz değerin dezavantajları ise, finansal piyasaların uç düzeyindeki değişimlerin ölçülmesinde işe yaramamaktadır. Bunun nedeni, piyasalar normal davranış şartları altındayken etkili bir şekilde çalışabilmektedir. Ancak riske maruz değer, belirli bir güven aralığında, portföyün günlük veya alışılmış riskinin bir ölçüsüdür. Bundan dolayı, yöntemin daha geniş kapsamlı bir risk ölçme modeli kurabilmesi için stres testleri ile birlikte ele alınması gerekmektedir.
Diğer dezavantajlar:

- VaR modelinin varsayımları sapmalı sonuçlara yol açabilmektedir,
- Modellerin kullanılabilmesi için ileri tecrübe ve bilgi gerekmektedir,
- Riske maruz değer modeli, olağanüstü olaylar nedeniyle ortaya çıkan riskleri dikkate almamaktadır,
- Geçmiş dönemdeki verilerin gelecekteki gelişmeleri temsil etme gücü zayıftır.

Bu nedenlerle de kullanıcılar açısından dezavantaj oluşturmaktadır.

1.3.2.3.2. RMD Hesaplamaları ve Yöntemleri

Riske maruz değer yönteminde sonuç tek bir değer ile verilebilmektedir. Bu model banka pozisyonuyla ilgili veri ve karşılaştırmalı fiyat, varlığın süresi, değişkenlik gibi risk faktörleri içermektedir. Ülkelerin bankacılık sistemi ve finansal piyasaların nitelikleri göz önüne alınarak belirlenen hesaplama parametrelerinden en önemlileri risk faktörlerinin elde tutma süresi ile en uygun seviyede koruma sağlayan güven aralığıdır ve belli başlı parametreler bulunmaktadır. Bu parametrelerden birisi elde tutma süresidir. Elde tutma süresi ile risk arasında doğru orantı bulunmaktadır. Süre uzadıkça beklenen fiyat değişikliği de o kadar yüksek olacaktır. Gözlem süresi, bankaların risk yönetim stratejisine göre piyasa şartlarını yakalamak isteyen banka tarafından seçilir.

Bankalar ve BDDK tarafından onaylanmış risk ölçüm metoduna göre bulunan RMD günlük ve güven aralığı %99 olarak hesaplanmaktadır. Elde tutma süresi ise 10 gün, gözlem dönemi minimum 1 yıl olarak belirtilmiştir. Riske maruz değer hesaplamaları sonucunda ortaya çıkan değere yani rakama göre banka, eğer RMD değeri karşılanabilecek risk seviyesinin üzerinde ise RMD değerini aşağıya düşürecek korunmaya yönelik işlemler gerçekleştireceklerdir. Riske maruz değerin en önemli özelliği, bankaların ve işletmelerin çıkan değeri yorumlayarak gerçekleşecek olan olası kayıplara yönelik önceden tedbir almalarını sağlamaktır.

1.3.2.3.2.1. Parametrik Yöntem (Varyans – Kovaryans Yöntemi)

Parametrik yöntem için " Doğrusal RMD'', "Varyans – Kovaryans RMD'', "Greek – Normal RMD'', "Delta – Normal RMD'' gibi isimler de kullanılmaktadır. Yöntemde, parametreler belirlenerek, herhangi bir olasılık düzeyinde meydana gelebilecek dalgalanmada portföydeki değer kaybı belirlenmektedir. Varyans kovaryans yönteminin en önemli özelliği, olasılık dağılımının, finansal enstrümanlardan sağlanacak getirilerin, risk faktörlerindeki değişikliklerin normal dağıldığını varsaymasıdır. Bundan dolayı varyans kovaryans, genel olarak doğrusal getiri fonksiyonu barındıran finansal varlıklar için uygulanan basit ve hızlı bir yöntemdir. Parametrik yöntemin hızlı hesaplanması bir avantajdır. Bunun nedeni bankalarda ciddi risk yönetim prosedürleri uygulanmasıdır.

Parametrik yöntem, dönüşlerde normal bir dağılım sağlar ve iki faktör tahmin edilir. Bu faktörler, beklenen getiri ve standart sapmadır. Risk ölçüm problemleri için dağılımların bilinmesinden ve güvenilir bir şekilde tahmin edilmesinden dolayı en uygun yöntemdir.

Burdan hareketle, tek bir varlık veya pozisyon için parametrik RMD hesaplamasında kullanılan temel formül;

$$RMD = PV \times \alpha \times \sigma \times \sqrt{t}$$

PV : Portföyün Bugünkü Değeri

α : Güven Aralığı

σ : Portföyün Volatilitesi

t : Elde Tutma Süresi

Modern portföy teorisinin, varlık çeşitlendirmesi ve risk azaltımıyla ilgili en temel bulguları ihmal edilmiş olmaktadır. Dolayısıyla iki veya daha fazla varlık ya da pozisyon için parametrik RMD hesaplanmasındaki en önemli nokta risk faktörleri arasındaki bağlantıların hesaplamaya dahil edilmesidir. (Altıntas, 2006: s.305).

1.3.2.3.2.2. TARİHSEL SİMÜLASYON YÖNTEMİ

Tarihsel simülasyon yöntemi, geçmişteki verilere dayanarak senaryolar üretir. Üretilen bu senaryolar ile risk faktörlerinde oluşabilecek değişimin simüle edilmesi yolu ile portföy yeniden değerlenmektedir. Tarihsel simülasyon yönteminde geçmiş verilerden yararlanılmaktadır ve geçmiş verilerden elde edilen değişim oranları hesaplama yapılan günün piyasa fiyatlarına uygulanmaktadır. Bu yöntem ile elde edilen yeni piyasa fiyatlarına göre de toplam portföy için piyasa değeri dağılımı elde edilmektedir. RMD hesaplama yöntemleri arasında, anlaması ve özellikle varlık sayısı sınırlı portföyler üzerinde uygulaması en basit yöntemdir. Ancak basit olmasına rağmen parametrik yöntem ile karşılaştırıldığında, tarihsel simülasyon yöntemi için harcanan süre ve emek daha fazladır. Her risk faktörünün her gündeki yüzde değişimini hesaplamak için son 250 güne ait piyasa alınır. Daha sonra her yüzde değişimi, gelecekteki değer için 250 senaryo sunmak üzere mevcut piyasa değerleriyle hesaplanır.

Yöntemde, korelasyon ve oynaklık gibi herhangi bir parametre tahmin edilmemektedir. Yani portföydeki varlıkların getirileri için herhangi bir dağılım varsayımında bulunulmamaktadır. Böylece parametrelerin yanlış tahmin edilmesi riski de ortadan kaldırılmaktadır. Tarihsel simülasyon yönteminin avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır.

Tarihsel simülasyon yönteminin avantajları :

- RMD hesaplama yöntemleri arasında uygulaması en basit olan yöntemdir,
- Dağılımlara ilişkin herhangi bir varsayımı bulunmamaktadır,
- Zaman serilerinden oluşturulan volatiliteye güven duyulmaktadır,

Tarihsel simülasyon yönteminin dezavantajları :

- Sadece gerçekleşen tarihsel değişimleri dikkate aldığı için gelecekteki olası değişimleri önemsememektedir,

Tarihsel simülasyon yönteminde portföyün riske maruz değeri için sırasıyla aşağıdaki adımlar izlenmektedir :

- Riski hesaplanacak portföy ve risk faktörleri belirlenir,
- Risk faktörlerine ilişkin bir yıllık tarihsel veri toplanır,
- Risk faktörlerinin günlük değişimleri hesaplanır,
- Portföyü değerleme fonksiyonları belirlenir,
- Kar zarar dağılımı hesaplanır,
- Seçilen güven düzeyinde tarihsel RMD hesaplanır.

Tarihsel simülasyon formülü;

$$R_{p,k} = \sum_{i=1}^{N} w_{i,t} R_{i,k} \qquad k=1,\ldots,t$$

w : Portföy İçerisinde Bulunan Risk Faktörlerinin Ağırlıkları

R : Getiri Değişimleri

Genellikle değişimlerin bir kısmı karları bir kısmı da zararları içermektedir.

1.3.2.3.2.3. STOKASTİK VEYA MONTE CARLO SİMÜLASYON YÖNTEMİ

Piyasa fiyatı ve oranlarının değişim dağılımları üzerine bazı tahminlerde bulunulur ve bunların normal dağılımlı olduğunu varsayar. Bu yöntemde çok sayıda fiyat değişimi rassal olarak üretilir. Senaryoların rassal olarak ve çok sayıda üretilmesi Monte Carlo simülasyonunu, tarihsel simülasyondan ayıran en önemli ve ayırt edici özelliktir. Yöntem özellikle opsiyon içeren portföylere uygulanır. Bu simülasyon, RMD hesaplama yöntemleri arasında uygulaması en zor, en kompleks, en maliyetli, çok zaman alan ve muhtemelen de en güvenilir yöntemdir. Monte Carlo simülasyonu diğer yöntemler ile karşılaştırıldığında avantaj ve dezavantajları bulunur.

Monte Carlo simülasyonunun avantajları:

- Tarihi simülasyondaki gibi tam değerleme söz konusu olduğundan dolayı doğrusal olmayan fiyat ilişkilerinin yarattığı etkileri parametrik yönteme göre çok daha iyi kavrayabilir,
- Senaryo adedi tarihi simülasyonda olduğu gibi sınırlı değildir. Geleceğe dair istenilen sayıda her türlü olası senaryonun muhtemel etkilerini test etmek mümkündür.

Monte Carlo simülasyonunun dezavantajları:

- Parametrik RMD' i hesaplama süresi ile karşılaştırıldığında, Monte Carlo yöntemi hesaplama süresi daha uzundur. Monte Carlo simülasyonu, tarihe simülasyonun tersine, risk faktörlerinin genellikle normal veya log-normal dağıldığı varsayımını benimsemektedir.

Monte Carlo simülasyonu ile RMD hesaplanması için sırasıyla aşağıdaki adımlar izlenmektedir:

- Risk faktörleri arasında korelasyon ve volatiliteler hesaplanır,
- Normal dağılıma sahip fiyat serileri ilgili volatiliteler kullanılarak üretilir,
- Üretilen fiyat serileri portföye uygulanır,
- Portföy değişimleri küçükten büyüğe doğru sıralanarak ilgili güven aralığında RMD değeri bulunur.

Bu üç yöntemin finansal enstrümanlar için uygunluğu karşılaştırılacak olursa;

Tablo 1: Riske Maruz Değerin Özellikleri

YÖNTEM	TANIM	UYGULAMALAR
Parametrik RMD	Korelasyon, volatilite, delta gibi parametreleri belirten denklemlerle RMD tahmini yapar.	Lineer olan finansal enstrümanlar için uygun, lineer olmayanlar için uygun değildir.
Monte Carlo Simülasyonu	Rastlantısal senaryolara benzeterek ve portföydeki pozisyonları tekrar değerlendirerek RMD tahmini yapar.	Lineer olan ve olmayan bütün enstrüman tipleri için uygundur.
Tarihsel Simülasyon	RMD tahmini tarihten yararlanarak, tarihsel oranları alıp, piyasadaki her değişiklik için pozisyonları yeniden değerlendirerek yapar.	Lineer olan ve olmayan bütün enstrüman tipleri için uygundur.

Kaynak: Kaan H. Aksel, "Riske Maruz Değerin Özellikleri", *Active Bankacılık ve Finans Dergisi*, No. 17 (Mart-Nisan 2001), s. 64.

1.3.2.3.2.4. DELTA – GAMMA VaR

Parametrik modeldeki lineerlik varsayımı, modeli gamma veya konveksite riskine sahip portföylerde uygulanamaz hale getirmektedir. Bundan dolayı Delta – Gamma yaklaşımı geliştirilmiştir ve ikinci dereceden hassasiyetleri de modele dahil ederek bu varsayımı ortadan kaldırmaktadır ve kuadratik varsayımı kabul etmektedir. Yöntemin uygulanması ileri matematik gerektirmektedir. Fakat portföyün tesadüfi gelecek değer değişkeni, tesadüfi değişkenlerin ki-kare değerleri ile normal tesadüfi değişken ya da sabit bir terimin toplanması yoluyla elde edilebilmektedir.

1.3.2.3.3. RMD HESAPLAMA YÖNTEMLERİNE İLİŞKİN KARŞILAŞTIRMA

Riske Maruz Değerin ölçülmesinde dört farklı yöntem kullanılmaktadır. Riske Maruz Değer hesaplamasında kullanılan ölçüm yöntemleri genel olarak değerlendirildiğinde her bir yöntemin kendine özgü kuvvetli yönlerinin olduğu bilinmektedir. Bu yöntemlerden hangisinin daha güvenilir olduğu konusunda literatürde kesin bir yanıt bulunmamakta ve portföyün yapısına göre bir yöntem seçmenin doğru olacağı ifade edilmektedir. Literatürde oluşturulan tüm yöntemler temel olarak portföy getirilerinin olasılık dağılımlarının hesaplanması üzerinde odaklanmaktadır. RMD hesaplamasında etkili olan faktörler ise (Çelik ve Kaya, 2010, s. 22);

- Güven Düzeyi
- Verilerin zaman uzunluğu
- Verilerin günlük, aylık sıklığı
- Elde tutma süresi

RMD hesaplarında hangi yöntemin kullanılacağı ile ilgili kesin yanıt bulunmamaktadır. Fakat portföyün yapısı, raporlama teknikleri, uygulama kolaylığı ve sonuçların güvenilirliği açısından RMD yöntemleri değerlendirilerek en uygun yöntem tercih edilmektedir.

- Tüm modeller arasında uygulaması en kolay yöntemdir.
- Hangi yöntemin kullanılacağına ilişkin seçim, portföyün kompozisyonuna bağlıdır. Örneğin, içinde opsiyon gibi türev ürünleri bulunmayan portföyler için en uygun yöntem Parametrik Yöntemdir. Böylece VaR'ın hesaplanması daha kolaydır olmaktadır. Hatalı tahmin ve hesaplamalardan kaynaklanan model riskinden fazla etkilenilmesi söz konusu değildir. Opsiyonların dahil olduğu portföyler için ise bu model uygun değildir. Bu portföyler için

Tarihsel simülasyon veya Monte Carlo simülasyonu tercih edilerek en doğru ve güvenilir sonuca ulaşılabilir.

- En kompleks aynı zamanda uygulanması en zor olan yöntem Monte Carlo simülasyonudur. Bu metotta faizin finansal değişkenleri üzerinde çeşitli örneklemlerin simüle edildiği stokastik bir proses izlenir. (Akçay. ve Bolgün 2003, s.73).

Aşağıdaki tablo RMD hesaplama yöntemleri arasındaki karşılaştırmayı özet şeklinde sunmaktadır;

Tablo 2: RMD Hesaplama Yöntemlerinin Karşılaştırılması

	Varyans - Kovaryans	Tarihsel simülasyon	Monte Carlo Simülasyonu
Hesaplama Kolaylığı	Yüksek	Yüksek	Düşük
Uygulama Kolaylığı	Yüksek	Yüksek	Düşük
Risk Hesaplama Süresi	Düşük	Orta	Yüksek
Ust Düzeye Raporlanabilirlik	Düşük	Yüksek	Düşük
Beklenmedik Olayları Dikkate Alma	Düşük	Düşük	Yüksek
Türev Ürünleri de Alış Biçimi	Düşük	Yüksek	Yüksek
Opsiyonları Içeren Portföylerin Risklerini Yakalayabilirlik	Düşük	Yüksek	Yüksek
Kısıtlar	-Tamamıyla normal dağılım varsayımına dayanması -Türev ürünlerin ele alınmasına elverişli olmaması -Olağandışı piyasa hareketlerini kapsamaması	-Tarihsel veri temininde zorluk yaşanılması - Kullanılan verilerde olağandışı fiyat hareketlerinin yer almaması durumunda olağandışı hareketlerin kapsanmaması	-Modelleme riskinin yüksek oluşu -Karmaşık hesaplamalara yer verilmesi ve zor anlaşılırlık
Avantajlar	Doğrusal getirisi bulunan portföylerde yüksek başarı	Kavramsal olarak anlaşılır ve basittir, her türlü pozisyona uygulanabilir	Doğrusal olmayan pozisyonların ele alınmasında başarılıdır.

1.3.2.3.4. DUYARLILIK ANALİZLERİ

Duyarlılık analizleri, genel olarak bir risk faktöründeki değişiklikleri içermektedir ve belirli Pazar riski faktörünün portföy değeri üzerinde önceden tanımlanan hareketlerinin kısa dönemli etkilerini belirleyen bir analiz türüdür. Duyarlılık analizi bir portföyün bazı değişkenler üzerinde örneğin hisse senedi fiyatları, faiz oranları gibi değişkenler üzerinde kısa vadeli değişimleri incelemektedir. Bundan dolayı, duyarlılık analizlerinin uygulaması kolay ve anlaşılırdır. Duyarlılık analizlerinin en önemli avantajı, uygulamanın kolay olmasından dolayı herhangi bir karmaşıklığın olmamasıdır. Dezavantajı ise, tek bir risk faktörü için uygulanması ve bundan dolayı kaybı tahmin etmede yetersiz kalmasıdır.

Tablo 3: Duyarlılık analizleri avantajları ve dezavantajları

Avantajları	Dezavantajları
Önemli risklerin belirlenmesi için yararlı bir araçtır.	Her risk faktörü tek başına kabul edilir. Sonuçlar en kötü durum kaybı için güvenilir bir tahmin vermez.
Riskleri azaltmak için yatırımcılar ve yöneticiler tarafından kolayca kullanılabilir.	Risk faktörlerinin olma olasılığı net değildir.

Kaynak: Arya, ‘‘Duyarlılık Analizlerinin Avantajları ve Dezavantajları’’,2008, s:10

Ekonomik ve finansal değişimlere bağlı olarak duyarlılık analizi sonuçları da değişim göstermektedir. Duyarlılık analizi uygulayan bankaların tercih ettiği faktörler arasında, dalgalanmalar, beklenen tahsil edilememe sıklıkları ve tahsil edilememe durumundaki zararlar yer almaktadır.

1.3.2.3.5. GERİYE DÖNÜK TEST (BACKTESTING)

Geriye dönük test, geçmiş verilere dayanarak beklenen ve beklenmeyen zararların tahmin edilmesidir ayrıca riske maruz değer modelinin doğruluğunu kanıtlayan istatistiksel bir süreçtir. Banka düzenleyicileri, sermaye düzenlemeleri için riske maruz değer yöntemini kullanan bankalardan geriye dönük test istemektedir. Geriye dönük test nedeniyle riske maruz değer hesaplanırken, bir günlük elde tutma süresi dikkate alınmalıdır(BDDK,2006). Backtesting uygulanırken gün içerisinde gerçekleşen kazanç ve kayıpların yalnızca piyasa hareketlerinden kaynaklanmış olan kısmı dikkate alınır (Parasız,2005: s.184).

Bankalar genel olarak aylık veya yılın çeyrek dönemlerinde risk modellerinin doğruluğunu ölçmek amacıyla backtesting yaparlar. Eğer gerçekleşen riske maruz değer beklenen riske maruz değerden küçük ise amaca ulaşılmıştır. Eğer gerçekleşen değer beklenen değerden büyük ise model sonuçlarında bir istisna kaydedilmiş olur (Duman, 2000, s.25). Aradaki farkın büyük olması modelin zayıf olduğunu gösterir ve eğer ki model zayıf ise zayıflığın sebebinin bulunması için araştırma yapılır. Bu araştırmalara, piyasa verileri, pozisyonun bütünlük kontrolü, model parametreleri ve yöntemi örnek verilebilir. Geriye dönük testin anlamlılığına dair tartışmalar bulunmaktadır. Çünkü geriye dönük test yeterli veriye dayanmamakta sadece birkaç olağandışı olaylara dayanmaktadır ve böyle bir modeli geçerli kılabilmek zordur.

1.3.2.3.6. STRES TESTİ

Stres testi, beklenmedik durumları ve olağan üstü kayıpları belirleyip değer kaybının tahmin edilmesinde ve yönetilmesinde kullanılan risk ölçüm yöntemidir. BIST tarafından yapılan stres testi tanımı ise finansal değişkenlerde kullanılan risk yönetim tekniğidir. Stres testinin odağı beklenmeyen ancak olması muhtemel olan olaylardır. (CEBS, 2006: 4)

Risk ölçüm modelleri içerisinde en fazla kullanılan teknik RMD modelidir. Birçok finansal kurum, piyasa riski başta olmak üzere risklerinin birçoğunu riske maruz değer modeline dayanarak ölçmektedir. Fakat çoğu zaman riske maruz değer modelleri tek başına yetersiz kalmakta ve bundan dolayı başka risk ölçüm modeli ile birlikte kullanılması gerekmektedir (Mandacı, 2003). Stres testleri de riske maruz değerin tamamlayıcısı olarak görülmektedir. Çünkü stres testleri, beklenmedik durumları ve olağan üstü kayıpları belirlerken portföyün maksimum değer kaybı tahmin edilir. Ayrıca riske maruz değer normal piyasa şartları için kullanılırken, stres testi anormal piyasa şartları için kullanılmaktadır. (Mandacı, s.78).

Stres testinde benimsenecek iki süreç bulunmaktadır. İlk süreç, senaryo analizidir ve ekonomik senaryolar üzerine kuruludur. İkincisi ise mekanik süreçlerdir ve matrikse dayanırlar. Stres testinde kullanılan mekanik yaklaşımlarda belirli senaryolar yerine birçok farklı olasılık üzerine odaklanılmakta ve portföyün üzerinde en olumsuz etkiyi yapan olasılık tespit edilmektedir.

Stres testleri, risk yönetim sisteminde anormal şartlar için ve zayıf noktalara değindiğinden dolayı dinamik risk yönetim sistemleri oluşturabilmek için stres testlerinin uygulanması gerekmektedir. Stres testinin sunduğu veriler bankalar içinde sermayelerin hangi alanlara tahsis edileceğine karar verirken de etkili olmaktadır.

İKİNCİ BÖLÜM

BANKACILIKTA STOKASTİK SÜREÇLER

2.1. STOKASTİK SÜREÇ

Stokastik süreç, rastgele değişkenler arasındaki ilişkidir. Basit tanım ile stokastik süreç, zaman ile indekslenmiş rassal değişkenlerin dizisidir. Stokastik süreç rasgele gözlenebilen olayın, başlangıç zamanından sonra herhangi bir zamanda, ortaya çıkışı için oluşturulmuş matematiksel bir modeldir. İstatistiksel düzenlilik gösteren bir durumun veya oluşumun sonuçlarının gerçekleşme olasılıkları doğru bir şekilde tanımlanabilmektedir. Tüm olası durumların oluşturduğu diziye olasılık uzayı denilmektedir.

Stokastik süreç, olasılık uzayında tanımlı X={Xt : t € T } gerçek değerli rassal değişkenlerin kümesidir. Burada zaman, sürecin parametresidir. T, indeks yani dizin kümesidir ve Xt' nin t € T zamanında aldığı değerleri gösterir.

T={0,± 1,±2,.....} yada T={0,1,2, } kesikli parametreli süreç

T={tI - ∞ < *x*, < ∞ } yada T={tI $t \geq 0$, $t \in R$ } sürekli parametreli süreç olarak tanımlanır. Kesikli parametre ardışık tamsayı dizilerinden meydana gelirken, sürekli parametre ise belli bir başlangıç zamanından sonra geçen süreyi göstermektedir. Kısaca T, parametre uzayı sayılabilir olduğunda, kesikli parametreli süreç, sayılamaz olduğunda ise sürekli parametreli süreç denilmektedir.

Stokastik terimi, rassal değişkenin zaman değişimi olarak tanımlanmaktadır. Bu yüzden bir stokastik süreç de rassal değişkenin zaman içindeki değişimini göstermektedir. Stokastik süreçlerin iki temel unsuru bulunmaktadır. Bunlar, değişkenin rassal olması ve zamana bağlı olarak değişim göstermesi durumudur. Stokastik sürecin analizinin amacı ise, Xt rasgele değişkenlerinin ve sürecin yörüngelerinin araştırılmasıdır.

2.2. STOKASTİK SÜREÇLERİN SINIFLANDIRILMASI

Stokastik süreçler;

1- Sürecin olasılık yapısına
2- Sürece ilişkin belirli özellikler
3- İlgilenilen problem ve kullanılan metod
4- Sürecin uygulamalarına göre sınıflandırılırlar.

2.2.1. Sürecin Olasılık Yapısına Göre Sınıflandırma

Süreçlerin olasılık yapısı göz önünde bulundurularak yapılan sınıflandırma çeşididir. Bu sınıflandırmaya göre süreçler, Markov süreçleri, Martingale'ler, Durağan ve bağımsız artmalı süreçler olarak dörde ayrılabilir.

2.2.2. Sürece İlişkin Belirli Özelliklere Göre Sınıflandırma

Bazı süreçler, temel bir stokastik süreç üzerinde belirlenen özellikler yardımı ile ortaya çıkar. Bu süreçler;

- Semi markov süreçleri
- Rassal yürüyüşler
- Quasi martingaleler
- Poisson süreçleri
- Dallanma süreçleri
- Nokta süreçleri

2.2.3. İlgilenilen Problem ve Metodlara Göre Sınıflandırma

Süreçlerde genel olarak ilgilenilen problem ve kullanılan metodlar şunlardır;
İlgilenilen problemler; yakınsama problemleri, geçiş problemleri, örneklem fonksiyonlarının davranış analizleri, dağılımlarla ilgili özellikler, süreçlerin dönüşümleri
Kullanılan metotlar ise; fonksiyonel gösterim, stokastik hesap, Wiener Hopf Tekniği ve stokastik yaklaşımlar.

2.2.4. Sürecin Uygulamalarına Göre Sınıflandırma

Stokastik süreçler rastlantıların etkili olduğu birden fazla alanda uygulanmaktadır. Ekonomi, yöneylem araştırmaları ve sosyal bilimler bu alanların başlıcalarıdır. Stokastik süreçlerde özellikle iki temel kavram bulunmaktadır. Bu kavramlar Markov özelliği ve Martingale özelliğidir.

2.3. STOKASTİK SÜREÇLER

Stokastik süreç bir gözlem dizisidir ve bu dizi tekrarlanabilmektedir. Bir amacı gerçekleştirmek için, birbirine bağımlı olan yani birbirini etkileyebilen durumların, olayların ortaya çıkardığı bir sistem olarak tanımlanır. Stokastik süreçlerin çeşitleri ise;

- Markov Süreci
- Wiener Süreci
- Genelleştirilmiş Wiener Süreci
- Rassal Yürüyüş Hipotezi
- Ito Süreci' dir.

2.3.1. MARKOV SÜRECİ

Stokastik süreç teorisinin en önemli kısmını Markov süreci oluşturmaktadır. Markov süreci, Rus matematikçi Andrey Markov tarafından türetilmiştir. Markov sürecinin tanımını yapacak olursak, şuanda ortaya çıkan bir durumun gelecekteki faaliyeti hakkında bilgi edinmemizi sağlayan bir yöneylem araştırmasıdır (Karayalçın, 1977). Markov prosesinde bir önceki durum verilerek, sonraki durumun koşullu olasılığının önceki durumlardan bağımsız olması durumuna Markov Özelliği denir. Kısacası, bir önceki veya mevcut durum verilerek, bir sonra ki olayın koşullu olasılığı, bir önceki duruma göre daha önceden gerçekleşen olaylardan bağımsızdır. Bir Markov süreci, zaman içerisinde değişen olayların rastlantısal belirsizliğini modellememizi sağlar.

$$X = \{Xn : n \geq 0 \}$$

Şeklinde ifade edilebilen stokastik süreç için;

$$P\{ Xn+1 \in A| X0,X1,\ldots,Xn\} = P\{Xn+1 \in A|Xn\}$$

Denklemi var ise bu sürece Markov süreci denir. Bu denklemden de yola çıkarak Markov sürecinin gelecekteki olasılığa bağlı davranışı, sadece sürecin bugünkü durumuna bağlıdır. Markovian özellik yani Markov özelliği parametre kümesi ile indislenmiş, rassal değişkenlerin toplulukları arasındaki bağımlılığı ifade etmektedir.

Kısaca tanımlayacak olursak Markov süreçleri gelecek olasılığı bakımından sadece şuan ki değerlerin kullanıldığı bir süreçtir. Gelecek değerleri öngörebilmek için geçmiş ve şuan ki değerlere nasıl ulaşıldığının pek önemi yoktur. Stokastik Portföy Teorisi varlık fiyatları süreçlerinin Markov süreçleri olduğunu varsaymaktadır. Değeri 100 birim olan hisse fiyatı bir Markov sürecini takip ediyorsa, hisse fiyatının geçmiş dönemlerde örneğin geçen ay veya geçen yıllarda nasıl olduğu gelecekteki olasılıkları ile ilgili fikirleri etkilememektedir. Bu hisse fiyatının gelecekteki değeri için kullanılabilir tek kaynak hisse fiyatının şuan ki değeridir yani hisse fiyatının 100 birim olmasıdır. Bundan dolayı Markov süreçlerinde gelecek ile ilgili düşünceler belirsizdir

2.3.1.1. MARKOV SÜREÇLERİNİN KULLANIM ALANLARI

Markov süreçlerinin hemen her alanda kullanımına rastlamak mümkündür. Özellikle ekonomi, işletme, fizik, biyoloji ve benzeri bilimlerde uygulama alanına sahiptir (Erçelebi, Selamet G. ”Homojen Olmayan Markov Prosesleri”, Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği XV. Ulusal Kongresi Bildirileri 1993). Markov süreçleri, insan gücü hareketliliğinin modellenmesine uygun bir süreçtir. Bu süreçlere ilişkin problemler matematiksel teknikler ile çözülebilir. Bu amaçla uygulamada stokastik analiz yaklaşımlarına çok sık rastlanmaktadır. İşletmeler, tüketici davranışlarını hedef alırlar bun içinde analitik modeller kullanırlar. Pazarlama problemlerinde ki değişkenlerin yapısı stokastiktir. İşletmeler bulundukları pazarda, Pazar paylarını belirlemek amacıyla Markov süreçlerini kullanmaktadırlar (Kotler,1993). Aynı zamanda, fiyatlama stratejilerinin değerlendirilmesi, hisse senedi fiyat dalgalanmalarının analizinde Markov süreçlerinden sıkça yararlanılmaktadır.

2.3.1.2. MARKOV ZİNCİRLERİ

Stokastik bir süreç olan Markov süreçleri, dizin kümesinin ve durum uzayının niteliğine göre sınıflandırılır. Durum uzayı kesikli olan Markov sürecine “ Markov Zinciri’’ denir. Sonlu olan durum uzayı Sonlu Markov Zinciri, sonsuz olan durum uzayı ise Sonsuz Markov Zinciri olarak tanımlanır. Markov zincirinde şuan ki durum sadece bir önceki duruma göre değişebilir, geçişte gerçekleşen farklı durumları göz önünde bulundurmaz. Gelecekteki durumlara kesin bir şekilde değil olasılık olarak ulaşılmaktadır.

2.3.1.2.1. KESİKLİ STOKASTİK PROSES

Kesikli stokastik Markov zinciri, rassal değişkenler arasındaki ilişkinin tanımıdır. Diğer bir tanımla, zaman ile indislenmiş olan rassal değişkenlerin dizisidir. Örnek olarak bir sistemin değişkenlerini belirli bir zaman aralığında kesikli olarak değerlendirdiğimizi düşünürsek, Xt, t zamanda ki değişken olsun. Çoğu durumda t zamandan önce Xt değişkeni bilinmez ve rasgele değer olarak kabul edilir.

Kesikli parametreli Markov zincirleri şöyledir:

1. Geçiş olasılıkları ve geçiş matrisi
2. Olasılık vektörü ve olasılık matrisi

2.3.1.2.1.1. Geçiş Olasılıkları ve Geçiş Matrisi

Herhangi bir zamanda sistem belirli bir olasılık dağılımına bağlı olarak bulunduğu durumdan başka bir duruma geçebilir veya aynı durumda kalabilir. Durumlarda gerçekleşen bu değişimler geçiş olarak tanımlanır ve durumlarla ilgili değişim olasılıkları da geçiş olasılıkları olarak adlandırılır.

$P(Xt+1=j|Xt=i)=pij$

Burada ki formülde pij ,sistemin t zamanında i durumundayken, t+1 zamanında da j durumunda olma olasılığını göstermektedir. Bu durumda pij geçiş olasılığı olmaktadır ve her bir durumdan diğerine geçiş olasılıklarını belirttiğimizde de geçiş olasılıkları matrisi ortaya çıkmaktadır.

$$P=\begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1s} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2s} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ P_{s1} & P_{s2} & \dots & P_{ss} \end{bmatrix}$$

Herhangi bir zamanda t anında ki durum i olarak verilirse, proses t+1 durumundayken herhangi bir yerde olabilir.

2.3.1.2.1.2. Olasılık Vektörü ve Olasılık Matrisi

Bir a= [a1,……..an] vektörünün olasılık vektörü olabilmesi için iki koşul bulunmaktadır. Bu koşullar;

1. Negatif eleman olmamalı
2. Elemanların toplamı 1'e eşit olmalıdır.

A = [atj] kare matrisinin bütün satırları olasılık vektörü ise, bu matris "Olasılık Matrisi'' olarak tanımlanır.

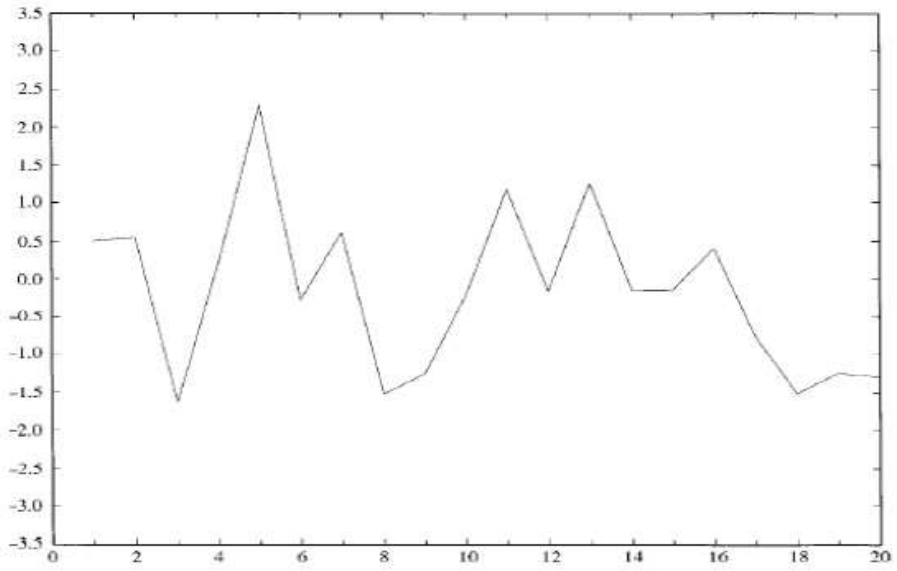
A = [atj], B = [btj] eşit boyutlu olasılık matrisleri ise, AB matrisi de olasılık matrisidir. Bu yüzden AB matrisini şu şekilde yazabiliriz;

$$AB=\begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix}\begin{bmatrix} b_{11} & \cdots & b_{1n} \\ \vdots & & \vdots \\ b_{n1} & \cdots & b_{nn} \end{bmatrix},$$

Burada bulunan A'nın her satırı olasılık vektörüdür. A'nın satırlarını ve B matrisini çarparak AB'nin satırlarını elde ettiğimiz için teoreme göre, AB'nin satırları olasılık vektörü iken AB'de olasılık matrisidir.

2.3.1.2.2. SÜREKLİ PARAMETRELİ MARKOV ZİNCİRLERİ

Sürekli parametreli süreç, sürekli zaman için belli bir başlangıçtan sonra geçen süreyi göstermektedir.



Şekil 4: Sürekli zamanda yol izleyen stokastik süreç örneği

Kaynak: Spanos, Markov Chain, 2011, s. 406.

Sürekli parametreli Markov zincirlerinin analizi, kesikli parametreli analize göre daha teknik ve bu yüzden daha zordur.

2.3.1.2.2.1. Poisson Süreci

Poisson süreci, her $t > 0$ için 0 ile t zaman arasında ortaya çıkan olayların sayısını analiz etmektedir. Bu yüzden sayma süreçleri olarak tanımlanabilir. $[0, \infty)$ aralığında bir N(t) Poisson süreci, olayların [0,t] zaman aralığında meydana gelme sayılarını sayar. Burada bulunan N(t), t uzunluğundaki zaman aralığında ortaya çıkan olayların sayısı olarak ifade edilebilir. N(t) stokastik bir değişkendir. 0,1,2,…. Gibi değerler alabilir ve t uzunluğundaki bir zaman aralığında bir olayın ortaya çıkma

olasılığı olayın başlangıç ve bitiş noktalarına değil yalnızca t uzunluğuna bağlıdır. Bu olasılık,

$$Pi(t) = P(N(t) = i), \qquad i= 0,1,2,\ldots$$

Şeklinde tanımlanabilir.

Poisson sürecinin özellikleri ise şöyledir;

- Çok küçük bir zaman aralığında birden fazla olayın ortaya çıkma çıkması, tek bir olayın ortaya çıkma olasılığından daha azdır.
- Olaylar birbirinden bağımsız bir şekilde ortaya çıkar.

Kısaca özetlemek gerekirse Markov süreçleri hemen her alanda kullanılabilmekte ve stokastik süreçlerin en önemli kısmını oluşturmaktadır. Markov süreçleri, şuanda ortaya çıkan bir durumun gelecekteki faaliyeti hakkında bilgi edinmemizi sağlayan bir yöneylem araştırmasıdır.

Tablo 4: Markov Süreçlerinin Sınıflandırılması

Parametre uzayı	Durum uzayı	
	Kesikli	Sürekli
Kesikli	Kesikli zamanlı Markov zinciri	Kesikli zamanlı Markov süreci
Sürekli	Sürekli zamanlı Markov zinciri	Sürekli zamanlı Markov süreci

Tablodan da anlaşılacağı üzere Markov süreçleri kesikli ve sürekli olarak sınıflandırılmaktadır.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

MODEL UYGULAMA

3.1 MARKOV PROSESİ İLE İLGİLİ BİR UYGULAMA

Markov prosesi literatürü incelendiğinde, bir çok araştırmacı tarafından uygulandığı görülmüştür. Bu uygulamalara değinilecek olursa;

Markov prosesinin doğru olarak ilk uygulaması 1923 yılında Norbert Wiener tarafından matematiksel olarak uygulanmıştır. 1930 ve 1940 yıllarında ise Andrey Kolmogorov, Markov süreçlerinin tanımını yapmıştır, 1953 yılında James Dobb, 1964 yılında William Fller, 1975'te Karlin S. Ve Henry Taylor, 1976'da ise Borovkov'un kitapları Markov zincirleri için temel sayılır. Yarı Markov zincirinin tanımını ise, ilk kez birbirinden bağımsız ancak aynı zamanda Paul Levy ve W.Smith yapmıştır. Kaminsky(1991), Markov modelinin düşük frekanstaki dataları yeterince kapsamadığını belirtmiştir, Hüseyin Gürbüz ve Tunç Köse (2002), Markov zinciri ile şüpheli alacak zararlarının büyüklüklerini araştırmışlardır. Dura Codruta (2006) ise Markov zincirlerini, pazar tahmininde kullanmıştır. Gümüşoğlu ve Yüksel Özdemir, 2007 yılında işletmelerin gelecekteki tahmin sorunlarının çözümlenmesi için Markov yaklaşımını araştırmışlardır. Wai-Ki Ching (2007), Markov zincirini satış talep tahminine uygulamıştır. Can Tuncay ve Ersoy Öz (2009), döviz oranlarındaki değişiklikleri, saklı Markov modelini kullanarak tahmin etmişlerdir. Liu Tie (2010), Markov zincirlerini zaman serilerinin analizi için kullanmıştır. İbrahim Zeki Akyurt (2011), kredi riski notları için Moody's verilerinden yararlanarak Markov zincirini oluşturmuştur. Güzin Özdağoğlu (2012), Markov zinciri ile altın fiyatlarındaki dağılımı araştırmıştır. İlarsan ise 2014'teki araştırmasında, hisse senedi fiyatlarındaki tahminlerinde, finans alanında Markov zincirinde uygulama yapmıştır.

Uygulamada Markov zincir yapısı oluşturulmuş ve süreç görselleştirilmiştir. Model oluşturulurken ilk önce BDDK aylık raporlarında bulunan verilerden yararlanılmış ve bu verilerden bir yakınlık matrisi(proximity matrix) oluşturulmuştur. Bu matris IBM SPSS İstatistik programı kullanılarak elde edilmiştir. Analize toplam 215 adet değişken dahil edilmiş, en uygun 28 adet değişken ile Öklid Mesafelerine (Euclidean Distance) dayalı Yakınlık Matrisi (Proximity Matrix) oluşturulmuştur.

Tablo 5: Yakınlık Matrisi Durum Özeti

Durum Özeti

Geçerli		Kayıp Durumlar		Toplam	
N	Yüzde	N	Percent	N	Yüzde
28	13.0%	187	87.0%	215	100.0%

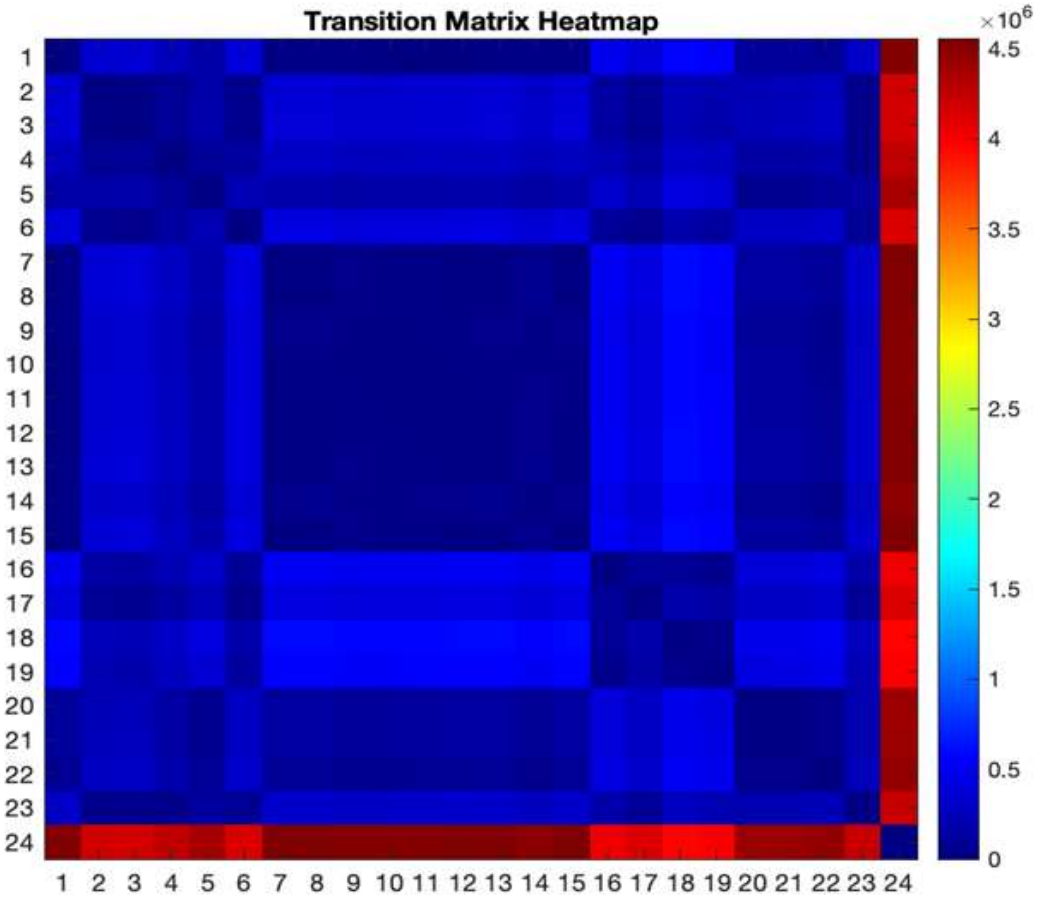
Tablo 6: Analizde Kullanılan Değişkenler ve Aralarındaki Öklid Mesafelerini Gösteren Tablo

	Takipteki Alacaklar (Brüt) / Toplam Nakdi Krediler (%)	Takipteki Alacaklar / Karşılığı / Brüt Takipteki Alacaklar (%)	3 Aya Kadar Vadede Faize Duyarlı Aktifler / 3 Aya Kadar Vadede Faize Duyarlı Pasifler (%)	Yüksek Montanlı (1 Milyon TL ve Üzeri) Mevduat / Toplam Mevduat (%)	(Bilanço Dışı Riskler - Türev Finansal Araçlar) / Toplam Aktifler (%)	Türev Finansal Araçlar / Tazahhütler (%)	Vergi Öncesi Kar (Zarar) / Ortalama Toplam Aktifler (%)	Dönem Net Karı (Zararı) / Ortalama Toplam Aktifler (%)	Dönem Net Karı (Zararı) / Ortalama Özkaynaklar (%)	Toplam Faiz Gelirleri / Faiz Getirili Aktifler Ortalaması (%)	Toplam Faiz Giderleri / Faiz Maliyeti Pasifler Ortalaması (%)	Net Faiz Geliri (Gideri) / Ortalama Toplam Aktifler (%)	Ücret, Komisyon ve Bankacılık Hizmetleri Gelirleri / Ortalama Toplam Aktifler (%)	Ücret, Komisyon ve Bankacılık Hizmetleri Gelirleri / Toplam Gelirler (%)	İşletme Giderleri / Ortalama Toplam Aktifler (%)	Faiz Dışı Gelirler / Faiz Dışı Giderler (%)	Ücret, Komisyon ve Bankacılık Hizmetleri Gelirleri / İşletme Giderleri (%)	Toplam Nakdi Krediler / Toplam Mevduat (%)	Toplam Nakdi Krediler / Toplam Mevduat (Kalkınma ve Yatırım Bankaları Hariç) (%)	Toplam Menkul Değerler / Toplam Mevduat (%)	Vadesiz Mevduat / Toplam Mevduat (%)	Yasal Özkaynak / Risk Ağırlıklı Kalemler Toplamı (%)	Risk Ağırlıklı Kalemler Toplamı (Brüt) (%)	Risk Ağırlıklı Kalemler Toplamı (Net) / Risk Ağırlıklı Kalemler Toplamı (Brüt) (%)	Yabancı Kaynaklar / Toplam Özkaynaklar (%)
Takipteki Alacaklar (Brüt) / Toplam Nakdi Krediler (%)	.000	344.451	361.376	266.625	172.840	400.303	18.646	19.481	27.233	17.729	1.301.7	13.118	19.247	34.907	18.314	492.977	401.416	595.701	539.754	116.969	114.938	73.607	313.680	4.533.228
Takipteki Alacaklar Karşılığı / Brüt Takipteki Alacaklar (%)	344.451	.000	31.165	78.186	173.487	58.117	362.376	363.324	328.496	337.340	345.173	355.290	363.205	309.670	362.122	149.770	80.114	243.374	197.582	228.235	231.867	270.929	288.204	4.189.103
3 Aya Kadar Vadede Faize Duyarlı Aktifler / 3 Aya Kadar Vadede Faize Duyarlı Pasifler (%)	361.376	31.165	.000	96.413	189.215	42.699	379.301	380.250	345.169	353.886	361.675	372.222	380.106	326.585	379.043	133.939	140.900	225.592	178.852	246.419	250.802	326.909	326.204	4.173.354
Yüksek Montanlı (1 Milyon TL ve Üzeri) Mevduat / Toplam Mevduat (%)	266.625	78.186	96.413	.000	95.690	133.939	284.595	285.540	250.933	259.618	267.381	277.535	285.413	231.822	284.340	226.626	141.900	314.000	277.396	150.885	155.003	191.574	193.477	49.226	4.266.674
(Bilanço Dışı Riskler - Türev Finansal Araçlar)/ Toplam Aktifler (%)	172.840	173.487	189.215	95.690	.000	229.286	190.812	191.740	158.062	166.167	173.605	183.926	191.592	138.141	190.561	320.804	229.808	413.081	367.161	61.782	69.870	100.291	91.583	141.425	4.361.681
Türev Finansal Araçlar / Tazahhütler (%)	400.303	58.117	42.699	133.939	229.286	.000	418.297	419.243	384.327	393.064	400.861	411.229	419.105	365.461	418.038	92.898	45.582	186.638	140.881	294.566	288.559	326.909	326.204	87.256	4.133.802
Vergi Öncesi Kar (Zarar) / Ortalama Toplam Aktifler (%)	18.646	362.376	379.301	284.595	190.812	418.297	.000	1.066	38.829	28.668	20.427	7.907	1.389	53.235	.786	511.010	419.555	603.577	557.632	135.026	132.771	91.583	331.742	4.551.049
Dönem Net Kârı (Zararı) /Ortalama Toplam Aktifler (%)	19.481	363.324	380.250	285.540	191.740	419.243	1.066	.000	39.890	29.699	21.416	8.958	.916	54.140	1.459	511.953	420.471	604.522	558.577	135.960	133.707	92.521	332.679	4.552.004
Dönem Net Kârı (Zararı) /Ortalama Özkaynaklar (%)	27.233	328.496	345.169	250.933	158.062	384.327	38.829	39.890	.000	12.229	20.503	31.130	39.847	291.36	3.655.4	477.050	386.448	569.397	523.472	103.219	101.265	141.425	87.256	298.179	4.516.507
Toplam Faiz Gelirleri / Faiz Getirili Aktifler Ortalaması (%)	17.729	337.340	353.886	259.618	166.167	393.064	28.668	29.699	12.229	.000	8.869	21.016	29.483	32.066	2.863.2	485.786	394.394	578.260	532.334	111.084	109.297	141.425	87.256	306.689	4.525.701
Toplam Faiz Giderleri /Faiz Maliyeti Pasifler Ortalaması (%)	13.017	345.173	361.675	267.381	173.605	400.861	20.427	21.416	20.503	8.869	.000	13.266	21.130	37.806	2.009.0	493.579	401.877	584.041	540.114	118.601	116.958	75.022	314.366	4.533.685
Net Faiz Geliri (Gideri) / Ortalama Toplam Aktifler (%)	13.118	355.290	372.222	277.535	183.926	411.229	7.907	8.958	31.130	21.016	13.266	.000	8.865	46.537	7.638	503.955	412.662	594.549	550.603	127.999	125.724	84.558	92.394	324.744	4.543.913
Ücret, Komisyon ve Bankacılık Hizmetleri Gelirleri / Ortalama Toplam Aktifler (%)	19.247	363.205	380.106	285.413	191.592	419.105	1.389	.916	39.847	29.483	21.130	8.865	.000	53.949	1.269	511.813	420.261	604.395	558.451	135.822	133.595	92.394	332.531	4.551.895
Ücret, Komisyon ve Bankacılık Hizmetleri Gelirleri / Toplam Gelirler (%)	34.907	309.670	326.585	231.822	138.141	365.461	53.235	54.140	291.36	32.066	37.806	46.537	53.949	.000	5.293.5	458.123	366.689	550.949	504.985	82.437	81.058	39.023	278.829	4.498.503
İşletme Giderleri / Ortalama Toplam Aktifler (%)	18.314	362.122	379.043	284.340	190.561	418.038	.786	1.459	36.654	28.362	20.090	7.638	1.269	52.935	.000	510.750	419.260	603.335	557.390	134.742	132.493	91.321	331.482	4.550.803
Faiz Dışı Gelirler / Faiz Dışı Giderler (%)	492.977	149.770	133.170	226.626	320.804	92.898	511.010	511.953	477.050	485.786	493.579	503.955	511.813	458.123	510.750	.000	103.819	95.998	52.212	377.122	381.027	419.592	417.066	41.959.2	179.562	4.041.595
Ücret, Komisyon ve Bankacılık Hizmetleri Gelirleri / İşletme Giderleri (%)	401.416	80.114	56.273	141.900	229.808	45.582	419.555	420.471	386.448	394.394	401.877	412.662	420.261	366.689	419.260	103.819	.000	191.889	147.858	288.079	293.283	329.178	329.178	51.246.8	466.507	44.063	43.623	.000	240.491	4.459.748
Toplam Nakdi Krediler / Toplam Mevduat (%)	595.701	243.374	225.592	314.000	413.081	186.638	603.577	604.522	569.397	578.260	584.041	596.549	604.395	550.949	603.335	95.998	191.889	.000	45.978	470.512	474.665	512.461	512.461	272.612	3.950.315	
Toplam Nakdi Krediler / Toplam Mevduat (Kalkınma ve Yatırım Bankaları Hariç) (%)	539.754	197.582	178.852	277.396	367.161	140.881	557.632	558.577	523.472	532.334	540.114	550.603	558.451	504.985	557.390	52.212	147.858	45.978	.000	424.558	428.725	466.507	466.507	226.719	3.995.921	
Toplam Menkul Değerler / Toplam Mevduat (%)	116.969	228.235	246.419	150.885	61.782	294.566	135.026	135.960	103.219	111.084	118.601	127.999	135.822	82.437	134.742	377.122	288.079	470.512	424.558	.000	10.631	4.406.3	198.598	4.416.903		
Vadesiz Mevduat / Toplam Mevduat (%)	114.938	231.867	250.802	155.003	69.870	288.559	132.771	133.707	101.265	109.297	116.958	125.724	133.595	81.058	132.493	381.027	293.283	474.665	428.725	10.631	.000	4.362.3	203.160	4.419.864		
Yasal Özkaynak / Risk Ağırlıklı Kalemler Toplamı (%)	73.607	270.929	288.204	193.574	100.291	326.909	91.583	92.521	60.317	67.765	75.022	84.558	92.394	39.023	91.321	419.592	329.178	512.461	466.507	44.063	43.623	.000	240.491	4.459.748		
Risk Ağırlıklı Kalemler Toplamı (Net) / Risk Ağırlıklı Kalemler Toplamı (Brüt) (%)	313.680	36.105	50.186	49.226	141.425	87.256	331.742	332.679	298.179	306.689	314.366	324.744	332.531	278.829	331.482	179.562	93.632	272.612	226.719	198.598	203.160	240.491	.000	4.220.822		
Yabancı Kaynaklar / Toplam Özkaynaklar (%)	4.533.228	4.189.103	4.173.354	4.266.674	4.361.681	4.133.802	4.551.049	4.552.004	4.516.507	4.525.701	4.533.685	4.543.913	4.551.895	4.498.503	4.550.803	4.041.595	4.137.932	3.950.315	3.995.921	4.416.903	4.419.864	4.459.748	4.220.822	.000			

Matristen elde edilen değerler MATLAB_R2020b Simulink programına aktarılmış ve dtmc çizim fonksiyonları kullanılarak bir Markov zincir modeli yapısı ve evrimi görselleştirilmiştir. Stokastik Geçiş Matrisinden Markov Zinciri Oluşturmada aylık bankacılık istatistiklerini modelleyen yirmidört durumlu Markov zinciri oluşturulmuştur.

```
P = [0.000    344451    361376    266625    172840    400303    18646     19481     27233     17729     13017
344451    0.000     31165     78186     173487    58117     362376    363324    328496    337340    345173
361376    31165     0.000     96413     189215    42699     379301    380250    345169    353886    361675
266625    78186     96413     0.000     95690     133939    284595    285540    250933    259618    267381
172840    173487    189215    95690     0.000     228286    190812    191740    158062    166167    173605
400303    58117     42699     133939    228286    0.000     418297    419243    384327    393064    400861
18646     362376    379301    284595    190812    418297    0.000     1066      38829     28668     20427
19481     363324    380250    285540    191740    419243    1066      0.000     39890     29699     21416
27233     328496    345169    250933    158062    384327    38829     39890     0.000     12229     20503
17729     337340    353886    259618    166167    393064    28668     29699     12229     0.000     8869
13017     345173    361675    267381    173605    400861    20427     21416     20503     8869      0.000
13118     355290    372222    277535    183926    411229    7907      8958      31130     21016     13266
19247     363205    380106    285413    191592    419105    1389      .916      39847     29483     21130
34907     309670    326585    231822    138141    365461    53235     54140     29136     32066     37806
18314     362122    379043    284340    190561    418038    .786      1459      38654     28362     20090
492977    149770    133170    226626    320804    92898     511010    511953    477050    485786    493579
401416    80114     56273     141900    229808    45582     419555    420471    386448    394394    401877
585701    243374    225592    319904    413081    186638    603577    604522    569397    578260    586041
539754    197582    179852    273964    367161    140881    557632    558577    523472    532334    540114
116969    228235    246419    150885    61782     284566    135026    135960    103219    111084    118601
114938    231867    250802    155003    68870     288559    132771    133707    101265    109297    116858
73607     270929    288204    193174    100291    326909    91583     92528     60317     67705     75022
313680    38105     50186     49226     141425    87256     331742    332679    298179    306689    314366
4533228   4189103   4173354   4266874   4361681   4133802   4551049   4552004   4516507   4525701   4533685
markovmatris = ["a" "b" "c" "d" "e" "f" "g" "h" "i" "j" "k" "l" "m" "n" "o" "p" "q" "r" "s" "t" "u" "x" "w" "z"];
mc = mcmix(P,'markovmatris',markovmatris);
```

Markov zincirin görselleştirmek amacıyla, geçiş matrisinin ısı haritası çizilmiştir.



Şekil 5: Geçiş Matrisi Isı Haritası

Isı haritası aşağıdaki kodlar ile çizilmiştir:

```
figure;
imagesc(P);
colormap(jet);
colorbar;
axis square
h = gca;
h.XTick = 1:24;
h.YTick = 1:24;
title &#39;Transition Matrix Heatmap&#39;;
```

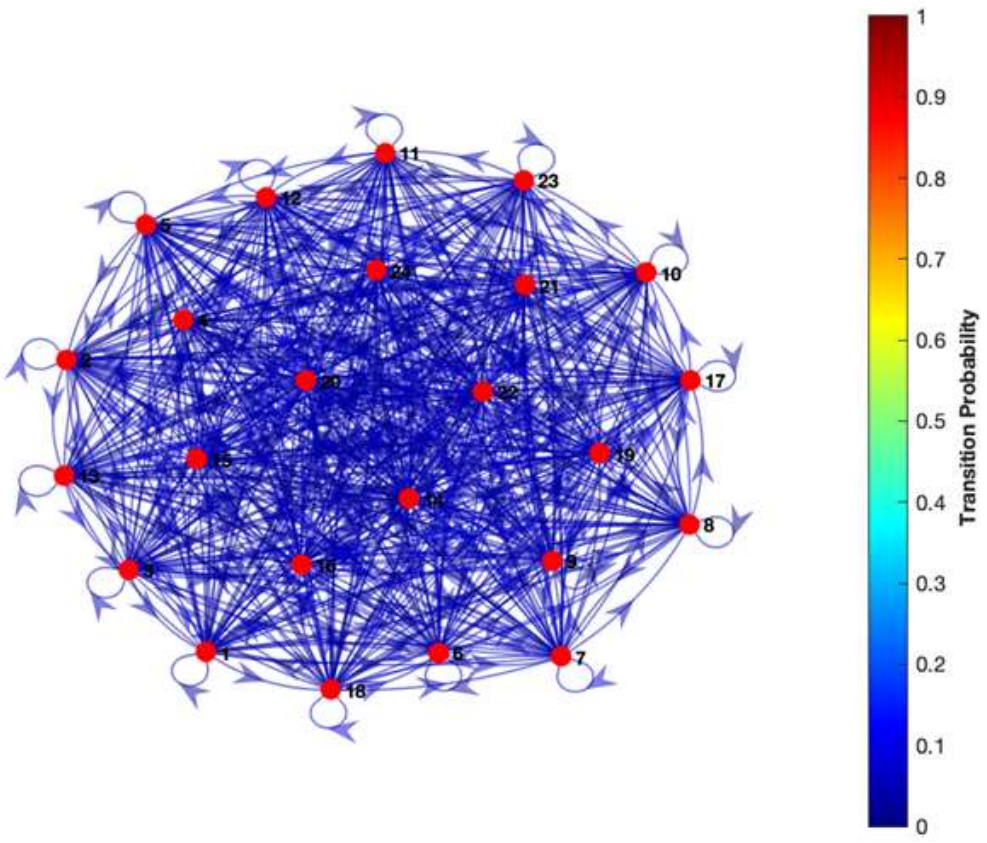
Yönlendirilmiş grafik veya digraph, zincirdeki durumları düğüm olarak gösterir. Yönlendirilmiş kenarlar ise durumlar arasındaki uygun geçişleri göstermektedir. Gerçekleşme olasılığı sıfırdan büyük olan bir geçiş, uygulanabilir geçiş olarak yorumlanır.

Markov zincirinin bir digrafı aşağıdaki kodlar ile oluşturulmuştur.

```
>> figure;
graphplot(mc);
```

Geçiş olasılıklarının karşılaştırılması için, geçiş olasılığına göre kenar renkleri belirlenerek geçiş olasılığı karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmanın kodları ise;

```
>> figure;
graphplot(mc,'ColorEdges',true);
```



Şekil 6: Yönlendirilmiş grafik veya digraph

Tekrarlayan ve geçici durumları tanımlamak amacıyla durum türüne göre düğüm renkleri ve işaretleyiciler belirlenmiş ve çizim tutamacı iade edilmiştir. Durum kodu aşağıdaki gibidir;

```
>> figure;
h = graphplot(mc,'ColorEdges',true,'ColorNodes',true);
```

Düşük ortalamaya sahip durumlar geçicidir ve sonunda tekrarlayan yüksek ortalama durumlara geçiş yapmaktadır.

Düğüm etiketlerinin varsayılmış olan yazı tipi boyutu 8 puntodur ve yazı tipi boyutunu 7 puntoya azaltır.

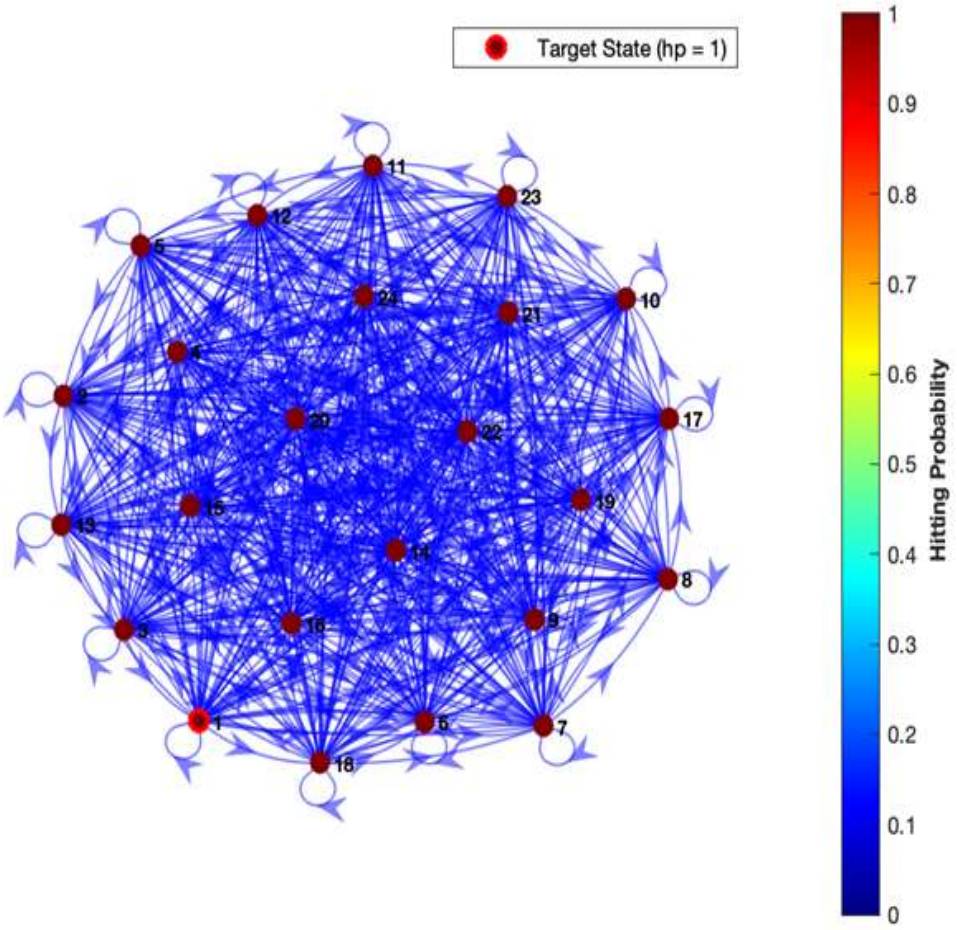
```
>> h.NodeFontSize = 7;
```

Karışım Alanları Asimptotik işlevi, bir Markov zincirinin karıştırma süresini döndürür. Bununla birlikte, hitprob ve hittime işlevleri, vuruş olasılıklarını ve beklenen ilk vuruş sürelerini bir digrafta çizerek karıştırmayı görselleştirmeyi sağlar.

Hitprob, Markov zincirindeki her durumdan başlayarak, belirli bir hedef durum alt kümesine ulaşma olasılığını hesaplar. Fonksiyon isteğe bağlı olarak Markov zincirinin bir digrafını, vuruş olasılıklarını temsil eden düğüm renkleri ile görüntülemektedir.

“1” nolu değişkene (Takipteki Alacaklar (Brüt) / Toplam Nakdi Krediler (%))'e ulaşma olasılıklarını temsil eden düğüm renkleriyle Markov zincirinin bir digrafı aşağıdaki kodlar ile çizdirilmiştir (Hedef “2” (Takipteki Alacaklar Karşılığı / Brüt Takipteki Alacaklar (%)) ve Hedef “3” (3 Aya Kadar Vadede Faize Duyarlı Aktifler / 3 Aya Kadar Vadede Faize Duyarlı Pasifler (%)) olarak alınmıştır). Bu durumun kodu;

```
>> hitprob(mc,"1",'Graph',true);
```

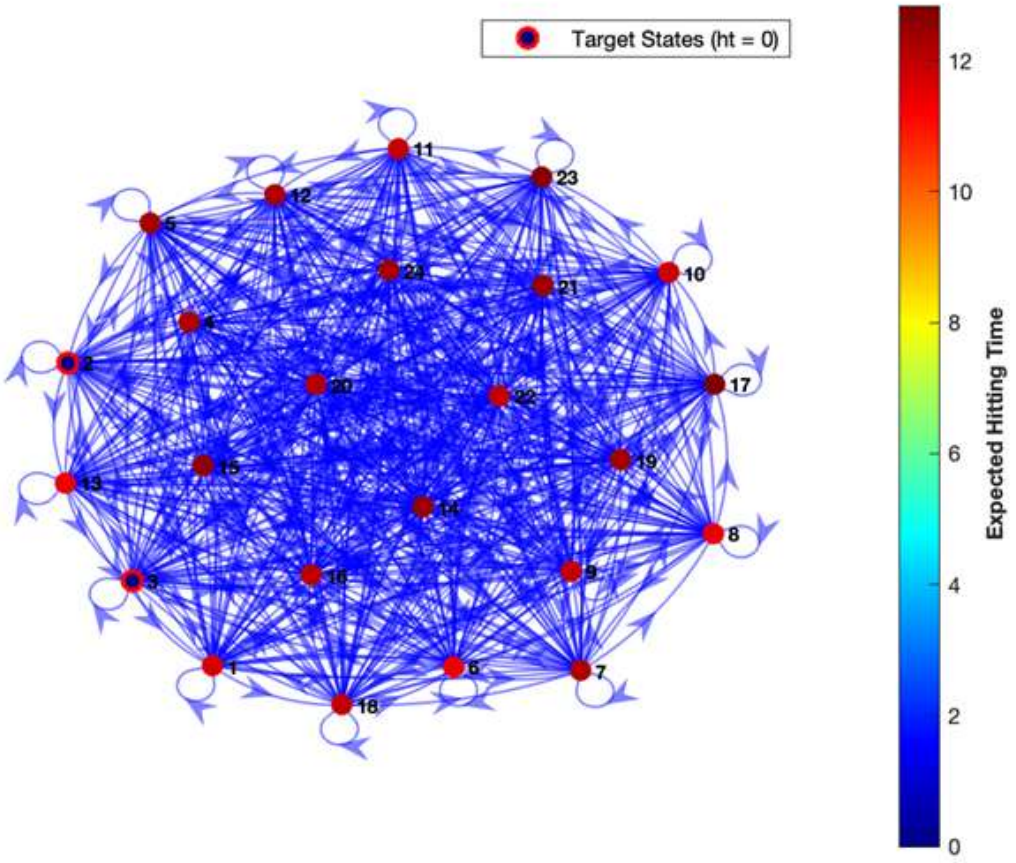


Şekil 7: Hitprob ve Hittime İşlevleri

Hittime, Markov zincirindeki her durumdan başlayarak, belirli bir hedef durum alt kümesi için beklenen ilk vuruş sürelerini hesaplar. İşlev, isteğe bağlı olarak, vuruş sürelerini temsil eden düğüm renkleri ile Markov zincirinin bir digrafını görüntüler.

Hedef "2" (Takipteki Alacaklar Karşılığı / Brüt Takipteki Alacaklar (%)) ve Hedef "3" (3 Aya Kadar Vadede Faize Duyarlı Aktifler / 3 Aya Kadar Vadede Faize Duyarlı Pasifler (%)) içeren bir hedef alt sınıf için beklenen ilk vuruş sürelerini temsil eden düğüm renkleriyle Markov zincirinin bir digrafı çizdirilir.

```
>> target = ["2" "3"];
hittime(mc,target,'Graph',true);
```



Şekil 8: Vuruş Sürelerini Temsil Eden Düğüm Renkleri

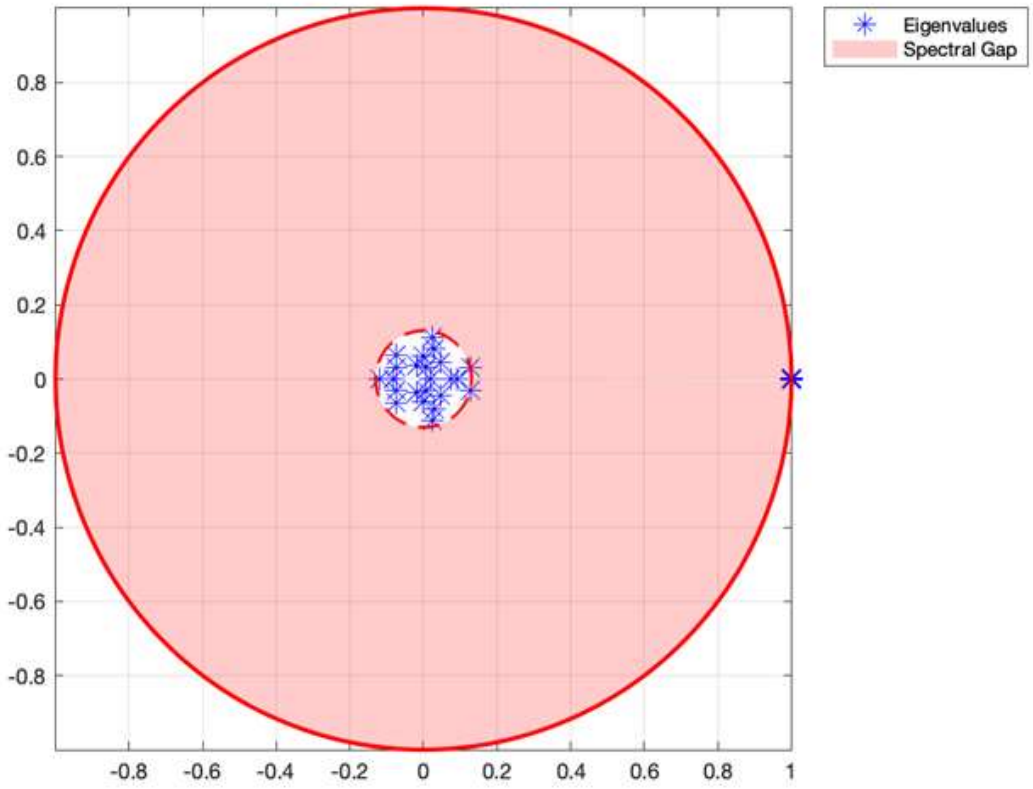
Bir özdeğer grafiği, karmaşık düzlemdeki öz değerleri gösterir. Eigplot, bir özdeğer grafiği döndürür ve şunları tanımlar:

Kalın yıldız işareti kullanılarak negatif olmayan matrisler için garanti edilen Perron-Frobenius öz değeri.

İkinci en büyük özdeğer büyüklüğüne (SLEM) eşit uzunluğa sahip yarıçap ile uzunluğu 1 olan yarıçap arasındaki alan olan spektral boşluk. Spektral boşluk, Markov zincirinin karıştırma süresini belirler. Büyük boşluklar daha hızlı karıştırmayı gösterirken, ince boşluklar daha yavaş karıştırmayı gösterir.

Karmaşık düzlemde geçiş matrisinin özdeğerleri çizdirilir ve döndürülür.

```
>> figure;
eVals = eigplot(mc)
```



Şekil 9: Geçiş Matrisi Özdeğeri

```
eVals =

   1.0000 + 0.0000i
   0.1264 + 0.0308i
   0.1264 - 0.0308i
  -0.1192 + 0.0000i
   0.0241 + 0.1113i
   0.0241 - 0.1113i
  -0.0748 + 0.0641i
```

-0.0748 - 0.0641i
-0.0827 + 0.0000i
-0.0733 + 0.0315i
-0.0733 - 0.0315i
0.0301 + 0.0803i
0.0301 - 0.0803i
0.0900 + 0.0000i
0.0746 + 0.0000i
0.0465 + 0.0449i
0.0465 - 0.0449i
-0.0027 + 0.0623i
-0.0027 - 0.0623i
-0.0176 + 0.0364i
-0.0176 - 0.0364i
0.0193 + 0.0000i

İki özdeğerin modülü 1'dir ve bu, Markov zincirinin 2 periyoduna sahip olduğunu gösterir.

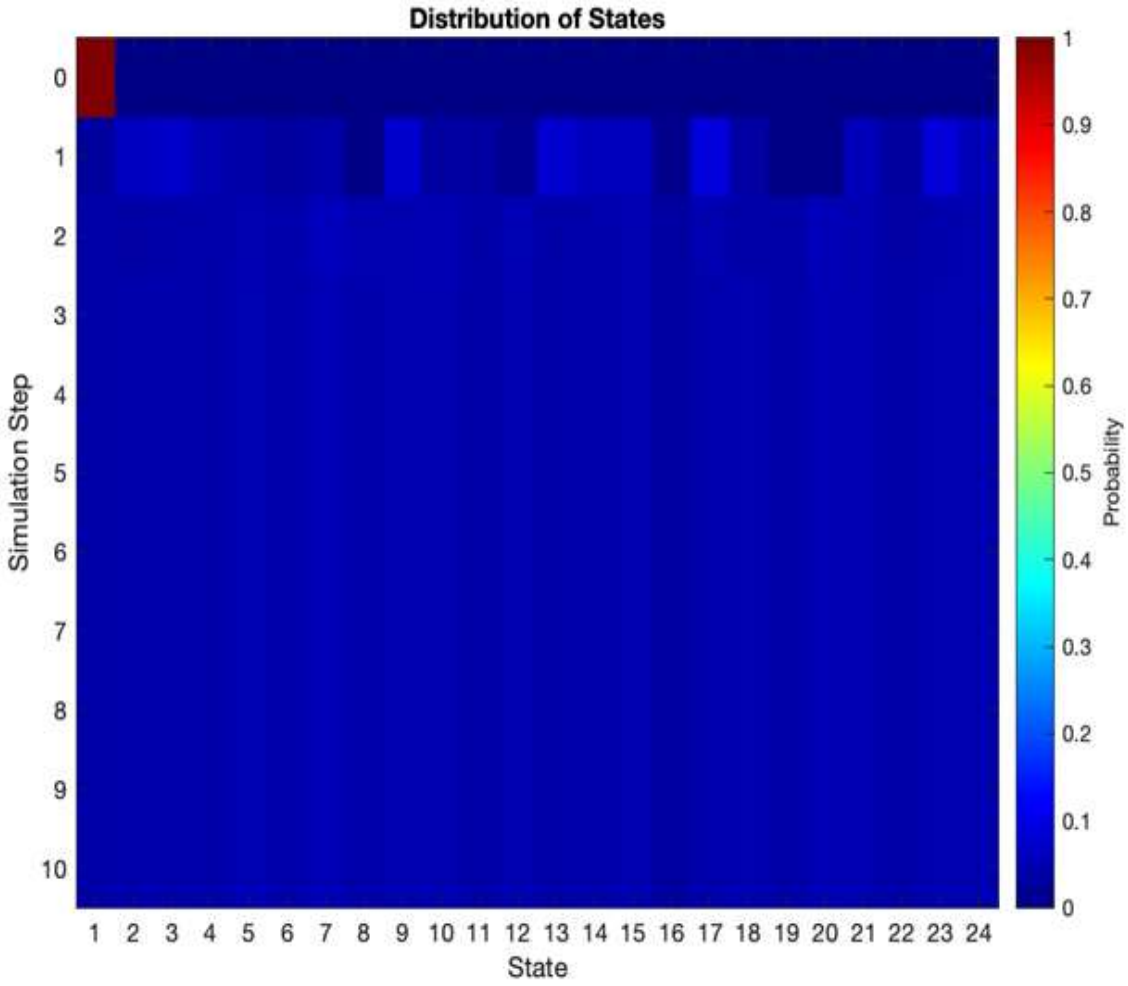
Yeniden dağıtım grafiği, yeniden dağıtımlarının grafiğini çizer x_t ilk dağıtımdan. Özellikle, $x_t = x_{t-1} P = x_0 P^t$. distplot, yeniden dağıtım ve Markov zincir nesnesi tarafından oluşturulan verileri kullanarak yeniden dağıtımları çizer. Yeniden dağıtımları statik bir ısı haritası veya hareketli histogramlar veya digraflar olarak çizilebilir.

İlk dağıtımdan 10 adımlı bir yeniden dağıtım oluşturulur.

```
>> numSteps = 10;
x0 = [1 0 0 0
```

Yeniden dağıtımlar ısı haritası olarak çizilir. Bu ısı haritası aşağıdaki kodlar ile çizilmiştir;

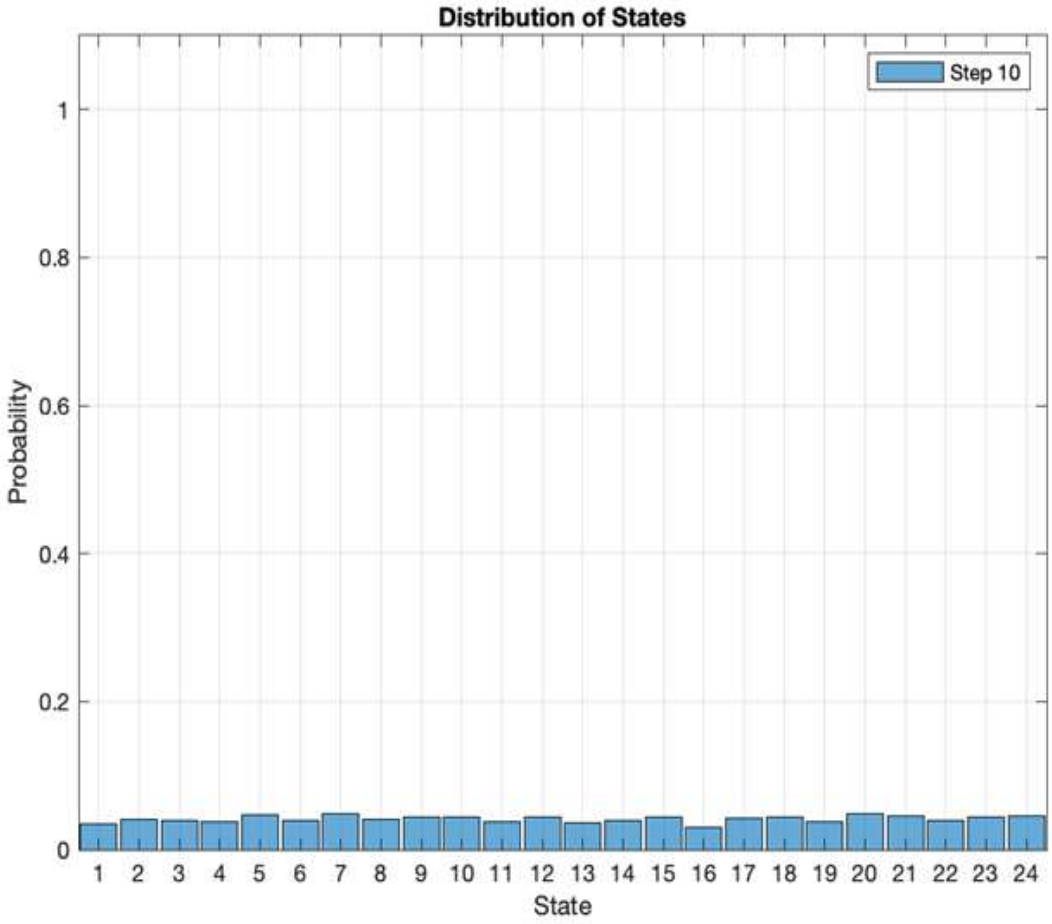
```
>> figure;
distplot(mc,X);
```



Şekil 10: Yeniden Dağıtımlar Isı Haritası

Animasyonlu bir histogram çizdirilir. Kare hızı bir saniyeye ayarlanır.

```
>> figure;
distplot(mc,X,'Type','histogram','FrameRate',1);
```



Şekil 11: Animasyonlu Histogram

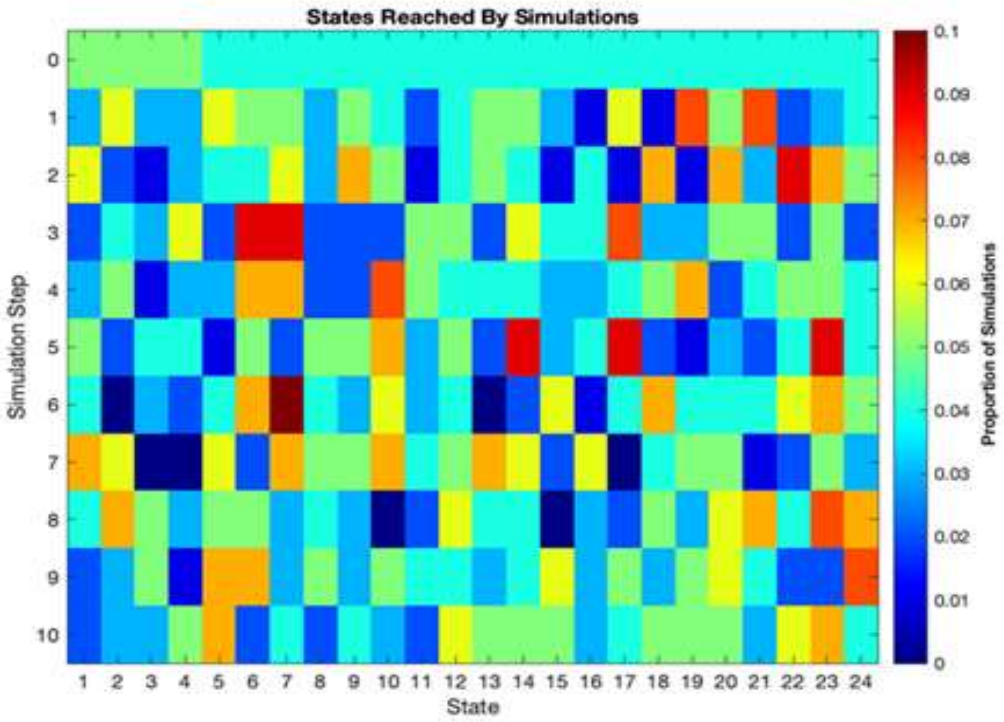
Bir simülasyon grafiği, belirli başlangıç durumlarından başlayarak Markov zinciri boyunca rastgele gezinir. simplot simülasyonu simulasyon ve Markov zincir nesnesi tarafından oluşturulan verileri kullanarak çizer. Simülasyonu, her adımda ulaşılan durumların oranını gösteren statik bir ısı haritası, gerçekleştirilen geçiş matrisinin bir ısı haritası veya gerçekleştirilen geçişleri gösteren animasyonlu bir digraf olarak çizilebilir.

Her bir durumun yürüyüşü 25 kez başlattığı 100 adet on adımlı rastgele yürüyüş oluşturulur.

```
>> x0 = [5 5 5 5 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4];
X = simulate(mc,numSteps,'X0',x0);
```

Simülasyon, her adımda ulaşılan durumların oranını gösteren bir ısı haritası olarak çizilir.

```
>> figure;
simplot(mc,X);
```

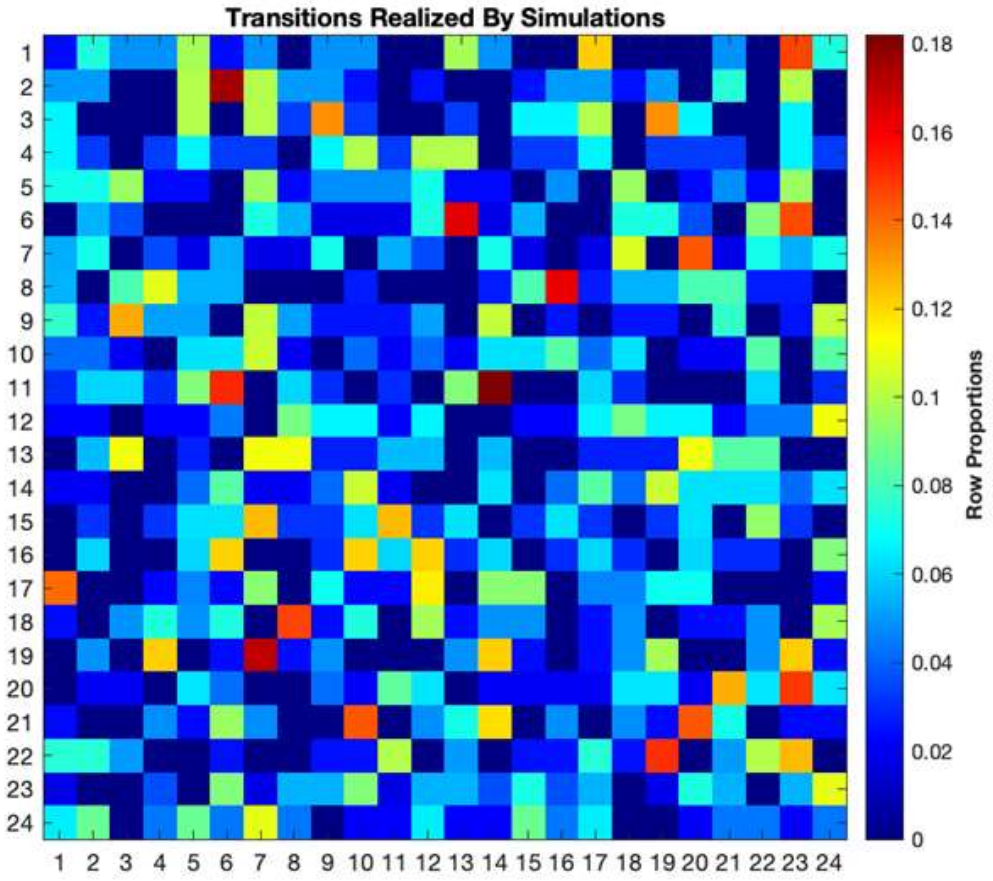


Şekil 12: Simülasyon Isı Haritası

Gerçekleştirilen geçiş matrisinin bir ısı haritası çizilmiştir. Bu ısı haritasının kodu ise;

```
>> figure;
simplot(mc,X,'Type','transition');
```

Gerçekleşen geçiş matrisi teorik geçiş matrisiyle benzer görünmektedir.



Şekil 13: Gerçekleştirilen Geçiş Matrisi Isı Haritası

SONUÇ

Çalışmada, BDDK'nın aylık raporlarında belirtilen bankacılık sektörü aylık performans ölçüm rasyolarının ağ ve zincir yapısı Markov prosesi ile ortaya konmuştur. Markov zincirleri ile bankacılık rasyolarının ilişkisel döngülerini oluşturmak için öncelikle Öklid mesafelerine dayalı matris yapısı oluşturularak matristen elde edilen değerler MATLAB_R2020b Simulink programına aktarılmış ve "dtmc" çizim fonksiyonları kullanılarak bir Markov zincir modeli yapısı ve evrimi görselleştirilmiştir. Stokastik Geçiş Matrisinden Markov Zinciri Oluşturmada aylık bankacılık istatistiklerini modelleyen yirmidört durumlu Markov zinciri oluşturulmuştur.

Markov zincirin görselleştirmek amacıyla, geçiş matrisinin ısı haritası çizilmiştir. Yönlendirilmiş grafik veya digraph, zincirdeki durumları düğüm olarak göstermektedir. Yönlendirilmiş kenarlar ise durumlar arasındaki uygun geçişleri göstermektedir. Gerçekleşme olasılığı sıfırdan büyük olan bir geçiş, uygulanabilir geçiş olarak yorumlanır. Geçiş olasılıklarının karşılaştırılması için, geçiş olasılığına göre kenar renkleri belirlenerek geçiş olasılığı karşılaştırılmıştır. Tekrarlayan ve geçici durumları tanımlamak amacıyla durum türüne göre düğüm renkleri ve işaretleyiciler belirlenmiş ve çizim tutamacı oluşturulmuştur.

Düşük ortalamaya sahip durumlar geçicidir ve sonunda tekrarlayan yüksek ortalama durumlara geçiş yapmaktadır. Karışım Alanları Asimptotik işlevi, bir Markov zincirinin karıştırma süresini döndürür. Bununla birlikte, "hitprob" ve "hittime" işlevleri, vuruş olasılıklarını ve beklenen ilk vuruş sürelerini bir digrafta çizerek karıştırmayı görselleştirmeyi sağlamaktadır.

Hitprob, Markov zincirindeki her durumdan başlayarak, belirli bir hedef durum alt kümesine ulaşma olasılığını hesaplar. Fonksiyon isteğe bağlı olarak Markov zincirinin bir digrafını, vuruş olasılıklarını temsil eden düğüm renkleri ile görüntülemektedir.

"1" nolu değişkene (Takipteki Alacaklar (Brüt) / Toplam Nakdi Krediler (%))'e ulaşma olasılıklarını temsil eden düğüm renkleriyle Markov zincirinin bir digrafı, Hedef "2" (Takipteki Alacaklar Karşılığı / Brüt Takipteki Alacaklar (%)) ve

Hedef “3” (3 Aya Kadar Vadede Faize Duyarlı Aktifler / 3 Aya Kadar Vadede Faize Duyarlı Pasifler (%)) olarak alınmıştır.

“Hittime”, Markov zincirindeki her durumdan başlayarak, belirli bir hedef durum alt kümesi için beklenen ilk vuruş sürelerini hesaplar. İşlev, isteğe bağlı olarak, vuruş sürelerini temsil eden düğüm renkleri ile Markov zincirinin bir digrafını görüntüler. Bir özdeğer grafiği, karmaşık düzlemdeki öz değerleri gösterir. Eigplot, bir özdeğer grafiği döndürmektedir. Kalın yıldız işareti kullanılarak negatif olmayan matrisler için garanti edilen Perron-Frobenius öz değeri hesaplanmıştır. İkinci en büyük özdeğer büyüklüğüne (SLEM) eşit uzunluğa sahip yarıçap ile uzunluğu 1 olan yarıçap arasındaki alan olan spektral boşluktur. Spektral boşluk, Markov zincirinin karıştırma süresini belirlemektedir. Büyük boşluklar daha hızlı karıştırmayı gösterirken, ince boşluklar daha yavaş karıştırmayı göstermektedir. İki özdeğerin modülü 1'dir ve bu, Markov zincirinin 2 periyoduna sahip olduğunu göstermektedir.

Bir simülasyon grafiği, belirli başlangıç durumlarından başlayarak Markov zinciri boyunca rastgele gezinmektedir. Simplot simülasyonu simulasyon ve Markov zincir nesnesi tarafından oluşturulan verileri kullanarak çizer. Simülasyonu, her adımda ulaşılan durumların oranını gösteren statik bir ısı haritası, gerçekleştirilen geçiş matrisinin bir ısı haritası veya gerçekleştirilen geçişleri gösteren animasyonlu bir digraf olarak çizilebilmektedir. Her bir durumun yürüyüşü 25 kez başlattığı 100 adet on adımlı rastgele yürüyüş oluşturulmuştur. Simülasyon, her adımda ulaşılan durumların oranını gösteren bir ısı haritası olarak çizilmiştir.

Markov zincirindeki her bir durum, “1” nolu değişken olan (Takipteki Alacaklar (Brüt) / Toplam Nakdi Krediler (%))'e, “2” nolu hedef olan (Takipteki Alacaklar Karşılığı / Brüt Takipteki Alacaklar (%)) ve Hedef “3” olan (3 Aya Kadar Vadede Faize Duyarlı Aktifler / 3 Aya Kadar Vadede Faize Duyarlı Pasifler (%))’e ulaşma olasılığının tekrar eden bir zincir yapısı şeklinde devam ettiğini kanıtlamıştır. Bu durum bankacılık rasyoları içerisinde söz konusu hedef oranların diğer değişkenlerden sürekli etkilendiğini ve oransal değişimlerin diğer rasyolar ile karşılıklı bir bağımlılık şeklinde ilerlediğini doğrulamaktadır.

KAYNAKÇA

Aıt-Sahalia, Y., Kimmel, R.: Estimating affine multifactor term structure mod- els using closed-form likelihood expansions. J. Financ. Econ. 98, 113–144 (2010)

Ali CEYLAN. Turhan KORKMAZ. Sermaye Piyasası ve Menkul Kıymet Analizi, Ekin Kitabevi, 3. Baskı, Bursa, 2006

Ang, A., Bekaert, G.: Regime switches in interest rates. J. Bus. Econ. Stat. 20(2), 163–182 (2002)

Ang, A., Bekaert, G.: Short rate nonlinearities and regime switches. J. Econ. Dyn. Control 26(7–8), 1243–1274 (2002)

Ang, A., Bekaert, G., Wei, M.: The term structure of real rates and expected inflation. J. Financ. 63, 797–849 (2008)

Bansal, R., Zhou, H.: Term structure of interest rates with regime shifts. J. Fi- nanc. 57, 1997–2043 (2002)

Bansal, R., Gallant, R., Tauchen, G.: Nonparametric estimation of structural models for high-frequency currency market data. J. Econom. 66, 251–287 (1995)

Bansal, R., Tauchen, G., Zhou, H.: Regime-shifts, risk premiums in the term structure, and the business cycle. J. Bus. Econ. Stat. 22, 396–409 (2004)

[1] BDDK, Bankaların İç Sistemleri Hakkında Yönetmelik, Resmi Gazete 28.06.2012 tarih, Sayı: 28337, Md. 3.

BDDK, risk ölçüm modelleri ile piyasa riskinin hesaplanmasına ve risk ölçüm modellerinin değerlendirilmesine ilişkin tebliğ R.Gazete No: 29511 R.G. Tarihi: 23.10.2015

Bielecki, T., Rutkowski, M.: Multiple ratings model of defaultable term struc- ture. Math. Financ. 10, 125–139 (2000)

Bielecki, T., Rutkowski, M.: Modeling of the defaultable term structure: conditional Markov approach. Working paper, The Northeastern Illinois University (2001)

Boudoukh, J., Richardsona, M., Smithb, T., Whitelaw, R.F.: Regime shifts and bond returns. Working paper, Arizona State University (1999)

Cecchetti, S., Lam, P., Mark, N.: The equity premium and the risk-free rate: matching the moments. J. Monet. Econ. 31, 21–45 (1993)

Chauvet, M., Potter, S.: Forecasting recessions using the yield curve. J. Fore- cast. 24, 77–103 (2005)

Cox, J., Ingersoll, J., Ross, S.: A theory of the term structure of interest rates. Econometrica 53, 385–407 (1985)

Dai, Q., Singleton, K.: Specification analysis of affine term structure models. J. Financ. 55, 1943–1978 (2000)

Dai, Q., Singleton, K.: Expectation puzzles, Time-varying risk premia, and affine models of the term structure. J. Financ. Econ. 63, 415–441 (2002)

Dai, Q., Singleton, K.: Term structure dynamics in theory and reality. Rev. Fi- nanc. Stud. 16, 631–678 (2003)

Dai, Q., Singleton, K., Yang, W.: Regime shifts in a dynamic term structure model of the U.S. treasury bond yields. Rev. Financ. Stud. 20, 1669–1706 (2007)

Duarte, J.: Evaluating alternative risk preferences in affine term structure mod- els. Rev. Financ. Stud. 17, 379–404 (2004)

Duffee, G.: Term premia and interest rate forecasts in affine models. J. Financ. 57, 405–443 (2002)

Duffie, D., Kan, R.: A yield-factor model of interest rates. Math. Financ. 6, 379–406 (1996)

Duffie,D.,Pan,J.,Singleton,K.:Transformanalysisandassetpricingforaffine jump-diffusions. Econometrica 68, 1343–1376 (2000)

Elliott, R.J. et al.: Hidden Markov Models: Estimation and Control. Springer, New York (1995)

Elliott, R.J., Mamon, R.S.: A complete yield curve descriptions of a Markov interest rate model. Int. J. Theor. Appl. Financ. 6, 317–326 (2001)

Elliott,R.J.,Siu,T.K.:OnMarkov-modulatedexponential-affinebondpricefor- mulae. Appl. Math. Financ. 16(1), 1–15 (2009)

Estrella, A., Mishkin, F.S.: Predicting U.S. recessions: financial variables as leading indicators. Rev. Econ. Stat. 80, 45–61 (1998)

Evans, M.: Real risk, inflation risk, and the term structure. Econ. J. 113, 345– 389 (2003)

Fama, E.F., French, K.R.: Business conditions and expected returns on stocks and bonds. J. Financ. Econ. 25, 23–49 (1989)

Ferland, R., Gauthier, G., Lalancette, S.: A regime-switching term structure model with observable state variables. Financ. Res. Lett. 7, 103–109 (2010)

Filardo, A.: Business cycle phases and their transition dynamics. J. Bus. Econ. Stat. 12, 299–308 (1994)

Futami, H.: Regime switching term structure model under partial information. Int. J. Theor. Appl. Financ. 14, 265–294 (2011)

Gallant, R., Tauchen, G.: Which moment to match? Econom. Theory 12, 657– 681 (1996)

Gallant, R., Tauchen, G.: Reprojecting partially observed system with applica- tion to interest rate diffusions. J. Am. Stat. Assoc. 93, 10–24 (1998)

Gallant,R.,Tauchen,G.:Efficientmethodofmoments.Workingpaper,Univer- sity of North Carolina (2001)

Garcia, R., Perron, P.: An analysis of the real interest rate under regime shifts. Rev. Econ. Stat. 78(1), 111–125 (1996)

Gray, S.: Modeling the conditional distribution of interest rates as a regime-switching process. J. Financ. Econ. 42, 27–62 (1996)

Hamilton, J.D.: Rational expectations econometric analysis of changes in regimes: an investigation of the term structure of interest rates. J. Econ. Dyn. Control 12, 385–423 (1988)

Hamilton,J.D.:Anewapproachtotheeconomicanalysisofnonstationarytime series and the business cycle. Econometrica 57, 357–384 (1989)

Harrison,M.,Kreps,D.:Martingalesandarbitrageinmultiperiodsecuritymar- kets. J. Econ. Theory 20, 381–408 (1979)

He, W., Wang, J.G., Yan, J.A.: Semimartingale theory and stochastic calculus. Science Press, Beijing/CRC, Boca Raton (1992)

Köylüoğlu,2001:3

Landen, C.: Bond pricing in a hidden Markov model of the short rate. Financ. Stoch. 4, 371–389 (2000)

Last, G., Brandt, A.: Marked point processes on the real line. Springer, New York (1995)

Le, A., Dai, Q., Singleton, K.: Discrete-time dynamic term structure models with generalized market prices of risk. Rev. Financ. Stud. 23, 2184–2227 (2010)

Lewis, K.K.: Was there a ‘Peso problem’ in the US term structure of interest rates: 1979–1982? Int. Econ. Rev. 32, 159–173 (1991)

Oğuz YILDIRIM,” Türk Bankacılık Sistemi”, İkinci Basım, (Seçkin Yayınları: Ankara, 2015), s.88.

Protter,P.:Stochasticintergrationanddifferentialequations,2ndedn.Springer, Berlin (2003)

Scott,S.:BayesianmethodsforhiddenMarkovmodels:recursivecomputingin the 21st Century. J. Am. Stat. Assoc. 97, 337–351 (2002)

Siu, T.K.: Bond pricing under a Markovian regime-switching jump-augmented Vasicek model via stochastic flows. Appl. Math. Comput. 216(11), 3184–3190 (2010)

Siu, T.K.: Regime switching risk: to price or not to price? Int. J. Stoch. Anal. 2011, 1–14 (2011)

Sola, M., Driffill, J.: Testing the term structure of interest rates using a vec- tor autoregression with regime switching. J. Econ. Dyn. Control 18, 601–628 (1994)

Timmermann, A.: Moments of Markov switching models. J. Econom. 96, 75– 111 (2000)

www.tdk.gov.tr (Erişim Tarihi: 02.01.2020)

Wu, S., Zeng, Y.: A general equilibrium model of the term structure of inter- est rates under regime-siwthcing risk. Int. J. Theor. Appl. Financ. 8, 839–869 (2005)

Xiang, J., Zhu, X.: A regime-switching NelsonCSiegel term structure model and interest rate forecasts. J. Financ. Econom. 11, 522–555 (2013)

Yasemin KOLDERE AKIN ve Umut AKDUĞAN, “Finansal Piyasalarda Risklerin Belirlenmesinde Riske Maruz Değer Yöntemine İlişkin Bir Uygulama”, **Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi**, Cilt: 14, Sayı: 1, Haziran 2012, ss.228-229.

Yin, G.G., Zhang, Q.: Continuous-time Markov chains and applications: a sin- gular perturbation approach. Springer, Berlin (1998)