

# KREDİ RİSKİ ÖLÇÜM MODELLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

## EVALUATION OF CREDIT RISK MEASUREMENT MODELS

Tuğba İLDAŞ\* 

### Öz

Bankaların maruz kaldığı önemli risklerden biri kredi riski olup söz konusu risklerin yönetilmesi finansal istikrarın korunmasında oldukça önemlidir. Kredi riskinin yönetilmesi ilk olarak tutarlı ve doğru şekilde ölçülmesiyle mümkündür. Kredi riski analizi ve ölçümünden elde edilen bilgiler, risk azaltma ve risk yönetim araçlarını tasarlamada kullanılmaktadır. Bu çalışmanın amacı, kredi riski ölçüm modellerinin değerlendirilerek bankacılık sektörü başta olmak üzere kuruluşların maruz kaldığı kredi riskini ölçmeye yönelik uygun modelin belirlenmesine fayda sağlamaktır. Kredi riskinin değerlendirilmesi, kayıpların hesaplanmasında çok sayıda belirsiz faktörün yer alması nedeniyle oldukça karmaşıktır. Bu nedenle, kredi riskinin değerlendirilmesinde birçok farklı yaklaşım bulunmaktadır. Kredi riskinin ölçülmesine yönelik olarak geliştirilen çeşitli modellerde temel amaç portföyün fiyatlandırılması yoluyla kredi riskinin yönetilmesidir. Bu çalışma kapsamında, münferit bir firmanın kredi riskinin modellenmesinde kullanılan klasik ve modern kredi riski ölçüm yöntemlerinin yanı sıra portföy kredi riskinin değerlendirilmesi amacıyla uluslararası finansal kuruluşlar tarafından üretilen modellere yer verilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Kredi riski, risk yönetimi, portföy kredi risk analizleri, logit model, karar ağaçları, yapay sinir ağları

**JEL Kodları:** E44, G20, G21, G32, M41

### Abstract

One of the most important risks that banks are exposed to is credit risk. Credit risk management is very important for stable financial stability. To manage credit risk, it is possible to measure it consistently and accurately. Insights from credit risk analysis and measurement can be used to design and improve risk mitigation and management tools. The purpose of this study is to evaluate the credit risk measurement models and benefit to determine the appropriate model for measuring the credit risk by organizations, especially the banking sector. Evaluation of credit risk is a complicated process due to many sources of credit risk exposure. Therefore, there are many different approaches to assessing credit risk. In various credit risk models, the main objective is to manage

\* Hazine ve Maliye Uzmanı, tugbaildas@gmail.com, ORCID: 0000-0002-0011-9058

the credit risk by pricing the portfolio. This paper has focused on credit risk analysis and measurement. In this paper, classical and modern approaches to credit risk measurement methods for a standalone firm and more complex models used to analyze portfolio credit risk have been examined.

**Key Words:** Credit risk, risk management, portfolio credit risk analysis, logit model, decision trees, neural networks

**JEL Kodları:** E44, G20, G21, G32, M41

## Giriş

Risklerin gerçekçi bir şekilde tespit edilmesi ve olası kayıpların görünür hale getirilmesi amacıyla kredi riskinin llmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Kredi riskinin llmesine yönelik olarak geliştirilen çeşitli modellerde temel amaç, temerrüde düşmesi olası borunun belirlenerek risk miktarının tahmin edilmesidir.

Bir kuruluşun kredi riskinin llmesinde uygulanacak geleneksel yöntemler ekspertiz modelleri, içsel derecelendirme sistemleri, kredi skorlama modelleri ve makine öğrenmesi teknikleri şeklinde sınıflandırılmaktadır. Kredi riski kavramının yıllar içinde değişmesi ile kredi derecelerindeki aşağı yönlü kaymalar ve kredi marjı değişimleri de kayıpların tanımına dhil edilmiştir. Bu değişim, risk ölümlerinde kullanılan geleneksel yöntemlerin yetersiz kalmasına ve piyasa yaklaşımını esas alan yeni yöntemlerin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Yeni yöntemler arasında Merton tabanlı modeller, tarihsel temerrüt oranı ve sermayenin risk ayarlı getirisi yaklaşımları yer almaktadır.

Portföy kredi riskinin modellenmesinde ise kuruluşlar arasındaki korelasyonlardan kaynaklanan çeşitli etkiler analizlere dahil edilmektedir. Kullanılan farklı yaklaşımlar arasında aktif değere dayalı modeller, makroekonomik modeller, aktüeryal modeller ve indirgenmiş modeller yer almaktadır. Günümüzde, portföy kredi riskinin llmesinde yararlanılan bu yaklaşımların gcl ve zayıf yönleri üzerine tartışmalar devam etmektedir.

Kredi riskinin llmesi ile risklerin gerçekçi bir şekilde tespit edilmesi ve olası kayıpların görünür hale getirilmesi amaçlanmaktadır. Bu çalışmada, bankacılık sektörü başta olmak üzere kuruluşların maruz kaldığı kredi riskini ölçmeye yönelik uygun modelin belirlenmesine fayda sağlamak amacıyla kredi riski ölüm modelleri değerlendirilmektedir. Bu kapsamda çalışmada, kredi riski ve kredi riskinin llmesinde kullanılan modellere ilişkin genel bilgiler yer almaktadır. İlk olarak temerrüt, beklenen kayıp, beklenmeyen kayıp ve riske maruz değer gibi temel risk kavramlarına değinilmiştir. Çalışma kapsamında, münferit bir firmanın kredi riskinin modellenmesinde kullanılan klasik ve modern kredi riski ölüm yöntemlerinin yanı sıra portföy kredi riskinin değerlendirilmesi amacıyla uluslararası finansal kuruluşlar tarafından üretilen modellere de yer verilmiştir.

## 1. Kredi Riski Tanımı

Kredi riski, en genel tanımı ile borçlu kişi veya kuruluşların anlaşma şartları dhilinde taahhüt ettikleri yükümlülükleri tam olarak veya zamanında yerine getirememesi olarak tanımlanmaktadır

(Oktay ve Temiz, 2007; s.166). Kredi riski, özellikle bankacılık sektörünün karşı karşıya kaldığı en önemli finansal risklerden biridir. Günümüzde kredi riski bankalar tarafından verilen kredilerle sınırlı olmayıp, bankanın faaliyetlerine bağlı olarak menkul kıymet işlemleri, taahhütleri ve kullanılan türev enstrümanlar gibi birçok unsuru kapsamaktadır. Kamu açısından ise kredi riski borç-alacak ilişkisi yaratan tüm işlemler ile devletin açık koşullu yükümlülüklerinden kaynaklanmaktadır. Kredi riski gerçekleştirmelerinin kamu mali pozisyonlarına ve kamu nakit yönetimi ile borç yönetimi politikalarına doğrudan etkileri bulunmaktadır (Ülğentürk, 2017; s.5).

Literatürde kredi riski birçok farklı şekilde sınıflandırılmaktadır. Kredi riski, kaynakları açısından dört grupta sınıflandırılabilir; temerrüt riski, iflas riski, derece düşüş riski ve uzlaşma riski. Temerrüt riski, kuruluşun yükümlülüğünü belirlenen zaman içerisinde yerine getirmede yeterli geri ödeme gücüne veya istekliliğine sahip olmamasından kaynaklanan risktir (İskender, 2014; s.6). İflas riski, hissedarları açısından temerrüde düşen borçlu kuruluşun teminatlandırılan varlıklarının gerçekten devralınmasından kaynaklanmaktadır. Derece düşüş riski, borçlu kuruluşun veya karşı tarafın kredi notunun aşağı yönlü değişmesi riskidir. Uzlaşma riski ise özellikle farklı taraflarla yüksek oranda takas işlemleri yapan finansal kuruluşların maruz kaldığı bir risktir. Bu risk, farklı saat dilimlerinde ve farklı para biriminden ödemelerin gerçekleştirilmesi nedeniyle kuruluşun nakit akışlarının bozulmasıyla ortaya çıkmaktadır (Crouhy, Galai ve Mark, 2014; s.30).

Kredi riskinin kaynaklarına ilişkin bir diğer sınıflandırma; sistematik ve spesifik risk şeklinde yapılmaktadır. Sistematik risk, finansal piyasalar ile makroekonomik koşullardaki beklenmeyen değişikliklerin borçlunun ödeme performansına etkisini yansıtmaktadır. Spesifik risk ise borçluya özgü olan ve borçlunun ödeme performansını etkileyen riski ifade etmektedir (İskender, 2014; s.6). Diğer önemli bir sınıflandırma kaybın tanımına yönelik olarak temerrüt tarzı ve piyasa yaklaşımı şeklinde yapılmaktadır. Temerrüt tarzı (DM, default mode) yaklaşımında, kredi kayıplarının sadece temerrüt nedeniyle gerçekleştiği varsayımı benimsenmektedir. Piyasaya uygun değerlendirme (MtM, mark-to-market) yaklaşımında ise kredi derecelerindeki aşağı yönlü kaymalar ve kredi marjı değişimleri de kayıpların tanımına dahil edilmektedir (Allen, Boudoukh ve Aunders, 2004; s.128).

## 2. Kredi Riskine İlişkin Kavramlar

Kredi riskinin belirlenmesinde kullanılan beklenen kayıp, beklenmeyen kayıp, riske maruz değer ve kredi derecelendirmeye ilişkin hususlara bu bölümde yer verilmiştir.

### 2.1. Beklenen Kayıp

Beklenen kayıp (EL, expected loss), kredi riskine maruz bir portföyden beklenen ortalama kayıp oranıdır. Temerrüt, kişinin borçlandığı edimi hukuka aykırı olarak yerine getirmemesi halidir. Beklenen kayıp ise temerrüt durumunda karşılaşılabilecek ortalama zararın miktarı hakkında bilgi vermektedir.

Kredi riskinin belirlenmesinde temerrüt tarzı yaklaşımın tercih edildiği geleneksel yöntemlerin kullanıldığı durumlarda, bir kredi için beklenen kayıp; temerrüt olasılığı, riske esas tutar ve temerrüt

halinde kayıp oranı bileşenlerinin çarpılması ile hesaplanmaktadır. Kuruluşların temerrütlerinin birbirinden bağımsız olduğu varsayımı altında, portföyde yer alan her bir kredi için hesaplanan risk primlerinin toplamı portföyün beklenen kaybını göstermektedir. Beklenen kayıp formülü aşağıdaki gibidir;

$$EL = PD * EAD * LGD$$

**Tablo 1.** Beklenen Kayıp Değişkenleri

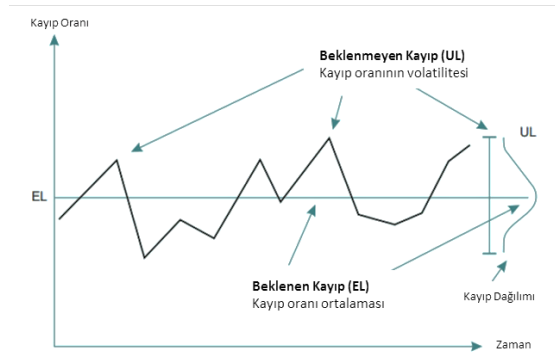
Değişkenler	Kısaltmalar	Tanımlar
Temerrüt Olasılığı	Probability of Default (PD)	Karşı tarafın yükümlülüklerini yerine getirememe olasılığıdır.
Riske Esas Tutar	Exposure at Default (EAD)	Karşı tarafın yükümlülüğünü yerine getirememesi durumunda, yükümlülüğün teminat değeri hariç miktarına eşitir.
Geri Dönüş Oranı	Recovery Rate (RR)	Karşı tarafın temerrüde düşmesi sonrasında toplam alacak miktarının hangi oranda tahsil edilebileceğini ifade etmektedir.
Temerrüt Halinde Kayıp Oranı	Loss Given Default (LGD)	Geri dönüş oranının tersini ifade etmekte olup, temerrüt durumunda tahsil edilmesi olası olmayan miktarı göstermektedir (LGD=1-RR)

Kaynak: (BCBS, Basel II, 2004:5).

## 2.2. Beklenmeyen Kayıp

Günümüzde temerrüt durumları, risk faktörlerinin birbirinden bağımsız olmaması ve korelasyonların yüksek olması nedeniyle bloklar halinde gerçekleşmektedir. Bu durum, öngörülen ve kabul edilen beklenen kaybın ötesinde yüksek seviyelerde kayıplara yol açmaktadır. Grafik 1'de yer alan geçmiş dönem kredi kayıpları serisi incelendiğinde; belirli yıllarda gerçekleşen kayıpların, ortalamayı gösteren beklenen kaybın üzerinde veya altında meydana geldiği dikkat çekmektedir. Gerçekleşebilecek belirsizlikleri de içeren beklenmeyen kayıp (UL, unexpected loss) kavramı, belirli bir dönemde temerrüde bağlı olarak gerçekleşecek kayıpların standart sapmasıdır ve beklenen kaybın volatilitesi olarak ifade edilmektedir (Saunders ve Allen, 2002: 5-8).

**Grafik 1.** Portföy Kayıp Dağılımı



Etkin bir risk yönetimi kapsamında beklenen kayıpların azaltılmasının yanı sıra beklenmeyen kayıpların belirlenmesi, fiyatlanması ve etkili bir şekilde yönetilmesi amaçlanmaktadır (Crouhy, Galai ve Mark, 2014:10). Beklenmeyen kayıp, riske maruz değer ve ekonomik sermaye hesaplanmalarında kullanılmaktadır (Brown ve Moles, 2008:21).

### 2.3. Riske Maruz Değer (VaR)

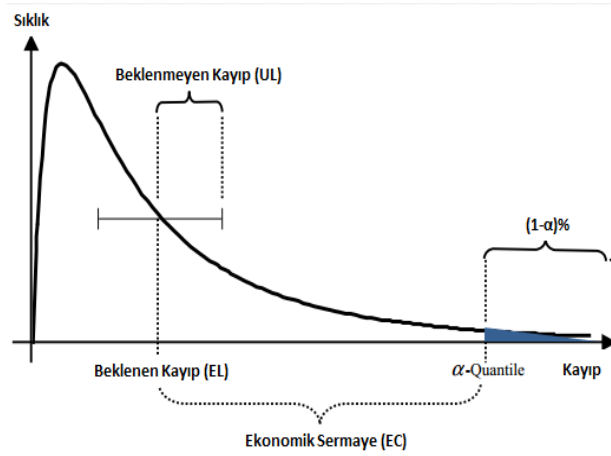
Düzenleyici otoriteler tarafından piyasa, kredi ve operasyonel risklerin azaltımı kapsamında sermaye gereksinimini hesaplamak amacıyla önerilen Riske Maruz Değer (VaR) kavramı son dönemlerde standart bir risk ölçüm aracı haline gelmiştir.

Riske maruz değer, belirli bir zaman aralığı ve belirli bir güven düzeyinde gerçekleşmesi beklenen maksimum kaybı ifade etmektedir. Örneğin; bir portföyün bir günlük yüzde 99 güven düzeyindeki VaR değeri 1 milyon ABD Doları olarak belirlenmişse; bir gün içinde bu portföyü elinde tutan yatırımcının kaybedeceği maksimum miktar yüzde 99 güven düzeyinde 1 milyon ABD Doları seviyesindedir. Başka bir deyişle, 1 milyon ABD Doları'ndan yüksek kayıpla karşılaşılması olasılığı yüzde 1'dir.

Ekstrem durumlarda kaybın daha fazla gerçekleşmesi nedeniyle kayıp dağılımı normal dağılımdan farklılık göstermektedir. Piyasa yaklaşımının esas alındığı yeni yöntemlerde piyasa koşulları kaynaklı kredi riskine maruz portföyün VaR değeri hesaplama formülleri aşağıdaki gibidir;

$$\text{Ekonomik Sermaye} = \text{Risk Sermayesi} = \text{Riske Maruz Değer}; \text{VaR}_\alpha = \inf \{l: P(L \leq l) \geq \alpha\} = F_L^{-1}(\alpha)$$

Grafik 2. VaR Grafiği



Risk yönetimi kapsamında VaR kavramı ekonomik sermaye olarak kullanılmaktadır. Ekonomik sermaye, bankanın faaliyetlerinden kaynaklanabilecek potansiyel (beklenmeyen) kayıplara karşı tampon görevi görmesi için ayrılan sermayeyi ifade etmektedir. VaR hesaplama yöntemleri arasında Tarihsel Simülasyon, Varyans-Kovaryans ve Monte Carlo Simülasyon yöntemleri öne çıkmaktadır.

## 2.4. Kredi Derecelendirme

Kredi derecelendirme (credit rating); spesifik bir borunun kredibilitesinin ve geri ödeme kabiliyetinin değerlendirilmesidir (European Comission, 2013:12). Kredi derecelendirme yöntemleri içsel ve dışsal derecelendirme olmak üzere iki farklı Şekilde sınıflandırılmaktadır.

İçsel derecelendirme, bankaların borç talep edenlere kendi içsel değerlendirme kriterleri uyarınca verdikleri kredi notlarıdır. Bankalar, Basel Uzlaşlarında yer verilen içsel derecelendirme süreçlerine ilişkin standartlara uymak zorundadır.

Dışsal derecelendirme, derecelendirme kuruluşları tarafından göreceli olarak büyük ölçekli firmaların sermaye piyasalarından borlanabilmesini temin etmek amacı ile yapılan gösterge niteliğindeki kredi notlarının verilmesi sürecidir.

Kredi notları, piyasalarda ortak bir kredi riski dili oluşturulabilmesi ve daha kolay anlaşılabilmesi açısından sembolere dönüştürülmüştür (Şekil-1). Kredi notları istatistiksel yöntemler sonucu oluşturulmuş bir temerrüt olasılığına karşılık gelmemektedir. Diğer taraftan, kredi notları tavsiye niteliği taşımamakta olup sadece kredi derecelendirme kuruluşunun görüşü niteliğindedir.

Şekil 1. Kredi Notları

Risk	Basel- IRR	S&P ve Fitch	Moody's	
Düşük	1	AAA	Aaa	Yatırım yapılabilir seviye
	2	AA	Aa2	
	3	A	A2	
Ortalama	4	BBB <sup>+</sup> /BBB	Baa1/Baa2	
	5	BBB <sup>-</sup>	Baa3	
Yüksek	6	BB <sup>+</sup> /BB	Ba1/Ba2	Yatırım yapılamaz seviye
	7	BB <sup>-</sup>	Ba3	
	8	B <sup>+</sup> /B	B1/B2	
	9	B <sup>-</sup>	B3	
	10	CCC <sup>+</sup> /CCC	Caa1/Caa2	
	11	CC	Ca	
	12	Temerrüt		

Moody's, S&P ve Fitch kredi derecelendirme kuruluşları piyasanın yüzde 95'ini oluşturmakla birlikte gnmzde 10 adet kredi derecelendirme Őirketi <sup>1</sup> bulunmaktadır.

 büyük kredi derecelendirme kuruluşu Moody's, S&P ve Fitch tarafından eşitli CDO (Collateralized Debt Obligations), lke ve Şirketlere verilen notlar yoğun Şekilde eleştirilmektedir. zelikle, kredi derecelendirme kuruluşlarının 2009 krizinin derinleşmesine katkıda buldukları iddiası

1 A.M. Best (1907), Moody's (1909), S&P (1923), Fitch (1927), Dominion Bond Rating Service (1976), Kroll Bond Rating Agency (1984), Japan Credit Rating Agency (1985), Rating and Investment Information (1986), Egan-Jones Ratings (1995), and Morningstar Credit Ratings (2001).

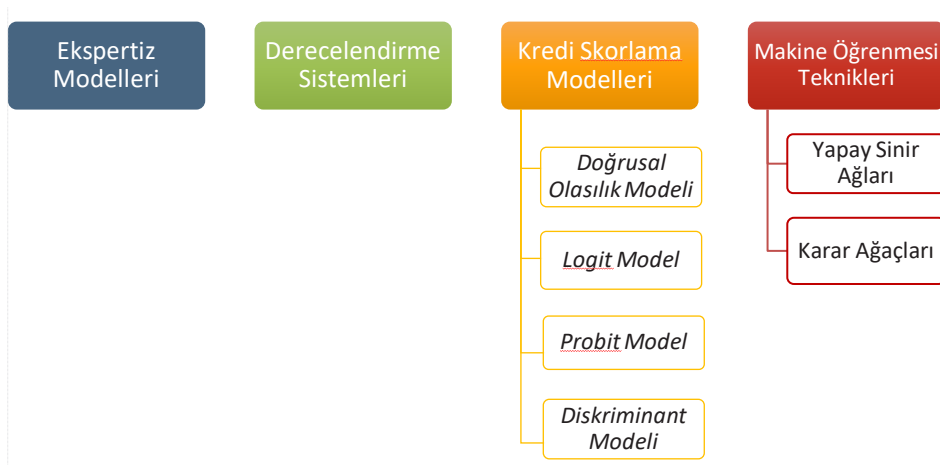
uluslararası boyutta kurumların güvenilirliği ve denetimi üzerine yoğun tartışmaların ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bunun sonucunda, kredi derecelendirme kuruluşlarının şeffaflığının sağlanması ve yapılandırılmış finansal ürünlerdeki risk karakteristiklerinin yatırımcılar açısından daha anlaşılır olacak şekilde dizayn edilmesi gibi düzenlemeleri içeren “Derecelendirme Kuruluşları Reform Yasası” yürürlüğe konulmuştur. Avrupa Komisyonu’nun alternatif bir önerisi ise kredi derecelendirme kuruluşlarının denetimini gerçekleştirmek üzere Avrupa Menkul Kıymetler ve Piyasa Merkezi gibi yeni bir düzenleyici birimin kurulmasıdır (Crouhy, Galai ve Mark 2014: 341).

### 3. Kredi Riskinin Ölçülmesinde Uygulanan Geleneksel Yöntemler

Kredi riskinin değerlendirilmesi, temerrüt olayının gerçekleşmesi durumunda ortaya çıkacak kayıpların hesaplanmasında çok sayıda belirsiz faktörün yer alması nedeniyle oldukça karmaşıktır. Bu nedenle, kredi riskinin değerlendirilmesinde birçok farklı yaklaşım bulunmaktadır.

Bu bölümde geleneksel modeller dört başlık altında incelenmiştir: i – Ekspertiz Modelleri, ii- Derecelendirme Sistemleri, iii – Kredi Skorlama Modelleri ve iv – Makine Öğrenmesi Teknikleri (Saunders ve Allen, 2002:9). Kredi skorlama modellerinde doğrusal olasılık modeli, logit model, probit model ve diskriminant analizi gibi istatistiksel yöntemler kullanılmaktadır. Makine öğrenme yöntemleri ise bilgisayar teknolojilerini kullanan gelişmiş modeller olmalarına karşın, temerrüt tabanlı yaklaşımı esas almaktadır. Bu nedenle makine öğrenmesi tekniklerinden yapay sinir ağlarına ve karar ağacı algoritmalarına geleneksel yöntemler bölümünde yer verilmiştir.

Şekil 2. Kredi Riskinin Ölçülmesinde Uygulanan Geleneksel Yöntemler



#### 3.1. Ekspertiz Modelleri

1970’li yıllarda çoğu finansal kurum tarafından kurumsal kredilerdeki kredi riskinin değerlendirilmesinde “Ekspertiz Modelleri” kullanılmıştır. Ekspertiz modellerinde, kredi kararı borç verme görevlisine veya ilgili yöneticiye bırakılmaktadır. Bu kapsamda, bu kişinin uzmanlığı ve öznel

yargılaması ile ağırlıklandırılan belirli faktörler kredi verme kararının en önemli belirleyicileridir. (Altman ve Saunders 1998:2).

Bir borç verme görevlisinin inceleyebileceği potansiyel faktörler sonsuz olmakla birlikte en yaygın kullanılan sistemlerinden biri “5C” yöntemidir. Bu yöntemde, uzman beş ana faktörü analiz eder ve özel ağırlıklar vererek bir kredi kararına ulaşmayı amaçlar.

- Karakter (*Character*): Firmanın itibarı, geri ödeme isteği ve geri ödeme geçmişi.
- Sermaye (*Capital*): Özsermaye ve kaldıraç oranı.
- Kapasite (*Capacity*): Borçlunun kazançlarındaki değişkenliği yansıtan geri ödeme yeteneği.
- Teminat (*Collateral*): Temerrüt durumuna ilişkin verilen teminatların büyüklüğü.
- Ekonomik Koşullar (*Cycle-Economic Conditions*): İş döngüsünün durumu

Uzmanların kredi riskini belirlemede aşırı kötümser eğilimli olmaları ve çok değişkenli kredi skorlama tekniklerinin daha iyi sonuçlar vermesi gibi nedenlerle ilerleyen dönemlerde birçok banka ekspertiz modellerinden objektif tabanlı sistemlere geçiş yapmıştır (Allen 2002:8-11).

### 3.2. Derecelendirme Sistemleri

Bir kredi değerlendirmesi aşamasında analistler firmanın nicel ve nitel, finansal ve yönetsel birçok karmaşık özelliğini göz önüne almaktadır. Firmanın finansal durumunun tespiti, kazançların ve nakit akışlarının borç yükümlülüklerini karşılayıp karşılamayacağını belirlenmesi, firmanın varlık kalitesinin analizi ve likidite pozisyonunun incelenmesi gibi hususlar ele alınmaktadır. Bununla birlikte analistler, firmanın bulunduğu sektörün yapısını, firmanın bu sektördeki durumunu ve makro-ekonomik olayların firma üzerindeki potansiyel etkilerini de dikkate almaktadır. Kredi derecelendirme sistemi, tüm bu süreçlerin sistematik hale getirilmesi ile kredi analistlerinin bir firma için rasyonel, tutarlı ve karşılaştırılabilir derecelere ulaşmasına olanak sağlamaktadır.

İçsel risk derecelendirme sistemleri (IRRS) bankacılık sektörünün en eski kredi riski ölçüm araçlarından biridir. İçsel risk derecelendirme sistemleri kredi limitlerinin belirlenmesi ve yeni işlemlerin kabul veya reddedilmesi, kredi kalitesinin izlenmesi, ekonomik sermayenin niteliklendirilmesi ve kredi kayıpları yedeklerinin yeterliliği ve kredilerin fiyatlandırılması amaçlarıyla uygulanmaktadır.

Genellikle bir banka IRRS kapsamında, borç alanın temerrüt olasılığını belirleyen borçluya veya borçlular grubuna verilen “Borç Temerrüt Notu” (ODR, obligor default rating) ile temerrüdün gerçekleşmesi durumunda firmanın kayıp riskini derecelendiren “Temerrüt Durumunda Kayıp Notu” (LGDR, loss given default rating) şeklinde iki tür derecelendirme yapmaktadır.

IRRS, farklı şirketler için doğru ve tutarlı bir risk derecelendirmesi oluşturması amacıyla 8 adım sunmaktadır;



Şekil 3. İçsel Derecelendirme Süreci Aşamaları



**Adım 1-Finansal Değerlendirme:** Kredi analisti, kazançların ve nakit akışlarının borç geri ödemelerini karşılamak için yeterli olup olmadığını belirlemek amacıyla kurumun finansal raporlarını incelemektedir.

**Adım 2-Yönetim ve Diğer Nitel Faktörler:** Bu adımda günlük hesap işlemlerinin ve yönetimin incelenmesi, kapsamlı çevresel bir değerlendirme yapılması ve koşullu yükümlülüklerin değerlendirilmesi gibi işlemler yapılmaktadır.

**Adım-3-Sektör/Kuruluş Değerlendirmesi:** İncelenen firmanın yer aldığı sektör değerlendirilmektedir. Firmanın sektör içerisindeki konumunun belirlenmesi amacıyla sektör riski analizi için kullanılan ölçütler ve süreç firma için yenilenmektedir. Bu değerlendirme sonrasında sadece pozisyonun zayıf olması durumunda not düşüşleri yapılmakta, firmanın pozisyonunun güçlü olması durumunda not yükseltilmemektedir. Bu adım sayesinde bir şirketin özellikle durgunluk dönemlerine karşı hassasiyeti belirlenebilmektedir.

**Adım-4-Finansal Tablo Kalitesi:** Analiste sağlanan finansal bilgilerin kalitesi değerlendirilmektedir.

**Adım-5-Ülke Riski:** Kredi notunun belirlenmesinde ülke riskinin etkisi incelenmektedir. Bu adım, aynı zamanda bir ülkenin siyasi ve ekonomik riskinin değerlendirilmesidir. Ülke riski, brüt borcun nakit akışının veya varlıklarının öngörülen yüzdesinin yerel piyasa dışında bulunması durumunda artmaktadır. Bu adımlar sonunda firmalar için Borç Temerrüt Notu (ODR) üretilmektedir.

**Adım-6-Dışsal Kredi Notlarının Karşılaştırılması:** Firma bir dış derecelendirme kuruluşu tarafından derecelendirilmiş veya olasılık tahminlerini sağlayan harici bir veri tabanına dahil ise Adım 5'te üretilen ODR bu dış derecelendirmelerle karşılaştırılır. Amaç iç derecelendirmeyi dış kredi notuyla eşitlemekten ziyade tüm uygun risk unsurlarının nihai ODR'ye dahil edilmesini sağlamaktır. Bununla birlikte, ODR'nin dış derecelendirme kuruluş notundan büyük ölçüde farklılaştığı durumlarda içsel derecelendirmenin dayandığı varsayımların gözden geçirilmesi gerekmektedir. PD, kriz dönemlerinde önemli derecede farklılık gösterebilir ve PD' nin değişim eğilimlerini yakalamak açısından harici kaynaklardan alınan verilerle iç derecelendirme notunun kontrol edildiği bu adım oldukça önemlidir.

**Adım-7-Kredi yapısı:** Risk derecelendirme süreci (1 – 6. Adımlar), çoğu kredinin uygun bir kredi yapısına sahip olduğunu varsaymaktadır. Bununla birlikte, eğer kredi yapısının borçlunun

temerrüde düşme riski üzerinde olumsuz bir etkisi olduğu düşünülyorsa, kredi notunda indirgeme yapılabilir.

**Adım-8-Temerrüt durumunda kayıp notu:** Temerrüt olasılığı ve temerrüt durumunda yaşanan kayıp ayrı risk durumları olduğundan bağımsız olarak incelenmektedir. Her firma için temerrüt durumunda kayıp notu belirlenmektedir.

IRRS adımları uygulanarak her bir kuruluş için tutarlı bir kredi notu belirlenebilmektedir (Crouhy, Galai ve Mark 2014:350-361).

### 3.3. Kredi Skorlama Modelleri

Kredi skorlama sistemlerinde çok değişkenli modeller ile firmaların mali rasyoları incelenerek kredi skor değeri veya temerrüt olasılıklarının üretilmesi amaçlanmaktadır. Bu çerçevede kullanılan istatistiksel modeller dört başlık altında incelenmiştir: (1) Doğrusal Olasılık Modeli, (2) Logit Model, (3) Probit Model, (4) Lineer Diskriminant Analizi (Altman, Saunders, 1998: 1723).

#### 3.3.1. Doğrusal Olasılık Modeli

Doğrusal olasılık modelleri, kategorik yapıda olan bağımlı değişkenin bağımsız değişkenlerin doğrusal bir fonksiyonu olarak ifade edildiği regresyon modelleridir.

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_K x_K, \quad Y_i \approx B(n, p)$$

Kredi riskinin değerlendirilmesinde kullanılan ilk istatistiksel modellerden olan doğrusal olasılık modellerinde bağımlı değişkenler Binom dağılımına sahiptir. Merkezi Limit teoremine dayanarak, büyük örneklemlerde En Küçük Kareler (EKK) tahmin edicilerinin asimptotik normal dağılabacakları varsayımı altında bu modeller kullanılabilir. Bununla birlikte, veri yapısından kaynaklı olarak karşılaşılan değişen varyans sorunu ve model öngörülerinin sapmalı olması gibi nedenlerle Logit ve Probit modellerin kullanımı yaygınlaşmıştır (Gujarati, 2012: 544).

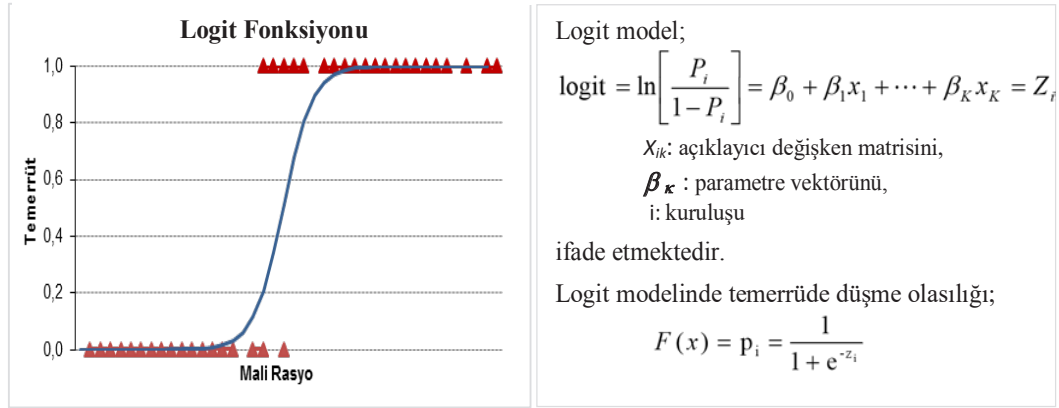
#### 3.3.2. Logit Model

Lojistik regresyon analizi bağımlı değişkenin kategorik olması durumunda kullanılan çoklu regresyon analizi yöntemidir. Logit modellerde amaç, verinin sınıflandırılması ve bağımlı-bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin tespit edilmesidir.

Lojistik regresyon modelinde parametrelerin tahmininde yaygın olarak en çok olabilirlik (Maximum Likelihood Estimator, MLE) yöntemi kullanılmaktadır. Kredi skorlama analizlerinde 1970'li yıllarda kullanılmaya başlanan logit modellerde bağımlı değişken (Y); temerrüt durumunda 1, diğer durumlarda 0 değerlerini alan ikili (binary) değişken olarak tanımlanmaktadır. Açıklayıcı değişkenler ise kredi riskini etkilemesi olası mali oranlardan olmaktadır.

Analizlerde, temerrüt durumunun mali rasyolarla sebep-sonuç ilişkisinin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Modelde incelenen kuruluşlar için Logit dönüşüm uygulanarak kuruluşların temerrüt olasılıklarına ulaşılmaktadır.

Şekil 4. Logit Model



Martin (1977), West (1985), Platt and Platt (1991a) ve Smith and Lawrence (1995) tarafından kredi riskinin belirlenmesinde logit modeller kullanılarak yapılan çalışmalar bulunmaktadır (Altman ve Saunders, 1998:1723-1724).

### 3.3.3. Probit Model

Bağımlı değişkenin kategorik olduğu durumlarda kullanılan diğer bir yöntem Probit modellerdir. Logit modelde kümülatif standart log-odds (olabilirlik oranları) kullanılırken, Probit modelde kümülatif normal dağılım kullanılmaktadır. MacFadden tarafından geliştirilen probit modelleri fayda kuramına dayanmaktadır. Bağımlı değişken  $Y$  ile  $I_i$  endeksi arasındaki ilişki aşağıda yer almaktadır.

$$Y_i = \begin{cases} 1; & I_i < I_i^* \\ 0; & d.d. \end{cases} \quad I_i = \beta_0 + \beta_1 X_i$$

Normallik varsayımı altında,  $I_i^*$  değerinin  $I_i$ 'den küçük ya da eşit olması standart normal dağılım fonksiyonu kullanılarak hesaplanabilir. [ $z_i \sim N(0,1)$ ]

$$P_i = P(Y = 1) = P(I_i^* < I_i) = F(I_i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{I_i} \phi^{z^2/2} dz = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{b_0 + b_1 X} \phi^{z^2/2} dz$$

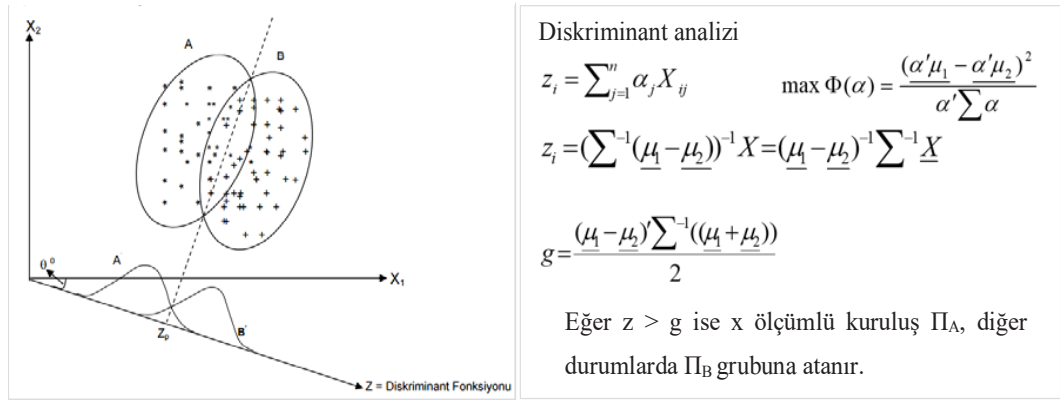
### 3.3.4. Lineer Diskriminant Modelleri

Çok değişkenli istatistiksel analiz yöntemlerinden olan diskriminant analizi ile diskriminant fonksiyonlarının belirlenmesi ile bu fonksiyonlar aracılığıyla gruplar arası ayrımaya en fazla etki eden

değişken ağırlıklarının hesaplanması ve hangi gruptan geldiği bilinmeyen bir birimin hangi gruba dahil edileceği kararının belirlenmesi amaçlanmaktadır.

Kredi riski değerlendirmesinde uygulanan diskriminant analizinde iki grup belirlenmektedir: Temerrüt durumuna düşmeyen firmalar (grup-A) ve temerrüt durumundaki firmalar (grup-B). Gruplar arasındaki farklılıklar hesaplanan z-skor değerleri ile belirlenmektedir. Fisher lineer diskriminant fonksiyonundan yararlanılarak hesaplanan katsayılar, temerrüt olayının belirlenmesinde kullanılan mali rasyoların önemine ilişkin bilgi vermektedir.

şekil 5. İki Gruplu Diskriminant Alaizi



1968 yılında Altman tarafından ZETA diskriminant modelinin geliştirilmesine yönelik olarak yapılan çalışmalar, diskriminant modellerinin mali başarısızlığın öngörülmesindeki kullanımı yaygınlaştırmıştır. Altman, mali rasyolardan yararlanarak geleneksel rasyo analizine alternatif analitik tekniklerin temerrüt durumunu tahmin etmede kullanılabileceğini savunmaktadır. Altman çalışmasında 1946-1965 yılları arasında temerrüt durumuna düşen 33 firma ile aynı sayıda sağlıklı firmanın mali rasyolarına çok değişkenli lineer diskriminant yöntemini uygulamıştır. alışmasında 22 finansal rasyodan istatistiksel anlamlılık düzeyleri, korelasyonlar ve uzman görüşünü de dikkate alarak temerrüt durumunun belirlenmesinde kullanılmak üzere 5 mali rasyoyu seçmiştir.

- $X_1$ : İşletme Sermayesi / Toplam Aktifler
- $X_2$ : Dağıtılmayan Karlar / Toplam Aktifler
- $X_3$ : Faiz ve Vergi Öncesi Kar / Toplam Aktifler
- $X_4$ : Öz Kaynaklar Piyasa Değeri / Yabancı Kaynakların Defter Değeri
- $X_5$ : Satışlar / Toplam Aktifler

Bu mali rasyolar kullanılarak belirlenen diskriminant fonksiyonu aşağıda yer almaktadır:

$$Z_{skor} = 0.012X_1 + 0.014X_2 + 0.033X_3 + 0.006X_4 + 0.999X_5$$

Belirlenen diskriminant fonksiyonu kullanılarak firmalar yüzde 95 oranında doğru sınıflandırılmaktadır. Modelde iyi kuruluşların kötü olarak sınıflandırılması oranını gösteren birinci tip hata oranı yüzde 6, kötü kuruluşların iyi olarak sınıflandırılması oranını gösteren ikinci tip hata oranı ise yüzde 3 olarak bulunmuştur. Bununla birlikte, iki yıl önceki mali verilerin mevcut temerrüt durumunu açıklamada yetersiz kaldığı sonucuna ulaşılmıştır. Yeni firmaları değerlendirme aşamasında diskriminant fonksiyonu kullanılarak belirlenen z-skör değerleri ile sınıflandırma yapılabilir: (Altman, 1968: 1-28)

- $Z_i > 2.99$  ise şirket güvenli alanda,
- $1.81 < Z_i < 2.99$  ise şirket *gri* alanda,
- $Z_i < 1.81$  ise şirket temerrüt alanındadır.

Belirlenen eşik değerlerinde ekonomik konjonktüre göre değişiklik yapılmaktadır. Altman tarafından 2000 yılında ortaya konulan yeni çalışmada 1.81 olarak belirlenen z değeri yerine 1.23 değeri önerilmiştir. Diğer taraftan bu eşik değerleri, şirketlerin yer aldığı sektör veya bulunduğu ülke gibi birçok unsura göre değişiklik gösterebilir. Deakin (1972) ve Sinkey (1975) Ohlson (1980) gibi ekonomistler tarafından kredi riskinin belirlenmesinde diskriminant analizini kullanılarak yapılan birçok çalışma bulunmaktadır.

### 3.4. Makine Öğrenmesi Teknikleri

Bilgisayar teknolojilerinin hızla gelişimi ile birçok alanda yapay zeka sistemleri kullanılmaya başlanmıştır. Bu sistemlerin en temel özelliği olaylara ve problemlere çözüm üretirken bilgiye dayalı karar verebilme ve öğrenme yetilerine sahip olmalarıdır. Veri madenciliği teknikleri arasında yer alan makine öğrenme yöntemlerinden yapay sinir ağları ve karar ağaçları algoritmalarına bu bölümde yer verilmiştir.

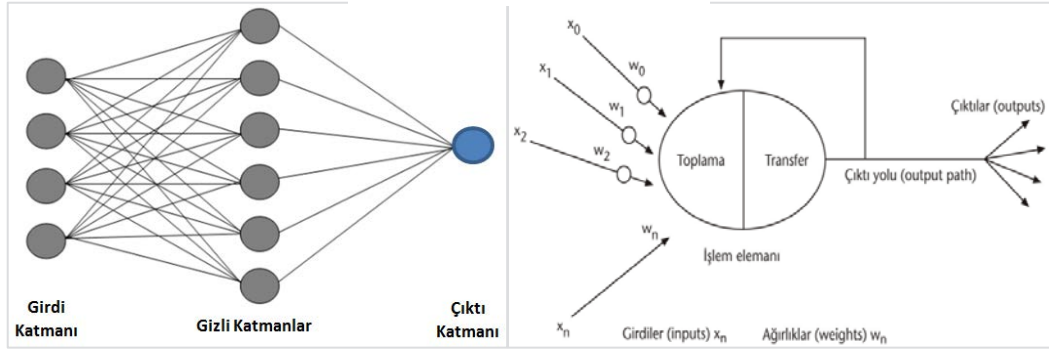
#### 3.4.1. Yapay Sinir Ağları

Yapay sinir ağları (YSA), insan beyninin çalışma ve düşünebilme özelliklerinin temeli olan biyolojik nöronlara dayanılarak geliştirilmiştir. YSA, çok değişkenli, değişkenler arasında karmaşık ve karşılıklı etkileşimin veya birden fazla çözüm kümesinin bulunduğu durumlarda başarılı sonuçlar üreten istatistiksel bir yöntemdir (Donel, 2012: 30-31). YSA, insanın öğrenme sürecini taklit ederek sistem giriş-çıkış bilgi setlerini tekrar tekrar örnekler ve girdi ve çıktılar arasındaki ilişkinin doğasını öğrenir.

YSA, üç temel katmandan oluşmaktadır: girdi katmanı, gizli katmanlar ve çıktı katmanı. Yapay sinir ağının ilk katmanı olan girdi katmanı, dışarıdan gelen verilerin yapay sinir ağına alınmasını sağlar. Bu veriler, istatistikte bağımsız değişkenlere karşılık gelmektedir. İstatistikte bağımlı değişkenlere karşılık gelen bölüm ise çıktı katmanıdır. Girdi katmanı ve çıktı katmanı arasında yer alan diğer katmanlar ise gizli katmanlar olarak adlandırılır (Budak ve Erpolat, 2012:26).

Sistemde bilginin aktarımı, nöron adı verilen elemanlar vasıtasıyla olmaktadır. Sinyaller, nöronların arasında bulunan bağlantılar vasıtasıyla ilerlemektedir. Her bağlantı, belirli bir ağırlığa sahip olup bu ağırlıklar sinyaller ile çarpılmaktadır. Ağırlıklandırılmış girdilerin toplamında bir aktivasyon fonksiyonu kullanılarak çıktı sinyali elde edilmektedir (Donel, 2012:32). YSA ile tahmin modeli oluştururken aė yapısındaki katman sayısı ve katmanlardaki nöron sayısı, aktivasyon fonksiyonu gibi birçok parametrenin belirlenmesi gerekmektedir.

şekil 6. Yapay Sinir Ağı Yapısı



Kim ve Scott (1991), Hawley, Johnson, and Raina (1990), Altman, Marco ve Varetto (1994), Podding (1994), Yang, Platt ve Platt (1999) tarafından yapılan çalışmalarda kredi değerlendirmesinde YSA modelleri kullanılmıştır. Bankacılık ve finans alanında büyük veri setlerini içeren uygulamalarda YSA modelleri başarılı sonuçlar vermektedir. Bununla birlikte, YSA'nın önemli bir dezavantajı sistemde gizli katmanların bulunması nedeniyle şeffaflığının olmamasıdır. Sistemin ara basamaklarının kontrol edilememesi hesap verilebilirlik açısından sorunlara neden olmaktadır (Saunders ve Allen, 2002:13).

### 3.4.2. Karar Ağaçları

Veri madenciliği sınıflama yöntemlerinden karar ağaçları, grupları bilinen örnek veriden tümevarım yöntemiyle öğrenilen ağaç şekilli bir modelleme çeşididir. Karar ağaçları;

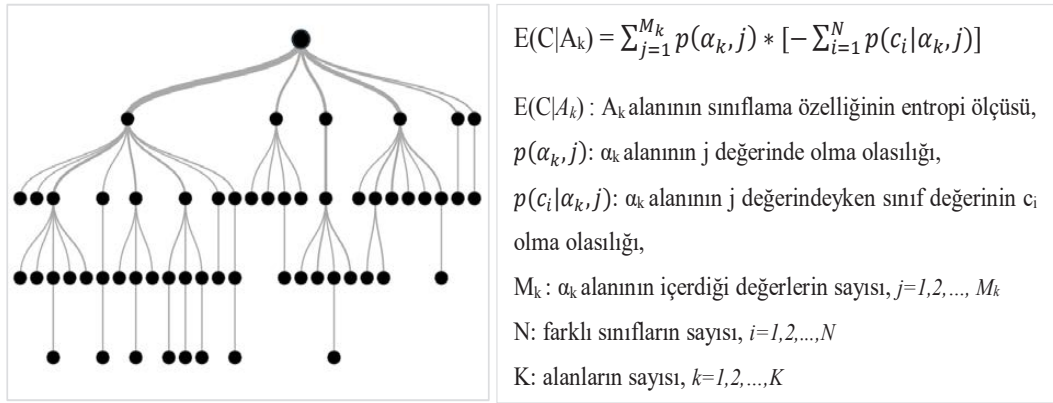
- Belirli bir sınıfın olası yesi olacak elemanların belirlenmesinde,
- Çeşitli vakaların yüksek, orta, düşük risk grupları gibi çeşitli kategorilere ayrılmasında,
- Gelecekteki olayların tahmin edilebilmesi için kurallar oluşturulmasında,
- Parametrik modellerin kurulmasında kullanılmak üzere çok miktardaki değişken ve veri kümesinden faydalı olacakların seçilmesinde,
- Kategorilerin birleştirilmesinde ve sürekli değişkenlerin kesikli değişkene dönüştürülmesinde

yaygın olarak kullanılmaktadır. Karar ağaçlarında kullanılan birçok algoritma mevcuttur, bunlara örnek olarak C4.5, C5.0, CHAID ve C&R algoritmaları gösterilebilir.

**C4.5 ve C5.0 Algoritmaları:** C5.0 algoritmasında, her düğümden çıkan çoklu dallar ile ağaç oluşturur. Dalların sayısı tahmin edicinin kategori sayısına eşittir. Budama işlemi her yapraktaki hata oranına dayanır. Ayırma işlemi için entropi ile ölçülen “bilgi kazancı” kullanır. Entropi ölçüsünün yüksekliği kullanılan değişkenin belirsizliği ve kararsızlığını göstermektedir.

Bu nedenle, karar ağacının kökünde entropi ölçüsü en az olan alanlar kullanılmaktadır. Entropi ölçüsünün belirlenmesinde kullanılan formüller şu şekildedir:

Şekil 7. Karar Ağacı Yapısı



Eğer  $S$  kümesindeki elemanlar, kategorik olarak  $C$  sınıflarına ayrıştırılırlarsa,  $S$  kümesindeki bir elemanın sınıfını belirlemek için gereken bilgi şu formülle hesaplanmaktadır:

$$I(S) = - (p_1 \cdot \log_2(p_1) + p_2 \cdot \log_2(p_2) + \dots + p_i \cdot \log_2(p_i))$$

Entropi denklemi şu şekilde de ifade edilebilir:

$$E(A) = \sum_{i=1}^n \frac{|S_i|}{|S|} * I(S_i)$$

Bu durumda  $A$  alanı kullanılarak yapılacak dallanma işleminde, bilgi kazancı  $Kazanç(A) = I(S) - E(A)$  formülü ile hesaplanmaktadır.

**CHAID Algoritması:** (Chi-squared Automatic Interaction Detector; Ki-kare Otomatik Etkileşim Dedektörü) CHAID, optimal bölünmelerin belirlenmesinde  $\chi^2$  istatistiğini kullanan bir yöntemdir. Karar ağacındaki ilk dalın formuna göre en iyi ön kestirici değişkenin seçilmesiyle, her bir düğümün seçilen değişkenin homojen değerlerinin bir grubunu oluşturulmaktadır. Bu süreç, ağaç tam olarak büyüyene kadar sürer. Kullanılan istatistiksel test, hedef değişkenin ölçüm düzeyine bağlı olarak değişmektedir.

**C&R Algoritması:** C&R algoritmasında, her seviyede seçme işlemi yapılırken bağımlı değişkenler için Gini indeksi, sürekli değişkenler için ise en küçük kare sapması (Least-Squared Deviation) kullanılmaktadır. Gini indeksi;

$$\Theta(s,t)=g(t)-p_L g(t_L) - p_R g(t_R)$$

şeklinde ifade edilebilir. Bu eşitlikte,  $\Theta(s,t)$  değerinin maksimum olmasını sağlayacak  $s$  değerinin seçilmesi amaçlanmaktadır.  $t$  düğümündeki bütün verilerle hesaplanan bu değer, C&R ağacının derinliği anlamına gelmektedir. Son veya uç olmayan her bir düğümde iki adet dal bulunmaktadır. Budama işlemi ağacın karmaşıklık ölçüsüne dayanmakla birlikte sınıflandırma ve regresyonu destekleyici bir yapıdadır. (alış, Kayapınar ve etinyokuş, 2015:5-7).

#### 4. Kredi Riskinin Ölçülmesinde Uygulanan Yeni Yöntemler

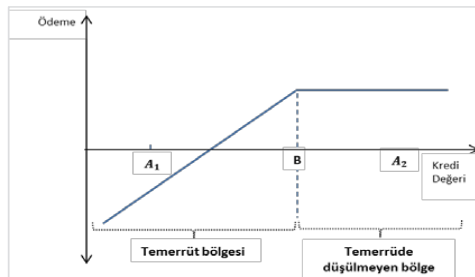
Kredi riskinin ölçülmesinde uygulanan yeni yöntemlerde, kredi derecelerindeki aşağı yönlü kaymalar ve kredi marjlarındaki değişimlerin de kredi riski kayıplarının tanımına dahil edildiği piyasa yaklaşımı esas alınmaktadır. Yeni modellerde kredi riskine farklı açılardan yaklaşımlar bulunmasına karşın, tüm modeller modern finans teorisi ve finansal piyasa verileri ile ilişkilidir. Piyasa yaklaşımında kredi riskinin değerlendirilmesinde ve temerrüt olasılıklarının belirlenmesinde, şirket borçlarında veya kredilerdeki getirilerin mevcut yapısı benzer kredi derecelerine sahip borçlularla karşılaştırılarak risk primleri analiz edilmektedir.

Bu bölümde kredi riskinin ölçülmesinde uygulanan yeni yöntemlerden Merton tabanlı modellere, tarihsel temerrüt oranı ve sermayenin risk ayarlı getirisi yaklaşımlarına yer verilmiştir.

##### 4.1. Merton Tabanlı Modeller

Robert Merton tarafından 1974 yılında riskli kredilerin değerlemesinde, Black-Scholes tarafından geliştirilen opsiyon fiyatlama modelleri uygulanmıştır. Merton, opsiyonlar ile krediler arasındaki benzerlikten yola çıkarak temerrüt olasılığının belirlenmesini sağlayan yapısal bir model geliştirmiştir. Model, temerrüt durumunun şirketin aktif değerinin belirli bir eşik seviyenin altına düştüğünde gerçekleşeceğini varsaymaktadır. Sermayedarlar açısından bir şirketin sermayesi, söz konusu şirket varlıklarının bir alım opsiyonu olarak modellenebilir. Kredi verenlerin durumu ise satış opsiyonunda kısa pozisyonla benzerlik göstermektedir.

**Grafik 3.** Opsiyon Fiyatlama Modeli Kayıp Fonksiyonu





Şirket varlıklarının piyasa değeri ( $A_2$ ) vade sonunda Grafik 3' te gösterildiği gibi borç değerinin ( $B$ ) üzerinde ise ( $A_2 > B$ ) temerrüde düşme söz konusu olmayacaktır. Diğer taraftan firma varlıklarının piyasa değeri, borç değerinin altına düşerse ( $A_1 < B$ ), satın alma opsiyonunun kullanılmadığı duruma benzer şekilde şirket temerrüde düşecektir. Merton modelinde, kredi riskliliği beş değişken tarafından belirlenmektedir:

$$\text{Kredinin değeri} = f(V, \sigma_v, r, T, B)$$

- $V$ : Opsiyon sözleşmesine konu varlık (firma varlıklarının piyasa değeri)
- $\sigma_v$  : Piyasa değerinin değişkenliği (firma varlıkların piyasa değerinin standart sapması)
- $R$ : Risksiz faiz oranı
- $T$ : Vade bitimi (borcun vade tarihine eşit olarak ayarlanır)
- $B$ : Kullanım fiyatı (firmanın borcunun nominal değeri)

Black-Scholes ve Merton modeli çerçevesinde  $T$  zamanındaki kredinin değeri aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır:

$$F_T = V \cdot N(x_1) - B \cdot (e^{-r \cdot \Delta T}) \cdot N(x_2)$$

$$x_1 = \frac{\ln\left(\frac{V_T}{B}\right) + \left(r + \frac{\sigma_v^2}{2}\right) \cdot \Delta T}{\sigma_v \cdot \sqrt{\Delta T}} \quad x_2 = x_1 - \sigma_v \cdot \sqrt{\Delta T}$$

Temerrüt olasılığı  $P(D) = N(-x_2)$  olarak belirlenebilir. Merton modelinde firmanın sadece tek tip borcunun ve özsermayenin dışında yükümlülüğünün bulunmadığı ve yükümlülüklerinin sabit kupon ödemeli olduğu varsayılmıştır. Uygulama aşamasında firma varlıklarının piyasa değerini ( $A$ ) ve varlıkların piyasa değeri oynaklığını ( $\sigma_A$ ) doğrudan belirlemek oldukça zordur (Allen, Boudoukh and Saunders, 2004, 129-132).

Sprenkle (1961), Samuelson (1965) ve Thorp ve Kassouf (1967) tarafından yapısal modellerin geliştirilmesine yönelik çalışmalar yapılmıştır. Bununla birlikte, yapısal modeller temerrüt durumunun gerçekleşme zamanı açısından farklılıklar göstermektedir. Merton, modelinde temerrüt durumunun vade sonunda ortaya çıkacağını varsaymaktadır. Kim, Ramaswamy and Sundaresan (1993) ve Nielsen, Saa-Requejo ve Santa-Clara (1993) ise temerrüt durumunun herhangi bir zamanda gerçekleşme varsayımına yönelik çalışmalar yürütmüştür.

#### 4.2. Tarihsel Temerrüt Oranı Yaklaşımı

Tarihsel temerrüt oranı yaklaşımı benzer özellikteki bono ve kredilerin geçmiş dönem temerrüt durumlarının incelenmesine dayanmaktadır. Bu yaklaşımda  $p_1$  ve  $p_2$  olmak üzere iki farklı olasılık belirlenmektedir.  $p_1$  olasılığı, bir kredinin birinci yılın sonunda temerrüde düşmeme olasılığını

göstermektedir;  $(1 - p_1)$  olasılığı ise marjinal temerrüt oranını (MMR – Marjinal Mortality Rate) vermektedir. Diğer taraftan  $p_2$  ise birinci yılda temerrüt oluşmaması koşuluyla, ikinci yılın sonunda aynı kredinin temerrüde düşmemesi olasılığını vermektedir;  $(1 - p_2)$  ikinci yılın marjinal temerrüt oranıdır. Benzer çerçevede her bir kredi derecesindeki kurumsal borçlu için, tarihsel temerrüt oranları yardımı ile MMR eğrisi belirlenmektedir. B kredi notuna sahip bir kredinin MMR hesaplama formlerine aşağıda yer verilmiştir;

$$MMR_1 = \frac{\text{Bir yıl içerisinde temerrüde düşen B kredi notuna sahip tahvillerin toplam değeri}}{\text{Bir yıl içerisinde ihraç edilen B kredi notuna sahip tahvillerin toplam değeri}}$$

$$MMR_2 = \frac{\text{ikinci yılda temerrüde düşen B kredi notuna sahip tahvillerin toplam değeri}}{\text{iki yıl içerisinde ihraç edilen B kredi notuna sahip tahvillerin toplam değeri}}$$

Altman ve Bana tarafından 2002 yılında yapılan çalışmada, S&P kredi notları kullanılarak 1972-2002 dönemine ilişkin marjinal temerrüt oranları hesaplanmıştır. Bu yaklaşımın en zayıf yönü geçmiş dönem verilerine oldukça bağımlı olmasıdır. Bu durum temerrüt oranları ve geleceğe yönelik hesaplanan temerrüt olasılıklarının incelenen dönem aralığına duyarlılığını arttırmaktadır (Saunders ve Cornett, 2008:326-328).

#### 4.3. Sermayenin Risk Ayarlı Getirisi Yaklaşımı

Kredi riskini ölçmek için kullanılan piyasa verilerine dayalı yaygın yöntemlerden biri sermayenin risk ayarlı getirisi (RAROC) modelleridir. RAROC, krediden beklenen net risk gelirinin ekonomik sermayeye oranlanması ile hesaplanabilir (Marrison, 2002:21-22). Tahsis edilen kredi tutarı yerine ekonomik sermayenin kullanılması ile beklenmeyen kayıplar da değerlendirilmektedir.

$$RAROC = \frac{\text{Kredinin bir yıllık geliri}}{\text{Kredi riski veya ekonomik sermaye}}$$

Kredi sağlanması aşamasında hesaplanan RAROC değeri sermaye karlılığı (ROE) değeri ile karşılaştırılmaktadır, RAROC değerinin eşik değerin üstünde olması durumunda kredi sağlanmasının uygun olduğu değerlendirilmektedir. Bir varlığın kredi değerindeki değişimin belirlenmesinde kullanılan formüle aşağıda yer verilmiştir.

$$\Delta LN = - D_{LN} \cdot LN \cdot (\Delta R / (1+R))$$

- $LN$ : Kredinin büyüklüğü
- $\Delta LN$ : Kayıp miktarı
- $D_{LN}$ : Kredinin süresi
- $\Delta R/(1+R)$ : Kredideki maksimum değişim oranı (kredi primleri veya risk faktörleri kaynaklı)

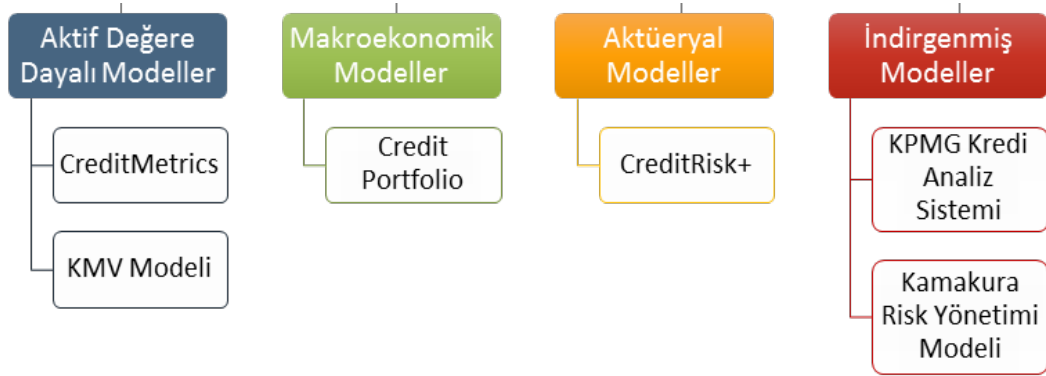
Kredi primlerindeki değişimler, uluslararası kredi derecelendirme kuruluşları tarafından yayınlanan her bir derecelendirme sınıfında bulunan tüm tahvillerin bir önceki yıla göre gerçekleşen risk prim istatistikleri incelenerek belirlenmektedir (Saunders ve Cornett, 2008:326-328).

## 5. Portföy Kredi Riski Ölçüm Modelleri

Bir portföyün kredi riskinin değerlendirilmesi münferit bir kuruluşun değerlendirilmesinden farklılaşmaktadır. Portföy kredi riskinin belirlenmesinde, kuruluşlar arasındaki korelasyonlardan kaynaklanan çeşitli etkiler de analizlere dahil edilmektedir. Bir portföydeki kredi riskini etkileyen temel faktörler portföy içerisinde yer alan borçluların kredi değerliliği ve konsantrasyon riskidir.

Kapsamlı portföy analizlerinin yapılması amacıyla finansal kuruluşlar tarafından üretilen uluslararası modeller bulunmaktadır. Kullanılan farklı yaklaşımlar dört başlık altında incelenmiştir; i – Aktif değere dayalı modeller, ii – Makroekonomik modeller, iii – Aktüeryal modeller ve iv – İndirgenmiş modeller.

Şekil 8. Portföy Kredi Riski Ölçüm Yöntemleri

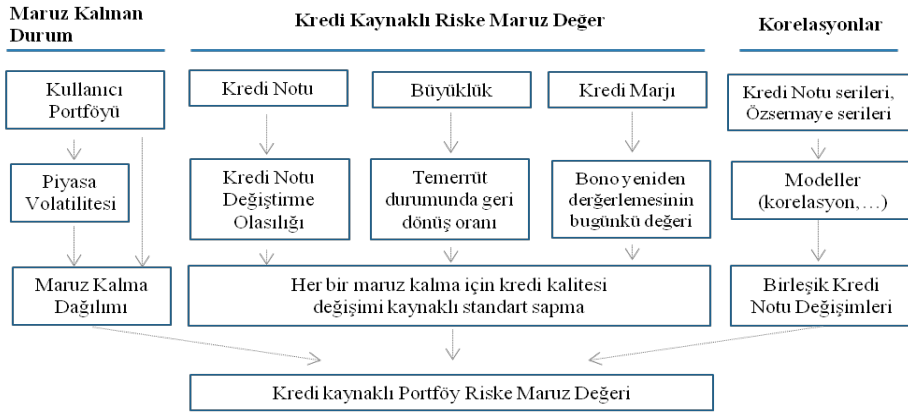


### 5.1. Aktif Değere Dayalı Modeller

#### 5.1.1. CreditMetrics

CreditMetrics yaklaşımı, JP Morgan tarafından 1997 yılında geliştirilen kredi geçiş analizlerine dayanan bir yöntemdir. Bu yaklaşımda, belirli bir zaman diliminde borçlunun kredi derecesindeki aşağı ve yukarı yönlü değişimler ile temerrüde düşme olasılıkları değerlendirilmektedir. CreditMetrics risk ölçüm çerçevesi, her bir finansal araç ve portföy seviyesindeki kredi kaynaklı riske maruz değer (C-VAR) hesaplanmasını kapsamaktadır. Amaç “Önümüzdeki yıl kötü bir yıl olursa kredilerden ve kredi portföyünden ne kadarlık kayıp gerçekleşebilir?” sorusunun cevaplanmasıdır. (Crauchy, Glai ve Mark, 2014: 373-381).

Şekil 9. CreditMetrics Yapıtaları



Kaynak: CreditMetrics Teknik Dokümanı, 2007

CreditMetrics yaklaşımının ilk aşaması, belirli bir dönemde bir kredi notundan diğer kredi notlarına geçiş olasılıklarının yer aldığı bir derecelendirme sisteminin seçilmesidir. İkinci aşama, risk periyodunun belirlenmesidir. Risk dönemi genellikle bir yıl olarak varsayılmaktadır.

Kredi derecelendirme kuruluşları tarafından 20 yıllık kredi geçmişine dayanan geçiş matrisleri yayınlanmaktadır. Kredi derecelendirme kuruluşları tarafından yayınlanan bu ortalama istatistikler farklı iş kollarını ve firmaları içeren heterojen bir veri seti üzerinden üretilmekte ve geçiş süreçleri Markovian kabul edilerek n-yıllık geçiş matrisi istatistikleri yayınlanmaktadır. S&P tarafından bir yıl içerisinde kredi derecelerindeki değişim olasılıklarına Tablo 2'de yer verilmiştir. Örneğin, BBB kredi notuna sahip bononun bir yılsonunda sekiz farklı kredi notuna geçiş ihtimali bulunmaktadır. BBB kredi notuna sahip kuruluşun aynı kredi notunda kalması olasılığı yüzde 86,93'tür.

Tablo 2. S&amp;P Geçiş Matrisi

Başlangıç Kredi Notları	Yılsonu Kredi Notları							
	AAA	AA	A	BBB	BB	B	CCC	Temerrüt
AAA	90,81	8,33	0,68	0,06	0,12	0	0	0
AA	0,7	90,65	7,79	0,64	0,06	0,14	0,02	0
A	0,09	2,27	91,05	5,52	0,74	0,26	0,01	0,06
BBB	0,02	0,33	5,95	86,93	5,3	1,17	0,12	0,18
BB	0,03	0,14	0,67	7,73	80,53	8,84	1	1,06
B	0	0,11	0,24	0,43	6,48	83,46	4,07	5,2
CCC	0,22	0	0,22	1,3	2,38	11,24	64,86	19,79

Kaynak: Standart&Poor's CreditWeek, 1996.

Üçüncü aşama her bir kredi derecesi için forward iskonto eğrisinin üretilmesidir. Bu amaçla her bir kredi derecesi için bir dönemlik forward eğrileri bono fiyatlarının kullanıldığı piyasa verilerinden belirlenmektedir.

**Tablo 3.** Kredi dereceleri için 1 yıllık forward iskonto eğrileri <sup>2</sup> ( $r_i + s_i$ )

Kredi Notları	1.yıl	2.yıl	3.yıl	4.yıl
AAA	3,6	4,17	4,73	5,12
AA	3,65	4,22	4,78	5,17
A	3,72	4,32	4,93	5,32
BBB	4,10	4,67	5,25	5,63
BB	5,55	6,02	6,78	7,27
B	6,05	7,02	8,03	8,52
CCC	15,05	15,02	14,03	13,52

Kaynak: Creditmetrics Technical Document, J.P. Morgan, April 2, 1997

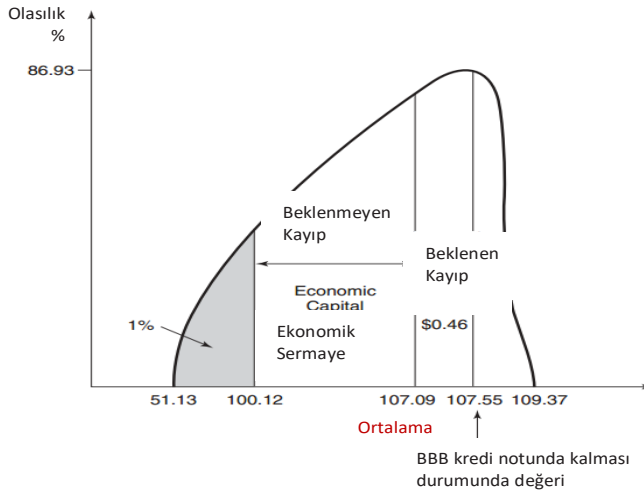
BBB notuna sahip kredinin A notuna yükseldiği varsayıldığında kredinin bugünkü değeri;

$$P = 6 + \frac{6}{1,0372} + \frac{6}{(1,0432)^2} + \frac{6}{(1,0493)^3} + \frac{106}{(1,0532)^4} = \$108,66 \text{ olarak hesaplanmaktadır.}$$

Her bir kredi derecesi için benzer işlemler yapıldığında BBB notuna sahip kredinin bir yıllık değerleri elde edilebilir. BBB kredi notunun yılsonunda değişmesi durumunda piyasa değeri maksimum 109,37 ve minimum 51,13 seviyesinde değişmektedir.

Sistemin son aşamasında geri dönüş oranlarından da yararlanılarak C-VaR hesaplanmaktadır. Portföyün riske maruz değerinin hesaplanmasında temerrüt korelasyonları da göz önüne alınmaktadır. CreditMetrics, temerrütleri ve geçiş olasılıklarını faktör analizi kullanarak firmaların varlık değerlerinin korelasyon modelinden üretmektedir. Kredi değerlerinin normal dağıldığı ve gerçek dağılımlarının kullanıldığı iki farklı yöntem kullanılmaktadır.

Bir yıllık dönem sonunda beş yıllık BBB kredi notuna sahip kredinin gerçek dağılım grafiği aşağıda yer almaktadır.

**Grafik 4.** BBB Kredi Notuna Sahip Kredinin Dağılımı

2 Creditmetrics yaklaşımında faiz oranları deterministiktir.

Kredinin bir yılın sonunda aynı kredi notunda kalması durumunda; piyasa değerinden geri dönüş oranları kullanılarak hesaplanan ortalama değerin çıkarılması ile kredinin beklenen değeri 460.000 ABD Doları olarak bulunabilir. Beklenmeyen kayıpları ve kaybın volatilitisini içeren C-VaR, kredilerin gerçek dağılımı kullanılarak kredi değeri için yüzde 5 riske maruz değer 5,07 milyon ABD Doları ve yüzde 1 riske maruz değer 8,9 milyon ABD Doları olarak belirlenmiştir. Buna göre, yüzde 95 güven düzeyinde bir yıl sonra krediden kaynaklı muhtemel en büyük kayıp tutarı 5,07 milyon ABD Doları seviyesindedir.

CreditMetrics yaklaşımında temel problem, kredi notu geçiş olasılıklarının ve geçiş matrisinin, içsel veya dışsal bir derecelendirme sisteminde yer alan geçmiş temerrüt verilerine olan yüksek bağımlılığıdır. Diğer bir sorun, uluslararası kredi derecelendirme kuruluşlarının firmaları döngü perspektifi ile değerlendirmeleri nedeniyle borunun kredi riski tahmininin döngü boyunca değişmemesinden kaynaklanmaktadır (Allen, Boudoukh ve Saunders, 138-145).

### 5.1.2. Moody's KMV Modeli

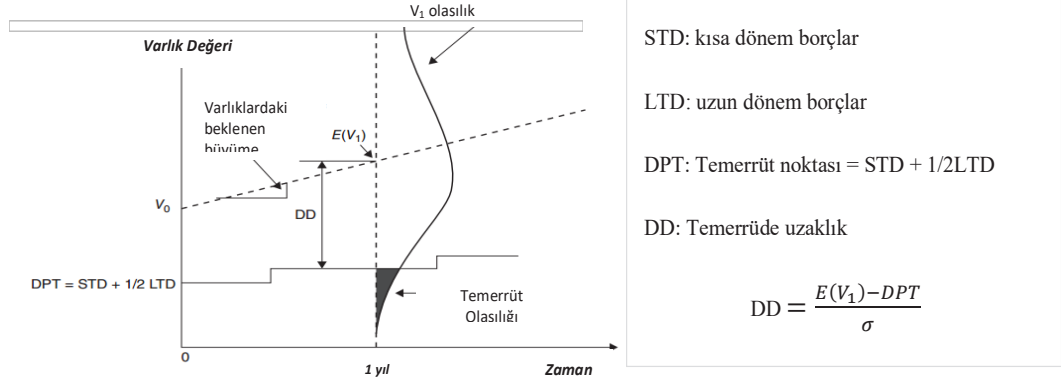
KMV (Kealhofer-McQuown and Vasicek) tarafından 1990'lı yıllarda Merton opsiyon fiyatlama teorisine dayanan kapsamlı bir yaklaşım geliştirilmiştir. KMV metodolojisi, kredi derecelendirme kuruluşları tarafından belirlenen kredi notları ve ortalama tarihsel geçiş sıklıklarını kullanmak yerine her bir firmanın varlıklarının piyasa bilgilerinden yola çıkarak firmalar için "Beklenen Temerrüt Sıklığı (EDF)" hesaplamaktadır.

Merton modeline benzer şekilde, EDF hesaplamasında firmaların sermaye yapısı, güncel varlık değerleri ve varlık getirisi volatilitesi kullanılmaktadır. KMV yaklaşımı üç aşamadan oluşmaktadır:

- Varlık değerinin ve volatilitenin belirlenmesi,
- Temerrüde uzaklığın belirlenmesi (DD, distance to default),
- Temerrüt olasılığının belirlenmesi

Firmaların varlık değeri sermayenin piyasa değerinden, varlık değerinin volatilitesi ise firma sermayesinin gözlenebilen piyasa oynaklığından üretilmektedir. KMV yaklaşımında, Merton modelinde yer alan temerrüt durumunun firma varlık değerinin borç seviyesinin altına düştüğü durumu gerçekleşeceği varsayımının aksine, gerçek dünyaya benzer şekilde temerrüt durumunun firma varlık değerinin toplam yükümlülüklerle kısa vadeli borç değeri arasında bulunduğu durumlarda gerçekleşeceği savunulmaktadır. Temerrüde uzaklık, varlık değeri dağılımının ortalaması ile temerrüt noktası arasındaki farkın standart sapmaya oranlanması ile belirlenmektedir. EDF ise temerrüde düşen kuruluşların varlık değerlerindeki DD değişiminin toplam portföydeki kuruluşların varlıklarındaki DD değişimlerine oranlanması ile hesaplanmaktadır.

Grafik 5. Temerrüde Uzaklık



KMV veri tabanı oldukça geniş olduğundan her bir DD değeri için temerrüt sıklığı hesaplanabilmektedir. EDF skorları, kredi kalitesinin azalmaya başlamasına ilişkin kredi derecelendirme kuruluşlarından daha iyi performans göstererek erken uyarı sağlamaktadır.

Opsiyon fiyatlamasına dayanan bu yöntem, geçmiş mali veriler yerine piyasa verilerinin kullanılması ile ileriye dönük bir yaklaşım olarak öne çıkmaktadır. Bununla birlikte, sadece halka açık şirketlere uygulanabilmesi, farklı yükümlülüklerin tamamının kapsama alınmaması ve statik bir yöntem olması gibi eksik yanları bulunmaktadır (Saunders ve Allen, 2002:64).

## 5.2. Makroekonomik Modeller

Makroekonomik modellerin temelinde temerrüt durumu veya kredi değerliliği değişimleri ile makroekonomik değişkenler arasında güçlü bir ilişki olduğu varsayımı yer almaktadır. McKinsey&-Company tarafından geliştirilen CreditPortfolio View (CPV), temerrüt ve geçiş olasılıklarının ekonomik döngüye bağlılığını içeren kredi derecelendirme tabanlı portföy modelidir. CPV modellerinde geçiş olasılıklarının ekonomik döngüdeki volatilité nedeniyle rastgele dalgalanmalara sahip olduğu varsayılmaktadır. CPV modellerinde makroekonomik değişkenlerin etkisi iki farklı şekilde incelenebilir;

### CPV-Macro yaklaşımı

CPV-Macro yaklaşımı, geçiş olasılıkları ve ekonomik değişkenlerin belirlendiği doğrudan modellerin oluşturularak üretilen makro şokların etkilerinin simülasyonu yapılmaktadır. Söz konusu makroekonomik modellerde değişken olarak işsizlik oranı, GSYH deflatörü, faiz oranı ve döviz kuru değişimi ve ülke ekonomisini etkileyen diğer değişkenler kullanılmaktadır. CPV-Macro modeli adımları aşağıda açıklanmaktadır;

- Makroekonomik değişkenler ve temerrüt geçmişinden oluşan bir zaman serisi oluşturulur.

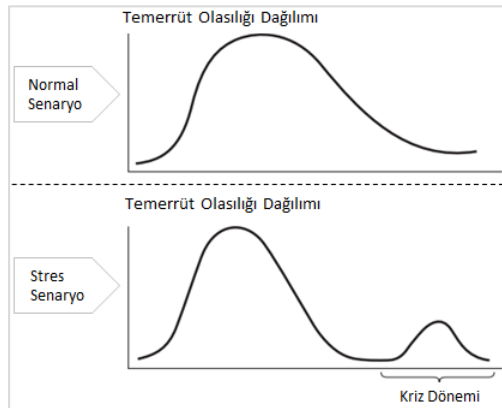
- Sistemik faktör katsayılarının belirlenmesi amacıyla temerrüt oranlarının makroekonomik değişkenler üzerine regresyonu kestirilir.
- $Y_{s,t} = w_{s,0} + \sum_{k=1}^K w_{s,k} X_{s,t,k} + \varepsilon_{s,t}$ ; (X: makroekonomik değişkenler,  $Y_{s,t}$ : endeks)
- Çoklu regresyon analizi yöntemiyle iki dönemlik gecikmeli olarak makroekonomik değişkenlerin öngörülerini belirlenir.
- $X_{s,t,k} = \theta_{k,0} + \sum_{j=1}^2 \theta_{k,j} X_{s,k,t-j} + \eta_{s,k,t}$
- Makroekonomik koşulların öngörülerinden hareketle temerrüt oranlarının belirlenmesinde genellikle logit dönüşüm uygulanmaktadır.
- Her kredi derecesi ve olası çeşitli makroekonomik durumlar için koşullu temerrüt olasılıkları simülasyonu yapılır. Simüle edilmiş temerrüt oranları dağılımında değişim parametresi (R) ve dağılım parametre ( $\lambda$ ) kullanılmaktadır.

CPV-Macro modelinde, temerrüt olasılıkları dağılımının açık bir varsayımı bulunmamaktadır, ancak örtük şekilde makroekonomik koşulların simülasyon değeri ile ilişkilidir (Blum, Overbeck ve Wagner, 2003:69-76).

#### CPV-Direct yaklaşımı

CPV-Direct yaklaşımı, geçmiş dönem verilerinde kriz veya durgunluk dönemlerinin belirlenerek iki farklı geçiş matrisinin oluşturulması ve iki farklı VaR hesaplanması sürecini içermektedir. CPV-Direct modellerinde koşullu temerrüt dağılımı doğrudan belirlenmektedir. Bu amaçla, geçmiş dönem temerrüt olasılık dağılımı için yaygın olarak Gamma Dağılımı kullanılmaktadır.

**Grafik 6.** CPV-doğrudan Modeli Stres Testi



Makroekonomik değişkenlerin dağılımlarında ise iki farklı varsayım bulunmaktadır. Kuyruk olasılığının normal dağılıma göre daha yüksek olmasının nedeni ekonomik koşulların bozulduğu



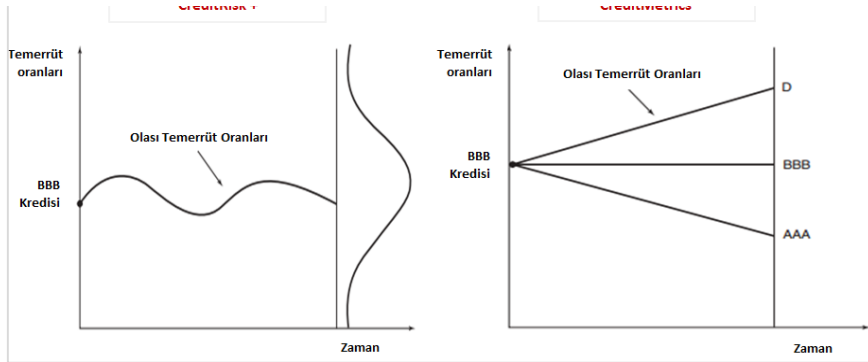
dönemlerde yüksek riskli borçluların temerrüde düşme eğilimlerinin daha yüksek olmasıdır. Yapılan stres senaryoları, temerrüt olasılığı dağılımlarının olası kriz döneminde nasıl değişeceğini göstermektedir (Saunders ve Allen, 2002: 107-115).

### 5.3. Aktüeryal Modeller

Bir portföy için kayıp dağılımının tahmininde kullanılan diğer bir yaklaşım tarihi kayıp istatistiklerini kullanan aktüeryal yaklaşımdır. Bu yaklaşım, belirli dönemde temerrüt ve temerrüde düşmeme gibi sadece iki durum olduğunu varsaymaktadır. Bu kapsamda, aktüeryal modeller diğer portföy kredi modellerinin aksine piyasa tabanlı yaklaşım yerine temerrüt tarzı yaklaşımı esas almaktadır. Aktüeryal modellerden olan CreditRisk+, Credit Suisse Financial Products (CSFP) tarafından 1997 yılında sigorta şirketleri tarafından kullanılan mortalite modellerine dayanılarak geliştirilmiştir. Modelde temerrüt olasılıkları tarihsel temerrüt istatistiklerden yararlanılarak üretilmektedir (Crouhy, Galai ve Mark 2014:393). CreditRisk+ modelinde temerrüt, kayıp fonksiyonun sürekli bir değişkeni olarak modellenmektedir. Her bir kredinin temerrüt olasılığı birbirinden bağımsızdır ve Poisson dağılımına sahiptir. (Grafik-7).

CreditRisk+ modellerinde temerrüdün sıklığı ve kaybın büyüklüğü değişkenleri kullanılarak kayıp dağılımları üretilmektedir. Bu modellerde hesaplanan VaR değeri ekonomik sermayenin piyasa değerinden ziyade kazanç kaybını veya sermaye ölçümünün defter değerini göstermektedir. Geçmiş dönem temerrüt sayıları, kredi hacimleri ve temerrüt volatilitesi kullanılarak hesaplanan temerrüde düşme sıklığı ve kayıp şiddetleri değerlendirilerek temerrüt kayıplarına ilişkin dağılım oluşturulmaktadır.

**Grafik 7.** CreditRisk+ ve CreditMetrics Modellerinin Karşılaştırılması



Aktüeryal modellere dayanan CreditRisk+ yaklaşımının avantajları arasında modellerde temel girdi olarak kullanılan ortalama kayıp oranlarına erişimin kolaylığı gösterilmektedir.

### 5.4. İndirgenmiş Modeller

Opsiyon fiyatlaması tabanlı yapısal yaklaşım modellerinde temerrüdün belirlenen bir zamanda gerçekleşmesi varsayımı uygulamada geçerli olmamaktadır. Temerrüt olayının rastsal ve beklenmeyen bir

değişken olarak modellenmesi çalışmaları indirgenmiş modelleri ortaya çıkarmıştır. İndirgenmiş modeller temerrüde düşme olayının belirlenmesinde riskli borçları ve kredi marjını kullanmaları açısından ampirik modeller arasında sınıflandırılmaktadır. (Crouhy, Galai ve Mark 2014:394).

Bu modellerin avantajı, riskli borç tutarı ve kredi türev enstrümanı için dışsal bir formül üretilmesi ve finansal piyasalardaki temerrüt olasılıkları ile kredi marjı arasındaki ilişkinin belirlenmesidir. Risksiz tahvil için uygulanacak faiz oranı ile riskli bir tahvil oranına uygulanacak faiz oranı farklıdır. Bu fark, kredi faiz farkı (credit spread-CS) olarak ifade etmektedir. CS beklenen maliyetin ölçüsüdür ve temerrüt olasılığı (PD) ve temerrüt halinde kayıp (LGD) değerleri kullanılarak aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

$$CS = PD * LGD$$

Risksiz faiz oranı (r) ve riskli bononun getirisi (y) olmak üzere eşitlik aşağıdaki şekilde yazılabilir;

$$y = r + PD$$

$$1 + r = (1 - CS)(1 + y) = (1 - PD * LGD)(1 + y)$$

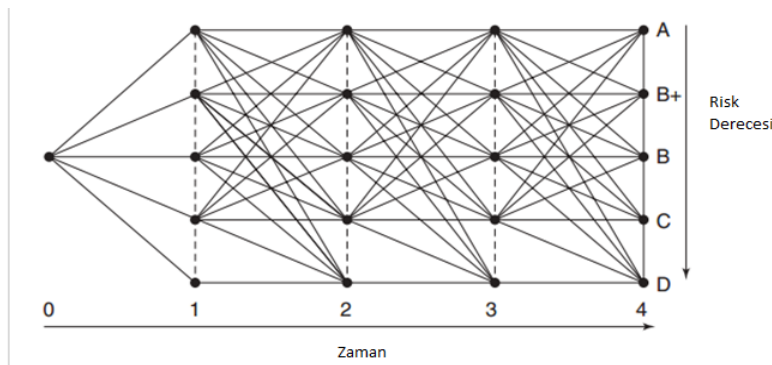
İndirgenmiş form modellerinde PD ve LGD istatistiksel dağılımları için yoğunluk süreci olarak adlandırılan fonksiyonel bir form kullanılmaktadır. Jarrow ve Turnbull (1995) tarafından sabit bir LGD ve üstel dağılan bir dışsal temerrüt süreci varsayımıyla ilk indirgenmiş form modelleri oluşturulmuştur. Modelde temerrüt olayları Poisson dağılmakta ve sigorta kapsamında beklenmedik bir kayıpla karşılaşılması olayına benzer şekilde risk gelişimine bağlı olarak ortaya çıkılmaktadır (Saunders ve Allen, 2002: 67-75).

KPMG Kredi Analiz Sistemi (LAS) ve Kamakura Risk Yöneticisi (KRM) modelleri indirgenmiş model yaklaşımını esas almaktadır.

#### KPMG Kredi Analiz Sistemi (LAS)

Uluslararası denetim firması KPMG tarafından geliştirilen Kredi Analiz Sistemi (LAS), kredi riski fiyatlamasında mevcut piyasa borç tutarlarını değerlendirerek net bugünkü değer yaklaşımını kullanmaktadır. Sistemde, kredi notu yükselmesinden temerrüt durumuna kadar kredinin olası bütün geçişleri değerlendirilmektedir (şekil-10).

şekil 11. Çok Dönemli Kredi eşitleri



Sistemin girdileri bir yıllık opsiyon-nötr kuponsuz tahvillerin S&P veya Moody's tarafından kullanılan kredi derecelerinin kredi spread değerleridir. Her bir devre, bir kredi notundan diğerine geçişin risk-nötr olasılığını içermektedir. Bu kapsamda, kredinin değeri piyasa kredi spreadleri kullanılarak yeniden hesaplanmaktadır.

#### Kamakura Risk Yönetimi Modeli (KRM)

KRM modeli, indirgenmiş modellerden Jarrow geliştirme yöntemine dayanmaktadır. Modelde sabit bir LGD ve Poisson dağılımlı bağımsız temerrüt yoğunluk süreci kullanılmaktadır. Risk-nötr temerrüt olasılığı ve Poisson risk süreci varsayımı altında temerrüt olayı, borcun vadesinin herhangi bir döneminde gerçekleşebilir. Temerrüt olasılığı aşağıdaki şekilde belirlenebilir:

$$P(t) = 1 / (1 + \exp(-\sum_{i=1}^t b_i X_i))$$

Örneğin,  $P(1)$  olasılığı bir yıl içerisinde temerrüde düşme olasılığını gösterirken,  $P(2)$  olasılığı ilk yıl temerrüde düşmeyen kuruluşun ikinci yıl temerrüde düşme olasılığını ifade etmektedir. 10 yıllık dönemler itibarıyla aylık temerrüt olasılıkları üretmektedir. Modelde bağımsız değişkenlerde temel olarak aktif karlılığı, kaldıraç, göreceli büyüklük, aylık aktif volatilitesi gibi çeşitli veriler kullanılmaktadır.

Ampirik çalışmalar indirgenmiş form modellerinin ABD şirketlerinin temerrüt durumlarını açıklamada yapısal modellerden (KMV Moody's gibi) daha başarılı olduğunu ortaya koymuştur (Crouhy, Galai ve Mark 2014:394-398).

#### 5.5. Portföy Kredi Riski Ölçüm Modellerinin Karşılaştırılması

Portföy kredi riskinin ölçülmesinde oldukça çeşitli yaklaşımlar kullanılmaktadır. Günümüzde bu yaklaşımlarda kullanılan varsayımların güçlü ve zayıf yanları üzerine tartışmalar sürmektedir.

Modellerin temel varsayımlarından olan riskin tanımı uygulanacak yaklaşımın belirlenmesinde önemli bir unsurdur. Riskin tanımında kredi kayıplarının sadece temerrüt nedeniyle gerçekleştiği varsayımının benimsendiği temerrüt tarzı veya kredi derecelerindeki aşağı yönlü kaymalar ve kredi spreadlerindeki değişimleri de kayıpların tanımına dahil eden piyasaya uygun değerlendirme yöntemlerinden birinin belirlenmesi gerekmektedir. Modellerin uygulanmasında diğer önemli bir unsur ise varsayımları sağlayacak verilerin ulaşılabilir olmasıdır.

Portföy kredi riskinin temel unsurlarından olan kuruluşların temerrüt korelasyonları, temerrüt ilişkilerinin sabit olmaması ve çoğunlukla sektörel ve ekonomik birçok faktörden etkilenmesi nedeniyle oldukça zor belirlenmektedir. Söz konusu zorlukları aşmak için CreditMetrics ve Moody's KMV tarafından geliştirilen modeller aktif değere dayanmaktadır. Bu modellerde doğrudan gözlemlenemeyen temerrüt korelasyonları sermaye korelasyonlarından türetilmektedir. Credit Portfolio yaklaşımında ise, makroekonomik değişkenlerin etkileri analizlere dahil edilmektedir. Aktüeryal modellerden CreditRisk+ yaklaşımında, kredinin beklenen kaybı ve bu kaybın olasılık dağılımının tespit edilmesine odaklanılmıştır. Diğer taraftan, indirgenmiş modellerde temerrüt durumunun firmanın

gözlenebilir özellikleriyle ilişkili olmadığı varsayımı altında korelasyonlar dışsal stokastik süreç olarak belirlenmektedir (Crauchy, Glai ve Mark, 2014: 372).

Portföy kredi riski modellerinin temel varsayımlarına ilişkin karşılaştırmalara Tablo-4’de yer verilmiştir.

**Tablo 4.** Portföy Kredi Riski Ölçüm Modelleri Temel Farklılıklar

	KMV-Model	CreditMetrics	Credit Portfolio	CreditRisk +	İndirgenmiş Modeller
<i>Riskin Tanımı</i>	MtM / DM	MtM	MtM / DM	DM	MtM
<i>Risk Odağı</i>	Aktif Değere Dayalı Modeller	Aktif Değere Dayalı Modeller	Makroekonomik Faktörler	Beklenen Temerrüt yoğunluğu	Borç ve hisse fiyatları
<i>Data</i>	Hisse fiyatı, kredi spreadleri, korelasyonlar	Geçmiş dönem geçiş matrisi, kredi spreadleri ve getiri eğrileri, LGD, korelasyonlar	Geçmiş dönem geçiş matrisi, getiri eğrileri, makroekonomik faktörler, LGD, Korelasyonlar	Temerrüt oranları ve volatilitte, makro faktörler, LGD	Borç ve hisse fiyatları, Geçmiş dönem geçiş matrisi, Korelasyonlar
<i>Korelasyonlar</i>	Çok değişkenli aktif getirileri	Çok değişkenli aktif getirileri	Makroekonomik faktörler	Sektörler aracılığıyla	Poisson yoğunluk süreçleri
<i>Geri dönüş Oranları</i>	Sabit veya rastgele	Rastgele (Beta Dağılımı)	Rastgele	Band aralığında sabit	Sabit veya rastgele
<i>Yaklaşım</i>	Analitik ve ekonometrik	Analitik veya Simülasyon (VaR)	Simülasyon	Analitik	Ekonometrik
<i>Faiz oranı</i>	Sabit	Sabit	Sabit	Sabit	Stokastik
<i>Risk Sınıflandırması</i>	Beklenen Temerrüt Sıklığı (EDF)	Kredi Notu	Kredi Notu	Maruz Kalma Bandı	Kredi Notu veya kredi spreadleri

Kaynak Saunders ve Allen, 2002: 136.

Uluslararası Swap ve Türevleri Birliğı (ISDA) ve Uluslararası Finans Enstitüsü (IIF) tarafından 2000 yılında yapılan bir çalışmada 10 ülkeden 25 ticari bankanın çeşitli risk faktörleri dört portföy kredi modeli (Moody’s KMV Modeli, CreditMetrics, CreditPortfolio ve Credit Risk+) ile içsel derecelendirme modelleri karşılaştırılmıştır. Çalışma sonuçlarında kullanılan yaklaşım sonuçlarının benzerlik gösterdiği dikkat çekmektedir (Tablo 5).

**Tablo 5.** ISDA/IIF Portföy Karşılaştırma Sonuçları

	Küçük Portföy				Büyük Portföy			
	Maruz Kalma (\$)	Beklenen Kayıp (%)	Beklenmeyen Kayıp (%)	VaR (%1)	Maruz Kalma (\$)	Beklenen Kayıp (%)	Beklenmeyen Kayıp (%)	VaR (%1)
Medyan	12.439	1,7	1,9	4,4	49.730	1,7	1,5	4,1
Credit Risk+	12.484	1,7	1,9	6,9	49.786	1,7	1,8	6,4
CreditMetrics	12.439	1,7	1,5	4,4	49.726	1,7	1,4	4
Moody’s KMV	11.654	1,0	2	3,6	48.834	1,1	1,6	3,3
İçsel Modeller	12.412	1,7	1,3	4,7	49.845	1,9	1,7	4,9

Bununla birlikte, kredi riski modellerinin büyük bir çoğunluğu küresel krizde kredi riskinin ölçülmesinde başarısızlığa uğramıştır. Bu başarısızlık, kısmen modellerin altında yatan kritik varyasyonların ekonomik ve mali koşullardaki güncel değişiklikleri dikkate alma açısından gerekli esnekliğe sahip olmamasından kaynaklanmaktadır. Bunun yanında, bu modellerde kredi riskini yönlendiren faktörlerin korelasyonlarının kriz ortamında bozulduğu ortaya çıkmıştır (Capuano ve diğerleri, 2009:3-4).

### **Sonuç ve Değerlendirmeler**

Kredi riskinin yönetimi sürecinde riske maruz portföyün temel özelliklerinin belirlenmesi sonrası ilk aşama kredi riskinin ölçülmesidir. Kredi riskinin ölçülmesi ile risklerin gerçekçi bir şekilde tespit edilmesi ve olası kayıpların görünür hale getirilmesi amaçlanmaktadır. Risk ölçümleri, risklerin alınması veya alınmaması kararlarının verilmesi aşamasında yol gösterici olmakta ve politika hedeflerinin oluşturulmasını kolaylaştırmaktadır.

Kredi riskinin ölçülmesine yönelik olarak geliştirilen çeşitli modellerde temel amaç, borçlunun temerrüde düşme olasılığının belirlenerek risk miktarının tahmin edilmesi ve portföyün fiyatlandırılması yoluyla kredi riskinin yönetilmesidir. Bir kuruluşun kredi riskinin ölçülmesinde uygulanacak geleneksel yöntemler ekspertiz modelleri, içsel derecelendirme sistemleri, kredi skorlama modelleri ve makine öğrenmesi teknikleri şeklinde sınıflandırılmaktadır.

Geleneksel yöntemlerden olan ekspertiz modelleri 1970'li yıllarda çoğu finansal kurum tarafından kurumsal kredilerdeki kredi riskinin değerlendirmesinde kullanılmıştır. Ekspertiz modelleri firmaların karakteri, sermaye yapısı, kapasitesi ve sektörün ekonomik koşulları gibi unsurların subjektif olarak değerlendirildiği modellerdir. Ekspertiz modellerinin firmaların finansal ve yönetsel birçok karmaşık özelliğini göz önünde bulundurmada yetersiz kalması nedeniyle, kredilerin değerlendirilmesi aşamasında içsel kredi derecelendirme sistemleri ortaya çıkmıştır. Özellikle Basel Uzlaşıları ile bankaların bireysel borçlular ve portföy düzeyindeki kredi riskini değerlendirmelerini sağlayacak yöntemlerin temel prensiplerinin belirlenmesi içsel kredi derecelendirme sistemlerini geliştirmiştir. İçsel kredi derecelendirme sistemleri, kuruluşların değerlendirilme süreçlerinin sistematik hale getirilmesi ile bir firma için rasyonel, tutarlı ve karşılaştırılabilir kredi derecelerine ulaşmaya imkan sağlamaktadır.

Geleneksel yöntemlerden kredi skorlama sistemlerinde ise doğrusal olasılık modeli, logit model, probit model ve lineer diskriminant analizi gibi istatistiksel yöntemler kredi riskinin ölçülmesinde kullanılmaktadır. Bilgisayar teknolojilerinin hızla gelişimi kredi riskinin ölçülmesinde kullanılan teknikleri geliştirmiştir. Olaylara ve problemlere çözüm üretirken bilgiye dayalı karar verebilme ve öğrenme yetilerine sahip olan yapay zeka sistemleri, büyük veri setlerinde kullanılmaya başlanmıştır. Bu modeller temerrüt tarzı yaklaşımını esas almaları açısından geleneksel yöntemler olarak sınıflandırılmaktadır. Makine öğrenme yöntemlerinden yapay sinir ağları ve karar ağaçları bankalar tarafından kullanılan kredi riski ölçüm teknikleri arasındadır.

Kredi riski kavramının yıllar içinde değişmesi ile kredi derecelerindeki aşağı yönlü kaymalar ve kredi marjı değişimleri de kayıpların tanımına dahil edilmiştir. Bu değişim, risk ölçümlerinde

kullanılan geleneksel yöntemlerin yetersiz kalmasına neden olmuştur. Bu çerçevede piyasalarda işlem gören finansal enstrümanların fiyat ve getirilerinden çıkarım yaparak kredi riskini hesaplamaya çalışan yeni yöntemler ortaya çıkmıştır. Piyasa yaklaşımını esas alan yeni yöntemler arasında Merton tabanlı modeller, tarihsel temerrüt oranı ve sermayenin risk ayarlı getirisi yaklaşımları yer almaktadır. Merton tabanlı modeller, temerrüt olasılığının belirlenmesinde opsiyonlar ile krediler arasındaki benzerlikten hareketle geliştirilen yapısal modellerdir. Bu modeller, temerrüt durumunu şirketin aktif değerinin belirli bir eşik seviyenin altına düştüğünde gerçekleşeceğini varsaymakta ve firmaların sermaye yapısı, güncel varlık değerleri ve varlık getirisi volatilitelerini kullanmaktadır. Modelin eksik yönleri arasında firma varlıklarının piyasa değerinin ve volatilitelerinin doğrudan belirlenmesindeki zorluklar ve temerrüt olayının sadece vade sonunda gerçekleşmesi gibi sorunlar sıralanabilir.

Tarihsel temerrüt oranı yaklaşımı, benzer özellikteki bono veya kredilerin geçmiş dönem temerrüt durumlarının incelenmesine dayanmakta ve aktüeryal modellerin temelini oluşturmaktadır. Bu yaklaşımın en zayıf yönü geçmiş dönem verilerine oldukça bağımlı olmasıdır. Kredi riskini ölçmek için kullanılan piyasa verilerine dayalı diğer bir yöntem ise sermayenin risk ayarlı getirisi (RAROC) modelleridir.

Portföy kredi riskinin değerlendirilmesi ise münferit bir firmanın değerlendirilmesinden farklılaşmaktadır, bu modellerde kuruluşlar arasındaki korelasyonlardan kaynaklanan çeşitli etkiler de analizlere dahil edilmektedir. Kapsamlı portföy analizlerinin yapılması amacıyla finansal kuruluşlar tarafından üretilen uluslararası yazılımlar bulunmaktadır. Kullanılan farklı yaklaşımlar; aktif değere dayalı modeller, makroekonomik modeller, aktüeryal modeller ve indirgenmiş modeller şeklinde dört başlık altında incelenmiştir.

CreditMetrics ve Moody's KMV modelleri kuruluşların aktif değerlerine dayanmaktadır. CreditMetrics yaklaşımı kredi derecelendirme kuruluşları tarafından yayınlanan kredi geçmişi bilgilerini içeren geçiş matrislerini esas alarak, her bir finansal araç ve tüm portföy seviyesinde kredi kaynaklı riske maruz değeri (C-VAR) hesaplamaktadır. CreditMetrics yaklaşımında temel problem, kredi notu geçiş olasılıklarının ve geçiş matrisinin, içsel veya dışsal bir derecelendirme sisteminde yer alan geçmiş temerrüt verileri kullanılarak tahmin edilmesi nedeniyle geçmiş verilere olan bağımlılığıdır. Moody's KMV yaklaşımı ise Merton opsiyon fiyatlama teorisine dayanan kapsamlı bir modeldir. Moody's KMV yaklaşımının Merton modelinden farklılığı temerrüt olayının firma varlık değerinin toplam yükümlülükleri ile kısa vadeli borç değeri arasında bulunduğu durumlarda gerçekleştiği varsayımını esas almasıdır. Beklenen temerrüt sıklığının hesaplamasında ise benzer şekilde firmaların sermaye yapısı, güncel varlık değerleri ve varlık getirisi volatilitesi kullanılmaktadır. Opsiyon fiyatlamasına dayanan bu yöntem, geçmiş mali veriler yerine piyasa verilerinin kullanılması ile ileriye dönük bir yaklaşım olarak öne çıkmaktadır. Bununla birlikte, sadece halka açık şirketlere uygulanabilmesi, farklı yükümlülüklerin tamamının kapsama alınmaması ve statik bir yöntem olması gibi eksik yanları bulunmaktadır.

Portföy kredi riskinin ölçülmesinde kullanılan makroekonomik modellerin temelinde ise temerrüt durumu ve kredi değerliliği değişimleri ile makroekonomik değişkenler arasındaki güçlü ilişkinin belirlenmesi yer almaktadır. CreditPortfolio View (CPV), temerrüt ve geçiş olasılıklarının ekonomik döngüye bağımlılığını içeren kredi derecelendirme tabanlı portföy modelidir. CPV yaklaşımı,

geçiş olasılıkları ve makroekonomik değişkenleri içeren doğrudan modellerin oluşturulması ve üretilen makro şokların geçiş olasılıklarına etkisinin simülasyon analizi sürecidir. Simülasyon modellerinin kompleks yapısı uygulanabilirliğini güçleştirmektedir.

Aktüeryal modellerde ise temerrüt olasılıkları tarihsel temerrüt istatistiklerden yararlanılarak üretilmektedir. CreditRisk+ modelinde temerrüt, kayıp fonksiyonun sürekli bir değişkeni olarak değerlendirilmektedir. Geçmiş dönem temerrüt sayıları, kredi hacimleri ve temerrüt volatilitesi kullanılarak hesaplanan temerrüde düşme sıklığı ve kayıp şiddeti kullanılarak kayıp dağılımları oluşturulmaktadır. Aktüeryal modeller, belirli dönemde temerrüt ve temerrüde düşmeme gibi sadece iki durum içermeleri nedeniyle diğer modellerin aksine piyasa tabanlı yaklaşım yerine temerrüt tarzı yaklaşımı esas almaktadır.

Temerrüt olayının rastsal ve beklenmeyen bir değişken olarak modellenmesi çalışmalarını indirgenmiş modelleri ortaya çıkarmıştır. Bu modellerde, riskli borç tutarı ve kredi türev enstrümanı için dışsal bir formül üretilmekte ve finansal piyasalardaki temerrüt olasılıkları ile kredi marjı arasındaki ilişki belirlenmektedir. Bu yaklaşımlardan KPMG sistemi, kredi riski fiyatlamasında mevcut piyasa borç tutarlarını değerlendirerek net bugünkü değer yaklaşımını kullanmaktadır. Sistemde, kredi notu yükselmesinden temerrüt durumuna kadar kredinin olası bütün geçişleri değerlendirilmektedir. KRM modeli ise indirgenmiş modellerden Jarrow genelleştirme yöntemine dayanmakta ve Poisson dağılımlı bağımsız temerrüt yoğunluk sürecini kullanmaktadır.

Günümüzde, portföy kredi riskinin ölçülmesinde yararlanılan bu çeşitli yaklaşımlarda kullanılan varsayımların güçlü ve zayıf yanları üzerine tartışmalar sürmektedir. Kredi riski modellerinin büyük çoğunluğunun küresel krizde başarısızlığa uğraması, modellerin detaylı bir şekilde sorgulanarak geliştirilmesine neden olmaktadır.

### Kaynakça

- Allen L., Boudoukh J. ve Saunders A. 2004. Understanding Market, Credit, and Operational Risk – The Value At Risk Approach. UK: Blackwell Publishing Ltd.
- Allen, L., 2002. Credit Risk Modeling of Middle Markets. Zicklin School of Business, Baruch College, CUNY
- Altman, E. 1968. Financial Ratios, Discriminant Analysis and the Prediction of Corporate Bankruptcy. The Journal of Finance, Vol.23, No.4., 589-609.
- Altman, E.I. ve Saunders A. 1998, Credit risk measurement: Developments over the last 20 years. Journal of Banking and Finance 21, 1721-1742.
- Avrupa Komisyonu. 2004. Regulation of the European Parliament and of the Council Amending Regulation (EC) No 1060/2009 on Credit Rating Agencies.
- Bachmair F. F. 2016. Contingent Liabilities Risk Management: A Credit Risk Analysis Framework for Sovereign Guarantees and On-Lending. World Bank Treasury. WPS7538
- BIS, 2004. International Convergence of Capital Measurement and Capital Standard. Basel Committee on Banking Supervision
- Bluhm C., Overbeck L. ve Wagner C. 2003. An Introduction to Credit Risk Modelling. USA: Chaman&Hall/ CRC
- Brown K. ve Moles P. 2008 Credit Risk Management. Edinburgh Business School. Sayı:2/2016 (1044)

- Budak H. ve Erpolat S. 2012. Kredi Riski Tahmininde Yapay Sinir Ağları ve Lojistik Regresyon Analizi Karşılaştırılması. Online Academic Journal of Information Technology. Cilt: 3 - Sayı: 9.
- Capuano C.,Chan-Lau J.,Gasha G., Medeiros C.,Santos A.ve Souto M. 2009. Recent Advances in Credit Risk Modeling. IMF Working Paper. WP/09/162.
- alış A., Kayapınar S. ve etinyokuş T. 2015. Veri Madenciliğinde Karar Ağacı Algoritmaları ile Bilgisayar ve İnternet Güvenliği zerine Bir Uygulama. Endüstri Mühendisliği Dergisi Cilt: 25 Sayı: 3-4
- Donel. B. 2012. Yapay Sinir Ağları Yöntemi ile Kredi Skorlama. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- İskender S.E. 2014. Kredi Riski Dayanıklılığının Analizi: Türk Bankacılık Sektörü zerine Politika nerileri. Türkiye Bankalar Birliği. Yayın No: 306
- Marrison C., 2002. The Fundamentals of Risk Measurement. New York: McGraw-Hill Edition.
- Moody's Investors Service, 2004. Modeling Default Risk. Moody's KMV.
- Oktay, S. ve Temel H. 2007. Basel II Kriterleri Ekseninde Ticari Bankalarda Kredi Riski Yönetiminin Karşılaştırılmasına Yönelik Bir Saha alışması. ZK Sosyal Bilimler Dergisi, Cilt 3, Sayı 6.
- RiskMetrics Group,1997. CreditMetrics™ Technical Document. J.P. Morgan & Co.
- Saunders A. ve Allen L. 2002. Credit Risk Measurement-New Approaches to Value at Risk and Other Paradigms. 2nd Edition. USA: John Wiley & Sons.
- Saunders A. ve Cornett M.2008. Financial Institutions Management – a Risk Management Approach. 6th Edition. USA: McGraw-Hill/Irwin.
- Seval B. 2014. Kredi Derecelendirmesi. İstanbul: Sermaye Piyasası Lisanslama Sicil ve Eğitim Kuruluşu A.ř.
- Standart&Poor's Rating Services. Annual Global Corporate Default Study and Rating Transitions. 1996-2014.
- lgentrk L. 2017. The Role of Public Debt Managers in Contingent Liability Management. OECD Working Papers on Sovereign Borrowing and Public Debt Management No. 8.