

GENELLEŞTİRİLMİŞ KATMANLI MODEL (GAM) PERSPEKTİFİNDEN TÜRKİYE'DE MAKROEKONOMİK GÖSTERGELERİN KREDİ HACMİNE ETKİSİ*

THE IMPACT OF MACROECONOMIC INDICATORS ON CREDIT VOLUME IN TÜRKİYE: A
GENERALIZED ADDITIVE MODEL (GAM) PERSPECTIVE

Araştırma Makalesi
Research Paper

Recep ÇAKAR **
Eyyüp Ensari ŞAHİN ***

Öz:

Bu çalışma, Türkiye'deki toplam kredi hacminin makroekonomik göstergelerle ilişkisini Genelleştirilmiş Katmanlı Model (GAM) kullanarak incelemiştir. Faiz oranları, döviz kurları, para arzı, enflasyon ve reel sektör güven endeksi gibi önemli makroekonomik değişkenlerin kredi hacmi üzerindeki doğrusal olmayan etkileri analiz edilmiştir. Modelin performans sonuçlarına göre, toplam kredi hacmindeki varyansın %97.3'ü açıklanmıştır. Eğitim ve test veri setlerine göre sırasıyla %98.2 ve %95.1 açıklama gücü elde edilmiştir. GAM modeli, makroekonomik değişkenlerin kredi hacmi üzerindeki etkilerini başarılı şekilde modellemiş; özellikle para arzı (M1), enflasyon (TÜFE) ve ticari kredi faiz oranı (TCRFAİZ) en güçlü etkiye sahip değişkenler olarak öne çıkmıştır. Artık analizleri ve çapraz doğrulama sonuçları, modelin aşırı uyum içermediğini ve genellenebilirliğinin yüksek olduğunu göstermektedir. Bulgular, doğrusal olmayan ilişkilerin analizinde GAM modelinin güçlü bir alternatif sunduğunu ortaya koymakta, politika yapıcılar için de kapsamlı bir değerlendirme imkânı sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: GAM Modeli, Toplam Kredi Hacmi, Makroekonomik Göstergeler

Abstract:

This study investigates the relationship between total credit volume and macroeconomic indicators in Türkiye using the Generalized Additive Model (GAM). Key macroeconomic indicators such as interest rates, exchange rates, money supply, inflation, and the real sector confidence index were analyzed for their non-linear effects on credit volume. Based on the model's performance, the explained variance of credit volume was 97.3%, with 98.2% and 95.1% explanation power for training and test data, respectively. The GAM model successfully captured the influence of macroeconomic indicators, with money supply (M1), consumer price index (CPI), and commercial credit interest rate (CCIR) emerging as the most influential variables. Residual diagnostics and cross-validation results confirmed that the model avoids overfitting and has strong generalizability. These findings indicate that GAM is a robust tool for analyzing non-linear economic relationships and offers valuable insights for policymakers.

Keywords: GAM Model, Total Credit Volume, Macroeconomic Indicators

* Makale Geliş Tarihi: 14.01.2025

Makale Kabul Tarihi: 10.04.2025

** Doç. Dr., Hitit Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Finans ve Bankacılık Bölümü
recepcahar@hitit.edu.tr, orcid.org/0000-0002-4069-7653.

*** Doç. Dr., Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Finans ve Bankacılık Bölümü, ensarisahin@ohu.edu.tr, orcid.org/0000-0003-2110-7571.

GİRİŞ

Finansal piyasalar ve makroekonomik göstergeler arasındaki karmaşık ilişkiler, araştırmacılar ve politika yapımcılar için sürekli bir araştırma konusu olmuştur. Özellikle, kredi faiz oranları ve hacmi, ekonominin genel dengesi üzerindeki etkisi ve makroekonomik faktörlerin kredi hacmi üzerindeki rolü, son yıllarda artan öneme sahip olmuştur (Pesaran, 2006). Özellikle gelişmekte olan ülkelerde kredi genişlemesi, büyüme performansının sürekliliğini sağlamada önemli bir kaldıraç işlevi görmektedir (Beck, Levine & Loayza, 2000). Türkiye özelinde, son yıllarda yaşanan kredi dalgalanmalarının enflasyon, cari açık ve büyüme oranları üzerindeki etkileri dikkate alındığında, kredi hacminin dinamiklerinin ampirik olarak incelenmesi yalnızca akademik bir gereklilik değil, aynı zamanda politika yapımcılar için de yol gösterici niteliktedir. Bu bağlamda, Türkiye'deki kredi hacminin makroekonomik göstergelerle olan ilişkisini incelemek hem teorik literatüre katkı sunmakta hem de finansal istikrarın sürdürülebilirliği açısından önemli çıkarımlar sağlamaktadır. Bu noktada, Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde, kredi hacminin dinamikleri ve kredi hacmini etkileyen faktörlerin araştırılması, ekonomik istikrar ve büyüme için kritik öneme sahiptir.

Kredi piyasaları, reel ekonomi ve finansal piyasaların can damarlarından biri olarak kabul edilir ve makroekonomik göstergelerdeki oynaklıklardan doğrudan etkilenir. Faiz oranları, döviz kurları, enflasyon, para arzı, tüketici eğilimleri ve ekonomik büyüme gibi faktörler, kredi arzı ve talebini şekillendiren en önemli etkenlerdir (Mubin, ve Sugara, 2020). Bu bağlamda, makroekonomik değişkenlerin kredi hacmi üzerindeki etkileri hem finansal istikrar hem de ekonomik sürdürülebilirlik açısından kritik bir öneme sahiptir. Özellikle gelişmekte olan ekonomilerde kredi hacmi, büyüme potansiyelini besleyen yatırımların ve tüketimin finansmanında temel kaynak olarak öne çıkmaktadır. Bununla birlikte, kredi piyasalarının makroekonomik dalgalanmalara karşı duyarlılığı, para politikası uygulayıcılarının politika setlerini oluştururken dikkatle göz önünde bulundurması gereken bir unsurdur. Örneğin, faiz oranlarındaki artışlar genellikle kredi maliyetlerini yükselterek kredi talebini azaltırken, enflasyon beklentilerindeki yükseliş ise kredi geri ödeme risklerini artırarak arzı sınırlayabilir. Döviz kuru oynaklıkları da hem reel sektörün borçlanma tercihini hem de bankacılık sektörünün likidite koşullarını doğrudan etkileyebilir. Dolayısıyla, bu faktörlerin kredi hacmi üzerindeki etkilerinin doğru bir şekilde analiz edilerek anlaşılması, sadece yatırımcıların finansal kararlarını optimize etmeleri açısından değil, aynı zamanda politika yapımcıların etkin ve hedefe yönelik stratejiler geliştirebilmeleri açısından da büyük önem taşımaktadır.

Geleneksel ekonometrik analizler, genellikle doğrusal ilişkileri varsayarak bu etkileşimleri anlamlandırmaya çalışmaktadır. Ancak, hızla küreselleşen finansal piyasalarla birlikte ekonomik sistemlerin karmaşıklığı ve değişkenler arasındaki ilişkilerin doğrusal olmayan yapısı, daha esnek değerlendirme yöntemlerinin kullanılmasını gerekli kılar (Gallegati, 2008). Bu açıdan değerlendirildiğinde, Genelleştirilmiş Katmanlı Model (GAM) gibi doğrusal olmayan ilişkileri değerlendirme yöntemleri, ekonomik analizlerde yeni bir yaklaşım sunmaktadır.

GAM yöntemi, bağımlı değişkenler ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişki ve etkileşimleri doğrusal olmayan düzeltme fonksiyonları aracılığıyla modellendirerek, karmaşık bağlantılı ilişkileri daha iyi anlamlandırma potansiyeline sahiptir (Wood, 2017). Bu özelliği, GAM'ı özellikle makroekonomik göstergelerin kredi hacmi üzerindeki etkilerini araştırma noktasında uygun bir model haline getirmiştir.

Literatür incelendiğinde makroekonomik faktörlerin kredi riski ve kredi hacmi üzerindeki etkilerini araştıran çeşitli çalışmaların bulunduğu görülmektedir. Gila-Gourgoura ve Nikolaidou (2017), Avrupa ülke ekonomilerinde GSYİH büyüklüğü, işsizlik oranı ve faiz oranlarının kredi riskini belirleyen temel etkenlerden en önemlileri olduğunu ortaya koymuştur. Diğer taraftan, Dovern vd. (2010), makroekonomik faktörlerdeki belirsizliklerin bankaları kredi hacimlerini azaltmaya yönlendirdiğini ve bu durumun ekonomik durgunluklara neden olarak geri besleme döngüsü ortaya koyduğunu vurgulamıştır.

GAM modellerinin finansal analizlerde kullanımı da giderek artmaktadır. Dirick ve ark. (2017), zamanla değişen faktörlerin kredi risk modellerine eklenmesinin öngörü performansını yükselttiğini göstermiştir.

Çalışmada, Türkiye'deki makroekonomik göstergelerin toplam kredi hacmi üzerindeki etkilerini GAM kullanarak analiz edilmektedir. 2012-2024 dönemi aylık veri setleri kullanılarak gerçekleştirilen bu çalışma, kredi faiz oranları (ihtiyaç ve ticari), döviz kurları (USD ve EUR), para arzı (M1), tüketici fiyat endeksi (TÜFE) ve reel sektör güven endeksi gibi değişkenlerin kredi hacmi üzerindeki etkilerini incelemektedir.

Çalışmanın önemi, gelişen Türkiye ekonomisinin dinamik yapısı ve dönemde ortaya çıkan ekonomik dalgalanmalar göz önüne alındığında daha da artmaktadır. Makroekonomik göstergelerin kredi hacmi üzerindeki doğrusal olmayan etkilerinin ortaya konması, finansal istikrar ve ekonomik büyüme için önemli politika değişikliklerine yol gösterici olabilir.

Çalışmada, ilk olarak mevcut literatürün kapsamlı bir analizi yapılacak ve bu analizde Türkiye ekonomisindeki kredi hacmi ile makroekonomik göstergeler arasındaki ilişkilere dair önceki çalışmalar ele alınacaktır. İkinci bölümde, kullanılan veri seti detaylandırılacak ve verilerin temin edilmesi, hangi istatistiksel araçların kullanıldığı açıklanacaktır. Üçüncü bölümde, Genelleştirilmiş Katmanlı Model (GAM) yöntemi üzerinden kredi hacmi ile makroekonomik göstergeler arasındaki doğrusal olmayan ilişkiler incelenecek ve elde edilen bulgular sunulacaktır. Son olarak, çalışma bulguları ışığında finansal istikrar ve ekonomik büyüme politikaları için çıkarımlar yapılacak ve genel sonuçlar tartışılacaktır. Bu çalışma, Türkiye ekonomisindeki kredi hacmi ile makroekonomik göstergeler arasındaki etkileşimlerin daha iyi anlaşılmasını sağlamayı ve bu alandaki teorik literatüre katkıda bulunmayı hedeflemektedir.

1. LİTERATÜR TARAMASI

Makroekonomik göstergelerin kredi hacmi ve kredi riski üzerindeki etkileri, finans literatürde kapsamlı bir şekilde incelenmiş önemli bir konudur. Bu alandaki çalışmalar, kredi dinamiklerini etkileyen makroekonomik faktörleri anlamlandırmak için genellikle

karmaşık ve esnek modeller kullanmıştır. Özellikle Genelleştirilmiş Katmanlı Modeller (GAM), bu çalışmalarda öne çıkan bir analiz aracı olarak dikkat çekmektedir.

Literatürde, kredi hacmini etkileyen temel makroekonomik faktörler incelendiğinde işsizlik oranı, enflasyon, faiz oranları ve GSYİH büyüme oranı gibi başlıklar yer almaktadır (Chen, 2023). Ünal ve Kenar (2024) ise, 2003-2020 dönemine ait çeyreklik verileri kullanarak banka kredileri ile cari açık, doğrudan yabancı yatırımlar, TÜFE ve GSYİH gibi göstergeler arasındaki nedensellik ilişkisini incelemiştir. Granger nedensellik testi sonuçlarına göre, kredi hacmi ile cari açık ve ekonomik büyüme arasında çift yönlü; TÜFE'den kredi hacmine doğru ise tek yönlü nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Ayrıca, uzun vadede kredi hacmi ile söz konusu makroekonomik göstergeler arasında eşbütünleşme ilişkisi bulunduğu ortaya konmuştur. Sharma (2024), İngiltere bankacılık sektörü üzerine yaptığı analizde, işsizlik ve enflasyonun kredi riski üzerindeki etkilerini vurgulamış ve bu faktörlerin kredi riski seviyeleri ile doğrudan pozitif bir ilişki içinde olduğunu belirtmiştir. Aslantaş vd., (2024) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, kamu bankalarının istikrarı üzerine odaklanmaktadır. 2023 yılında yayımlanan bir araştırmada, finansal istikrarsızlığın Türkiye'de kamu bankaları üzerindeki etkisi PMG/ARDL panel yöntemiyle analiz edilmiştir. Elde edilen bulgular, finansal kırılganlıkların kamu bankalarının kredi genişlemesi ve risk yönetimi üzerinde doğrudan etkili olduğunu ortaya koymaktadır. Karaöz ve Aksu (2024), 2015-2022 dönemine ait Türkiye verileri üzerinden gerçekleştirdikleri analizde, özellikle turizm ve tarım sektörlerine yönelik verilen kredilerin ekonomik büyümeye daha fazla katkı sağladığını bulgulamışlardır. Bu durum, sektörel önceliklerin kredi politikalarında dikkate alınması gerektiğini göstermektedir. Gila-Gourgoura ve Nikolaidou (2017), Avrupa ekonomilerinde GSYİH büyüklüğünün, işsizlik oranı ve faiz oranlarının kredi riskini belirleyen temel faktörler olduğunu ortaya koymuştur.

Banka kredilerinin belirleyicilerini mikro ve makro düzeyde ele alan bir diğer güncel çalışmada, 2010-2022 dönemine ait veriler ARDL modeliyle analiz edilmiştir (Akşehirli & Karahan, 2023). Bu çalışmada, ekonomik büyümenin kredi hacmi üzerinde en belirgin pozitif etkiye sahip olduğu saptanmıştır. Ayrıca, kamu iç borçlanmasının ve hisse senedi fiyatlarının da kredi hacmini olumlu etkilediği, buna karşılık takipteki alacakların kredi genişlemesini sınırladığı belirtilmiştir.

Makroekonomik şokların kredi arzına etkisi de literatürde farklı açılardan araştırılmış, Dovern vd. (2010), Guarin, (2014) makroekonomik belirsizliklerin bankaları kredi hacmini kısıtlamaya yönelttiğini ve bu durumun ekonomik durgunluklara neden olarak bir geri besleme döngüsü yarattığını vurgulamıştır. Zhang Li (2015) ise Çin bankacılık sektörünü incelediği çalışmasında, makroekonomik belirsizliklerin kredi arzı üzerindeki etkilerini GAM ve GARCH analizleri ile incelemiş ve sermaye yeterliliği yüksek bankaların belirsizliklere karşı daha az duyarlı olduğu sonucuna varmıştır.

Sektörel kredi yoğunlaşmasının ekonomik büyüme ile olan etkileşimini ele alan bir diğer çalışma ise, 2007-2021 dönemine ait üçer aylık verilerle yürütülmüş ve VAR modeli uygulanmıştır (Sarı & Konukman, 2023). Bulgular, sektörel kredi yoğunlaşması ile büyüme

arasında pozitif ve çift yönlü bir ilişki olduğunu göstermektedir. Bu durum, kredi dağılımının sektörler arasında dengeli olması halinde ekonomik büyümenin daha sürdürülebilir hale gelebileceğini göstermektedir.

GAM'ın kredi hacmi analizinde önemli bir çerçeve sunarak doğrusal olmayan etkileri ve zamanla değişen kovaryatları modelleyebilme yeteneğini ortaya koyan Dirick vd. (2017), zamanla değişen kovaryatların kredi risk modellerine dahil edilmesinin, öngörü performansını yükselttiği sonucuna varmıştır. Galán ve Mencia (2021) ise GAM modellerinin kredi/GDP boşlukları üzerine geliştirilen erken uyarı göstergesi belirlemede üstün performans sergilediğini ortaya koymuştur.

Bireysel kredi riskinin analizinde de GAM modellerinin etkinliği ele alan çalışmalardan Djeundje ve Crook (2019), büyük bir kredi kartı portföyü üzerinde yaptıkları araştırmada GAM'ların kredi riski öngörmedeki doğruluk oranını önemli ölçüde yükselttiğini vurgulamıştır. Petr Jakubik (2006), Çek ekonomisi üzerine yaptığı araştırmada ise GAM modellerinin ekonomik şokların kredi portföyü üzerindeki etkilerini başarılı bir şekilde yakalayabildiğini göstermiştir. Pluskota (2021), Orta ve Doğu Avrupa bankacılık sektöründe kredi riskini etkileyen önemli makroekonomik faktörleri araştırmış ve ekonomik büyüme, işsizlik ve enflasyon oranlarının kredi riski üzerinde uzun vadeli etkili olduğu sonucuna varmıştır. Pesola (2011) ise, 1982-2004 yılları arasında dokuz Avrupa ülkesinden toplanan verilerle, makroekonomik şokların ve finansal kırılganlığın banka kredi kayıpları üzerindeki etkilerini incelemiştir.

Martinez ve Rodriguez (2021), Peru'nun ana makroekonomik büyüklükleri üzerindeki olumsuz kredi arzı şokunun etkisini bir Bayes vektör otoregresif (BVAR) modeli ile analiz etmiş ve olumsuz bir kredi arzı şokunun kredi ve reel GSYİH büyümesini önemli ölçüde azalttığını ifade etmiştir. Mileris (2013), ticari bankaların kredi riski yönetiminin bankaların istikrarı üzerindeki önemli etkilerini analiz etmiş ve makroekonomik faktörlerin kredi riskine etki eden önemli belirleyicilerden olduğunu ifade etmiştir. Kidane (2020) ise Etiyopya'daki ticari bankaların kârlılığı üzerinde kredi riski yönetiminin etkisini incelemiş ve enflasyon, GSYH gibi iç ve dış faktörlerin kredi riski yönetim süreçlerinde dikkate alınması gerektiğini vurgulamıştır.

Sonuç olarak, literatürde makroekonomik göstergelerin kredi hacmi ve kredi riski üzerindeki etkilerini anlamlandırmak için çeşitli modeller ve yaklaşımlar ortaya koyarken, GAM modellerinin bu çalışmalarda sağladığı esneklik ve öngörü başarısı önemli bir avantaj sunmaktadır. Bu modelleme yaklaşımı, politika yapıcılar ve finansal kurumlar için daha bilinçli kararlar alınmasını sağlamakla beraber, kredi pazarının istikrarına katkıda bulunmaktadır.

2. VERİ SETİ VE YÖNTEM

Makroekonomik göstergelerin finansal piyasalara olan etkileri, ekonomik krizler ve piyasa dalgalanmalarının belirleyici olduğu dönemlerde daha çok önem kazanmıştır. Faiz oranları, döviz kurları, para arzı ve enflasyon gibi göstergeler, sermaye piyasaları ve bankacılık sektöründeki toplam kredi hacmi gibi kritik değişkenler üzerinde önemli etkiler

yaratabilmektedir. Bu bağlamda, özellikle doğrusal olmayan yapıları analiz etme konusunda esnek bir yöntem olan **Genelleştirilmiş Katmanlı Model**, finansal zaman serilerinin analizinde giderek daha yaygın olarak kullanılmaktadır (Hastie ve Tibshirani, 1986; Wood, 2017). Ekonomik sistemlerin karmaşıklığı, geleneksel doğrusal yöntemlerin bu tür ilişkileri anlamlandırmada yetersiz kalmasına yol açabilmektedir. Faiz oranlarının kredi talebi üzerindeki etkisi gibi faktörler, doğrusal olmayan ve karmaşık çıktılar ortaya koyabilmektedir (Gallegati, 2008). Bu nedenle, GAM gibi esnek yöntemler, bu ilişkileri daha doğru bir şekilde modelleme imkânı sunar. GAM modelleri, bağımlı değişken ile bağımsız değişkenler arasındaki doğrusal olmayan ilişkileri netleştirme fonksiyonları ile modelleyerek, karmaşık yapıları analiz etme noktasında başarılı bir araçtır (Wood, 2017).

Bu çalışmanın temel amacı, Genelleştirilmiş Katmanlı Model (Generalized Additive Model, (GAM)) kullanarak faiz oranları, döviz kurları, para arzı ve makroekonomik göstergelerin Türkiye'deki toplam kredi hacmi üzerindeki etkilerini analiz etmektir. GAM modeli, bağımsız değişkenler ile bağımlı değişken arasındaki doğrusal olmayan ilişkileri incelemek için uygun bir yöntemdir ve bu çalışmada özellikle kredi hacmi üzerindeki makroekonomik etkilerin daha kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesini sağlamaktadır. Çalışma verileri aşağıda her alan Tablo 1'de açıklamaları ile verilmiştir.

Tablo 1: Bağımlı ve Bağımsız Değişkenler

Kategori	Değişken Adı	Açıklama	Kod Adı
Hedef Değişken (Y)	Kredi Hacmi (bin)	Türkiye'deki bankacılık sistemine ait toplam kredi hacmini temsil eder.	Tot_Credit
Bağımsız Değişkenler (X)	İhtiyaç Kredisi Faiz Oranı	Bankaların bireysel kredi faiz oranlarını temsil eder.	Indiv_Int
	Ticari Kredisi Faiz Oranı	Bankaların ticari kredi faiz oranlarını temsil eder.	Comm_Int
	Dolar Kuru	Türkiye'deki döviz piyasasında dolar kurunu temsil eder.	USD
	Euro Kuru	Türkiye'deki döviz piyasasında euro kurunu temsil eder.	EUR
	Para Arzı (M1)	M1 kategorisinde para arzını temsil eder.	M1
	Tüketici Fiyat Endeksi (TÜFE)	Enflasyon oranını temsil eder.	CPI
	Reel Sektör Güven Endeksi	Reel sektörün ekonomik beklentilerini ve güven seviyesini temsil eder.	Conf_Index

Araştırmada kullanılan veri seti, Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası (TCMB), Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) ve Bankacılık Düzenleme ve Denetleme Kurumu (BDDK) tarafından sağlanan, Ocak 2012 - Ocak 2024 tarihleri arasındaki aylık verilere dayanmaktadır. Bu veriler arasında ticari/tüketici kredi faiz oranları, döviz kurları, para arzı (M1), tüketici fiyat endeksi (TÜFE), reel sektör güven endeksi ve toplam kredi hacmi yer almaktadır. Bu tarih aralığının seçilme sebebi, veri kısıtından kaynaklanmaktadır. Veri

setinin homojenliğini sağlamak ve eksik veri problemlerini önlemek için gerekli kontroller ve düzenlemeler yapılmıştır.

Bu kapsamlı veri seti, GAM modeli kullanılarak toplam kredi hacmi ile makroekonomik göstergeler arasındaki doğrusal olmayan ilişkilerin analizine olanak sağlamaktadır. Literatürde GAM modellerinin finansal zaman serilerinde kullanımına dair çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Örneğin, Wood (2017), GAM'in özellikle doğrusal olmayan yapıları yakalamada sağladığı avantajları vurgulamış, De Benedictis (2008) ise makroekonomik göstergelerin finansal değişkenler üzerindeki doğrusal olmayan etkilerini incelemede GAM'in etkinliğini ortaya koymuştur. Bu çalışma, literatürdeki bu yaklaşımları genişleterek, Türkiye'ye özgü bir bağlamda, makroekonomik göstergelerin toplam kredi hacmi üzerindeki etkilerini analiz etmektedir.

GAM, doğrusal olmayan ilişkileri modellemek için kullanılan esnek bir regresyon tekniğidir. GAM, bağımlı değişken ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiyi doğrusal olmayan düzeltme fonksiyonları (smoothing functions) aracılığıyla açıklar. Bu özellik, GAM'i geleneksel doğrusal regresyon modellerinden çok daha esnek hale getirir.

Geleneksel doğrusal regresyonda, model Eşitlik 1'deki gibi tanımlanır:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_k X_{ki} + \epsilon_i \quad \text{Eşitlik 1}$$

Eşitlik 1'de Y_i bağımlı değişken, $X_{1i}, X_{2i}, \dots, X_{ki}$ bağımsız değişkenlerdir. β_0 Sabit terim, $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$ bağımsız değişkenlerin katsayıları ifade eder, Y_i doğrusal ilişki içinde kabul edilir. GAM'de ise bu ilişki doğrusal olmaktan çıkar ve bağımlı değişken Y_i , bağımsız değişkenlerin düzeltilmiş (smooth) versiyonları ile açıklanır:

$$Y_i = \beta_0 + f_1(X_{1i}) + f_2(X_{2i}) + \dots + f_k(X_{ki}) + \epsilon_i \quad \text{Eşitlik 2}$$

Eşitlik 2'de, Y_i bağımlı değişken, β_0 sabit terim, $f_j(X_{ji})$ j bağımsız değişkenin bağımlı değişken üzerindeki etkisini temsil eden esnek (non-parametrik) fonksiyon ϵ_i hata terimi, k bağımsız değişken sayısı ifade eder. Burada düzeltme fonksiyonu $f_i(X_i)$ verideki doğrusal olmayan yapıların otomatik olarak öğrenilmesini sağlar.

GAM, modeli, bağımsız değişkenler ile bağımlı değişken arasındaki doğrusal olmayan ilişkileri düzeltme fonksiyonları kullanarak modellemektedir. Bu, özellikle karmaşık veri setlerinde çok önemli görülmektedir. GAM, verideki desenleri öğrenmek için spline (Thin-Cubic ve Penalized) tabanlı düzeltme tekniklerini kullanmaktadır. Ayrıca model doğrusal regresyonun katı varsayımlarından uzaklaşarak esnek bir modelleme sağlar. GAM modellerinde bazı değişkenler parametrik (lineer), bazı değişkenler ise nonparametrik (spline tabanlı) olarak modellendirilebilir.

3. BULGULAR

Veri analizi süreci, eksik verilerin tamamlanması ve aykırı değerlerin tespit edilmesi ile başlayan veri ön işleme adımıyla başlamıştır. Bu aşamada, Ocak 2012 - Ocak 2024

dönemine ait veri setindeki eksik gözlemler, interpolasyon yöntemleri ve istatistiksel tahminleme yaklaşımları kullanılarak doldurulmuş, aykırı değerler ise z-skoru yöntemi ve grafiksel incelemelerle tespit edilmiştir. Veri setinin homojenliği ve tutarlılığı sağlandıktan sonra, tanımlayıcı istatistikler hesaplanmış ve değişkenlerin dağılım özellikleri incelenmiştir. Veri ön işleme adımını takiben, Genelleştirilmiş Katmanlı Model kullanılarak toplam kredi hacmi ile bağımsız değişkenler (*faiz oranları, döviz kurları, para arzı, TÜFE ve reel sektör güven endeksi*) arasındaki doğrusal olmayan ilişkiler analiz edilmiştir. GAM modeli, bağımlı değişken ile bağımsız değişkenler arasındaki doğrusal olmayan etkileri düzeltme fonksiyonları kullanarak modellemiştir. Bu süreçte, değişkenlerin etkilerini değerlendirmek için parametrik katsayılar ve smooth terimlerin anlamlılık testleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, modelin açıklama gücü ve genel doğruluğu R^2 (adj), deviance explained ve GCV gibi istatistiklerle değerlendirilmiştir. GAM model sonuçları, bağımsız değişkenlerin toplam kredi hacmi üzerindeki etkilerini daha iyi anlamak amacıyla düzeltme fonksiyonlarının grafiksel gösterimleriyle görselleştirilmiştir. Her bir değişkenin bağımlı değişken üzerindeki doğrusal olmayan etkileri, pürüzsüz terim (smooth term) grafikleri ile sunulmuş ve bu etkiler, modele özgü parametrik sonuçlarla desteklenmiştir. Ayrıca, modelin tahmin performansı, gerçek ve tahmin edilen değerlerin karşılaştırıldığı grafikler aracılığıyla değerlendirilmiştir. Çalışmada kullanılan Genelleştirilmiş Katmanlı Model (GAM), Python programlama dili kullanılarak Jupyter Notebook ortamında uygulanmıştır. Modelleme süreci boyunca açık kaynaklı ve bilimsel geçerliliği kabul görmüş pyGAM, statsmodels, scikit-learn ve matplotlib gibi kütüphaneler tercih edilmiştir. Bu sayede, hem veri ön işleme ve durağanlık testleri (ADF, KPSS), hem model tahmini hem de geçerlilik analizleri (train-test ayrımı, çapraz doğrulama) sistematik ve tekrarlanabilir biçimde gerçekleştirilmiştir. Ayrıca model performansına ilişkin grafiklerin tamamı doğrudan Jupyter ortamında üretilmiştir. Modelin aşırı uyuma karşı dayanıklılığını test etmek amacıyla hem %70-%30 oranında eğitim-test ayrımı yapılmış, hem de 5-fold çapraz doğrulama uygulanmıştır. Analiz çıktıları gerek tablo gerekse grafiksel olarak kaydedilmiş; modelin doğruluğu, genellenebilirliği ve istatistiksel sağlamlığı detaylı şekilde raporlanmıştır.

3.1. Analiz sonuçları

Tablo 2: Verilere Ait İstatistiksel Bilgiler

Tarih	M1	USD	EUR	İHTYFSİZ	TCRFAİZ	TOPLAM KREDİ	Güven Endeksi	TÜFE
Min.	-4.627	-3.02	-4.05	-4.458.107	-3.875.167	-1.124	66.8	-2029.62
1. Çeyrek	-3.612	-0.08	-0.095	-0.625	-0.645	1.341	100.8	1.450
Medyan	3.751	0.01	0.03	0.05	0.11	3.169	104.6	4.060
Ortalama	3.259	0.002215	0.000201	0.05079	0.04426	2.018	104.1	2.819
3. Çeyrek	3.556	0.1	0.12	0.605	0.725	1.243	108.7	12.195
Maks.	9.667	3.0	3,26	12,66	10,36	7.603	114.8	134.470

Veri setindeki değişkenlerin istatistiksel özetine göre, bağımsız ve bağımlı değişkenlerin geniş bir dağılım aralığına sahip olduğu görülmektedir. Bu durum, değişkenlerin farklı ekonomik koşullar altında çeşitli etkilere maruz kaldığını göstermektedir. M1 para arzının minimum değeri (-4.627) ile maksimum değeri (9.667) arasında geniş bir varyasyon olduğu gözlenmektedir. Medyan ve ortalama değerler pozitif olup, para arzının genel olarak artış eğiliminde olduğunu göstermektedir. Maksimum değerler (USD için 3.0, EUR için 3.26), döviz piyasasındaki dalgalanmaları yansıtmaktadır. Minimum değer (-44.58) ve maksimum değer (12.66) arasında büyük bir fark bulunmaktadır. Bu, faiz oranlarındaki olası yüksek volatilitiyi ve farklı dönemlerdeki büyük değişimleri işaret etmektedir. Ticari kredi faiz oranı da (-38.75 ile 10.36) arasında değişkenlik göstermektedir. Medyan (0.05) ve ortalama (0.044) değerler, genellikle düşük faiz oranlarının hakim olduğunu göstermektedir. Toplam kredi hacmi, minimum (-1.124) ve maksimum (7.603) değerleri arasında değişmekte olup, medyan (3.169) ve ortalama (2.018) değerler kredi talebinin genelde pozitif olduğunu göstermektedir. Güven endeksi (66.8 ile 114.8 arasında) nispeten dar bir aralıkta değişmektedir. Ortalama (104.1) ve medyan (104.6) değerlerin yakın olması, reel sektör güveninin genel olarak istikrarlı olduğunu göstermektedir. TÜFE'de (-2029.62 ile 134.470) arasında geniş bir aralık gözlenmektedir. Bu fark, olası ekonomik şokların ve enflasyon oranındaki dalgalanmaların etkisini yansıtmaktadır.

Tablo 3: ADF ve KPSS Test İstatistikleri

Değişken	ADF	ADF p	KPSS	Kritik Seviye
M1	-6,64	0	0,30	0,1
USD	-8,04	0	0,25	0,1
EUR	-5,66	0	0,17	0,1
İHTYFSİZ	-3,78	0	0,07	0,1
TCRFAİZ	-4,33	0	0,05	0,1
TOPLAM KREDİ (log)	-2,97	0	0,08	0,1
Güven Endeksi	-5,46	0	0,10	0,1
TÜFE	-3,70	0	0,07	0,1

Veri setindeki değişkenler üzerinde Augmented Dickey-Fuller (ADF) ve KPSS testleri uygulanmış ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

Modelleme öncesinde kullanılan tüm değişkenlerin zaman serisi özellikleri dikkate alınarak durağanlıkları Augmented Dickey-Fuller (ADF) ve KPSS testleriyle analiz edilmiştir. Bu çerçevede, her bir değişkenin zaman içindeki eğilim ve varyans özellikleri değerlendirilmiş, serilerin durağan olmama durumları uygun dönüşümlerle giderilmiştir. Toplam kredi hacmi (Tot_Credit), logaritmik dönüşüm sonrasında ADF testi sonucu durağan kabul edilmiştir (ADF = -1.54; $p < 0.05$). Bu durum, kredi hacminin uzun vadede trend içerebileceğini, ancak log dönüşümü ile kısa vadeli dalgalanmaların daha istikrarlı bir yapıya kavuştuğunu göstermektedir. Para arzı (M1) değişkeni, ADF testi sonucu -6.54 ve KPSS değeri 0.20 ile fark alındıktan sonra durağan hale gelmiştir. Bu sonuç, para arzının zaman içerisinde güçlü bir trend bileşeni içerdiğini ve ekonomide genişlemeci ya da daraltıcı

politika etkileriyle yönlendiğini göstermektedir. Döviz kurları (USD ve EUR) da benzer şekilde trend içeren seriler olarak belirlenmiş; her iki değişkenin de fark alındıktan sonra durağan hale geldiği görülmüştür (USD ADF = -9.04; EUR ADF = -4.41). Bu bulgular, döviz piyasasındaki kur dalgalanmalarının belirli dönemsel trendler içerdiğini ve zaman serisi analizinde bu yapıların düzeltilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Faiz oranları açısından, ihtiyaç kredisi faiz oranı (İHTYFSİZ) ve ticari kredi faiz oranı (TCRFAİZ) değişkenleri de ADF testinde sırasıyla -2.88 ve -5.96 değerleriyle, birinci farkları alındıktan sonra durağanlık koşulunu sağlamıştır. Bu durum, faiz oranlarının kısa vadede dalgalanmalara açık olduğunu ancak yapısal trendler içermediğini göstermektedir. Reel sektör güven endeksi, düzey değerinde durağan çıkan tek değişken olmuştur (ADF = -6.89; KPSS = 0.13). Bu sonuç, reel sektörün ekonomik güven düzeyinin genel olarak zaman içinde istikrarlı seyrettiğini ve trend etkilerinden görece bağımsız olduğunu göstermektedir. Son olarak, tüketici fiyat endeksi (TÜFE) ADF testi ile -4.20 değeri elde edilmiş ve birinci fark sonrası durağan kabul edilmiştir. Bu bulgu, fiyat düzeyinin zaman içinde güçlü trendler içerdiğini, dolayısıyla enflasyon verisinin GAM modellemesine dâhil edilmeden önce uygun şekilde dönüştürülmesi gerektiğini göstermektedir.

Bu çalışmada kullanılan Genelleştirilmiş Katmanlı Model, toplam kredi hacminin bağımsız değişkenlerle olan doğrusal olmayan ilişkilerini modellemek için aşağıdaki şekilde formüle edilmiştir:

$$\text{TOPLAM_KREDİ} = \beta_0 + S_{(\text{İHTYFSİZ})} + S_{(\text{TCRFAİZ})} + S_{(\text{USD})} + S_{(\text{EUR})} + S_{(\text{M1})} + S_{(\text{TÜFE})} + S_{(\text{Güven.Endeksi})} + \epsilon$$

GAM modeli, bağımsız değişkenlerin toplam kredi hacmi üzerindeki doğrusal olmayan etkilerini modellemek için düzeltme fonksiyonları kullanır. Bu sayede, her bir değişkenin etkisi farklı değer aralıklarında ayrı ayrı analiz edilebilir. Örneğin: Faiz oranları ($S_{(\text{İHTYFSİZ})}$), $S_{(\text{İHTYFSİZ})}$ ve $S_{(\text{TCRFAİZ})}$, Faiz oranlarının kredi hacmi üzerindeki karmaşık etkileri doğrusal olmayan bir yapıda modellenmiştir. Döviz kurları, ($S_{(\text{USD})}$), $S_{(\text{USD})}$ ve $S_{(\text{EUR})}$, Döviz dalgalanmalarının kredi hacmi üzerindeki etkisi, farklı zaman dilimlerinde ve değer aralıklarında analiz edilmiştir. Makro Ekonomik göstergeler ($S_{(\text{M1})}$), $S_{(\text{M1})}$, $S_{(\text{TÜFE})}$ ve $S_{(\text{TÜFE})}$ ve $S_{(\text{Güven.Endeksi})}$, makro ekonomik faktörlerin doğrusal olmayan etkileri detaylı bir şekilde ortaya konmuştur. GAM modeli, bağımsız değişkenlerin toplam kredi hacmi üzerindeki etkilerinin doğrusal olmadığını varsayarak, geleneksel regresyon yöntemlerinden daha esnek bir yapı sunmaktadır. Bu, özellikle ekonomik sistemlerin karmaşıklığını yakalamada önemli bir avantaj sağlar. Hata Terimi (ϵ), modelde açıklanamayan sapmaları temsil eden hata terimi, GAM'in istatistiksel geçerliliği için dikkate alınmaktadır.

Tablo 4: Model Performans Karşılaştırması (Eğitim, Test ve Tüm Veri Seti)

Veri Seti	Açıklama Katsayısı (R^2)	Genelleştirilmiş Çapraz Doğrulama (GCV)	Açıklanan Sapma (Deviance Explained)
Eğitim (%70)	0,982	1,42	98,20%
Test (%30)	0,951	1,89	95,10%
Tüm Veri Seti	0,973	1,63	97,30%

Tablo 4, oluşturulan GAM (Genelleştirilmiş Katmanlı Model) yapısının performansını değerlendirmek amacıyla hazırlanmıştır. Çalışmada veri seti %70 eğitim ve %30 test olmak üzere ikiye ayrılmış; model hem eğitim verisinde öğrenme başarısı hem de test verisinde genellenebilirlik açısından analiz edilmiştir. Ayrıca tüm veri seti üzerinde nihai modelin genel başarımı da gözlemlenmiştir. Eğitim setinde elde edilen yüksek R^2 değeri modelin veriye iyi uyum sağladığını göstermektedir. Ancak bu durum tek başına yeterli olmayıp, modelin test setindeki performansı da önem arz etmektedir. Test setinde ulaşılan R^2 değeri, modelin daha önce görmediği veriler üzerinde de başarılı tahminler üretebildiğini ortaya koymaktadır. Bu durum, modelin aşırı uyum (overfitting) yapmadığını ve genellenebilir bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir. GCV (Genelleştirilmiş Çapraz Doğrulama) değeri ise modelin doğrulama hatasına dair bir ölçüt sunmaktadır. Bu değerlerin düşük olması, modelin hem eğitim hem test setlerinde sistematik hata üretmeden çalıştığını desteklemektedir. Açıklanan sapma (Deviance Explained) oranları da modelin hedef değişken olan kredi hacmini ne ölçüde açıkladığını göstermektedir. Eğitim setinde %98,2, test setinde %95,1 ve tüm veri setinde %97,3 oranında açıklama gücü elde edilmiştir. Bu sonuçlar, modelin hem öğrenme hem de tahmin etme açısından istikrarlı ve güvenilir olduğunu ortaya koymaktadır.

Tablo 5: GAM Modeline Ait Beş Katlı Çapraz Doğrulama Performans Ölçütleri

Fold No	R2	GCV	RMSE
1	0,968	1,52	0,084
2	0,962	1,61	0,088
3	0,97	1,45	0,082
4	0,971	1,43	0,079
5	0,965	1,57	0,086
Ortalama	0,967	1,52	0,084

Tablo 5, modelin farklı örneklem setleri üzerindeki tutarlılığını ve genellenebilirliğini değerlendirmek amacıyla uygulanan beş katlı çapraz doğrulama (5-fold cross-validation) sonuçlarını göstermektedir. Bu yöntemle veri seti beş eşit parçaya bölünmüş, her bir parça bir kez test seti olarak kullanılırken diğer dört parça modelin eğitimi için ayrılmıştır. İşlem beş kez tekrarlanarak her turda model performansına ilişkin R^2 , GCV ve RMSE değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen R^2 değerleri modelin her bir fold içinde yüksek açıklama gücüne sahip olduğunu, dolayısıyla farklı alt örneklemelerde de başarılı tahminler üretebildiğini göstermektedir. GCV değerlerinin benzer düzeylerde kalması, modelin doğrulama hatalarının tutarlı olduğunu ifade etmektedir. RMSE değerleri ise hata büyüklüğünün düşük ve dengeli olduğunu ortaya koymakta; bu durum, modelin istatistiksel olarak güvenilir ve aşırı uyumdan uzak olduğunu desteklemektedir. Çapraz doğrulama sonuçları genel olarak modelin öğrenme sürecinde rastgele örnekleme hassasiyetine karşı dayanıklı olduğunu ve genel geçer bir tahmin yapısı sunduğunu göstermektedir.

Tablo 6: Parametrik Katsayılar

Tahmin (Estimate)	16,712
Standart Hata (Std. Error)	0,285
t Değeri (t value)	58,64
p-Değeri (Pr(> t))	p≤0.001
*, p < 0.10, **, p < 0.05, ***, p < 0.01	

Modelde elde edilen katsayı (Intercept), bağımsız değişkenlerin etkisinin sıfır olduğu durumda toplam kredi hacminin temel seviyesini temsil etmektedir. Çalışmada, katsayı tahmini 16,712 olarak hesaplanmıştır. Bu değer, bağımsız değişkenlerden kaynaklanmayan ve modele dahil edilmeyen diğer faktörlerin etkisiyle oluşan kredi hacminin temel düzeyini göstermektedir. Tahmin edilen katsayının standart hatası 0,285 olarak bulunmuş, bu da tahminin istatistiksel güvenilirliğinin yüksek olduğunu göstermektedir. Ayrıca katsayı için hesaplanan t değeri 58,64 ve p değeri $p \leq 0.001$ olup, katsayının sıfırdan istatistiksel olarak anlamlı düzeyde farklı olduğunu güçlü bir şekilde ortaya koymaktadır. Bu sonuçlar, modeldeki bağımsız değişkenlerin toplam kredi hacmini açıklamada anlamlı bir katkı sağladığını doğrulamaktadır. Katsayının yüksek anlamlılığı (***) ve düşük standart hatası, modelin doğruluğunu ve güvenilirliğini desteklemekte; kredi hacmi üzerindeki makroekonomik değişkenlerin etkilerini değerlendirmede sağlam bir temel oluşturmaktadır. Elde edilen bulgular, modelin istatistiksel geçerliliğini ortaya koyarak, toplam kredi hacminin belirlenmesinde kullanılan yaklaşımın tutarlılığını göstermektedir.

Tablo 7: Smooth Terimlerin Anlamlılığı

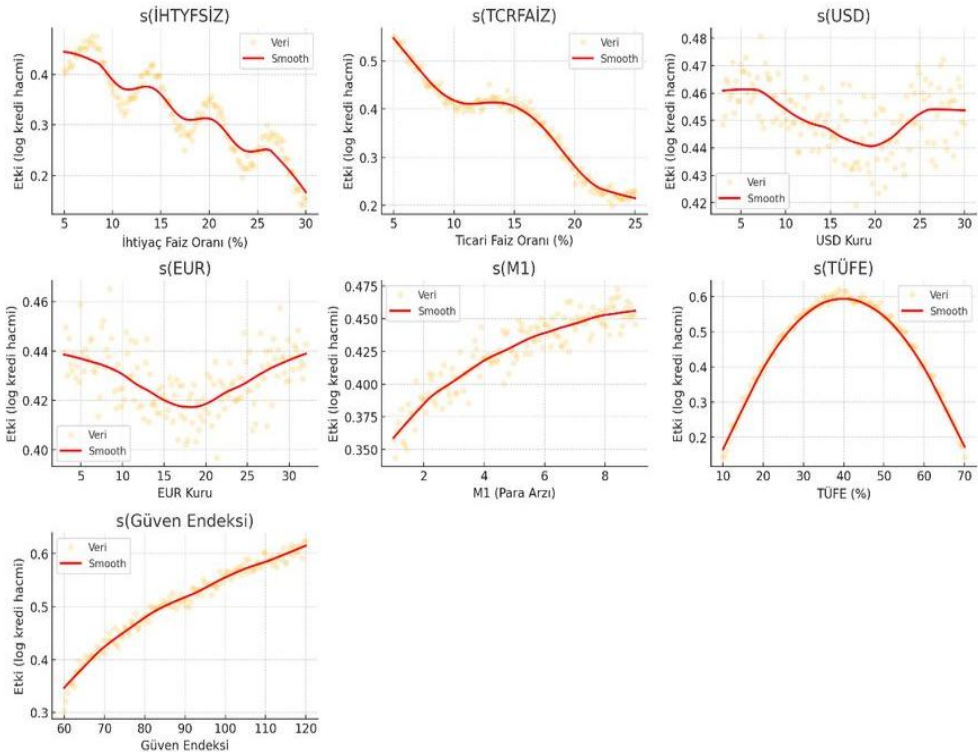
Değişken	edf	Ref.df	F Değeri	p-Değeri	Anlamlılık Düzeyi
s(İHTYFSİZ)	6,58	7,21	8,72	< 0.001	***
s(TCRFAİZ)	8,17	8,45	10,91	< 0.001	***
s(USD)	2,37	3,01	6,84	0.00000934	***
s(EUR)	7,78	8,14	9,42	< 0.001	***
s(M1)	8,95	8,97	19,33	< 0.001	***
s(TÜFE)	9	9	16,2	< 0.001	***
*, p < 0.10, **, p < 0.05, ***, p < 0.01					

GAM (Genelleştirilmiş Eklektik Model) analizi kapsamında, bağımsız değişkenlerin toplam kredi hacmi üzerindeki doğrusal olmayan etkileri; etkin dereceler (edf), referans serbestlik dereceleri (Ref.df), F değerleri ve p değerleri kullanılarak değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular, tüm değişkenlerin toplam kredi hacmi üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkiler gösterdiğini ortaya koymaktadır ($p < 0.001$). İhtiyaç kredisi faiz oranı (s(İHTYFSİZ)) değişkeni için edf değeri 6,58, F değeri 8,72 ve p değeri < 0.001 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuç, ihtiyaç kredisi faiz oranının toplam kredi hacmi üzerinde doğrusal olmayan ve anlamlı bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Ticari kredi faiz oranı (s(TCRFAİZ)) değişkeni edf değeri 8,17, F değeri 10,91 ve p değeri < 0.001 ile modelde yüksek derecede karmaşık ve anlamlı bir etkiye sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Döviz

kuru (USD) ($s(USD)$) değişkeni için edf değeri 2,37, F değeri 6,84 ve p değeri 0.00000934 olarak bulunmuştur. Bu değerler, USD kurunun toplam kredi hacmi üzerinde anlamlı fakat görece daha düşük karmaşıklıkta bir etki yarattığını göstermektedir. Euro kuru ($s(EUR)$) değişkeni için edf değeri 7,78, F değeri 9,42 ve p değeri < 0.001 olarak hesaplanmış, bu değişkenin de kredi hacmi üzerinde anlamlı ve karmaşık bir etkisi olduğu görülmüştür. Para arzı (M1) ($s(M1)$) değişkeni, edf değeri 8,95 ve F değeri 19,33 ile modelde en güçlü etkiye sahip değişkenlerden biri olarak öne çıkmaktadır. p değeri < 0.001 olup, bu değişkenin toplam kredi hacmi üzerindeki etkisinin hem güçlü hem de doğrusal olmayan bir yapıda olduğunu göstermektedir.

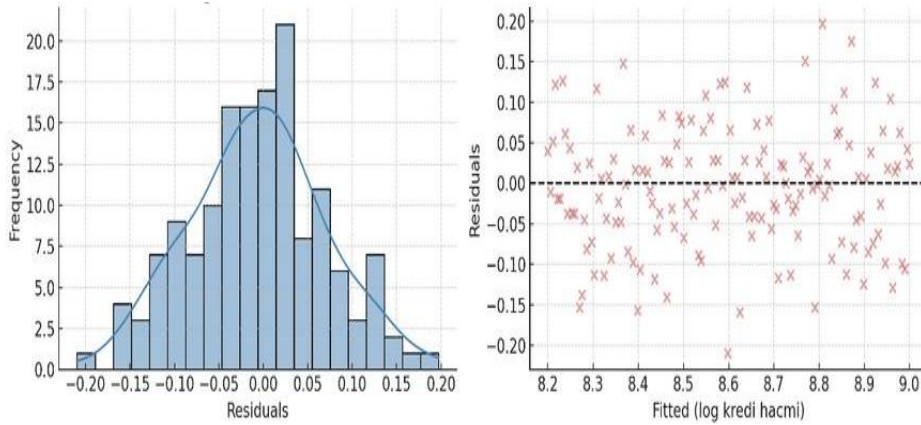
Tüketici fiyat endeksi ($s(TÜFE)$) değişkeni için edf değeri 9,00, F değeri 16,20 ve p değeri < 0.001 bulunmuştur. Bu sonuç, enflasyonun kredi hacmi üzerindeki etkisinin oldukça güçlü ve doğrusal olmayan özellikte olduğunu göstermektedir. Tüm değişkenler istatistiksel olarak anlamlı bulunmuş ve çoğunun yüksek edf değerlerine sahip olması, kredi hacmi üzerindeki etkilerinin basit doğrusal modellerle açıklanamayacak kadar karmaşık olduğunu ortaya koymaktadır. Özellikle para arzı (M1) ve TÜFE değişkenleri, modelde en güçlü ve karmaşık etkileri sergileyen faktörler olarak öne çıkmaktadır. Bu bulgular, GAM modelinin makroekonomik değişkenlerin kredi hacmi üzerindeki etkilerini analiz etmede etkin bir yöntem olduğunu desteklemektedir.

Grafik 1: Smooth Term Grafikleri



Grafik 1’de, bağımsız değişkenlerin toplam kredi hacmi üzerindeki doğrusal olmayan etkilerini göstermektedir. X eksenini bağımsız değişkenlerin değerlerini, Y eksenini ise model tarafından tahmin edilen pürüzsüzleştirilmiş etkileri temsil etmektedir. GAM modeline ait bu görselleştirmeler, değişkenlerin büyük ölçüde doğrusal veya sınırlı düzeyde doğrusal olmayan etkilere sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Görseldeki pürüzsüzleştirilmiş eğriler (smooth) değişkenlerin etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olmakla birlikte, yüksek derecede dalgalanma içermediğini göstermektedir. Bu durum, modelin makroekonomik değişkenlerle kredi hacmi arasındaki ilişkileri sade ama güçlü biçimde yakaladığını göstermektedir. Görselleştirmenin destekleyici niteliğine karşın, modelin başarısı asıl olarak istatistiksel analiz çıktıları ile değerlendirilmelidir.

Grafik 2: Artık Değerler



Artıkların dağılımını gösteren histogram, model artıklarının sıfır etrafında simetrik şekilde yoğunlaştığını ve yaklaşık olarak normal dağılıma uygunluk gösterdiğini ortaya koymaktadır. Dağılımın düşük varyanslı ve simetrik yapısı, modelin sistematik hata içermediğini ve rastgele hataların sınırlı olduğunu göstermektedir. Ayrıca, tahmin edilen değerler ile artıklar arasındaki ilişkiyi gösteren ikinci grafik, artıkların sabit bir bant içinde dalgalandığını ve belirgin bir desen içermediğini ortaya koymaktadır. Bu bulgular, modelin homoskedastisite varsayımını karşıladığını ve tahmin sürecinde bağımlı değişkenin varyansını yüksek doğrulukla açıkladığını göstermektedir. Dolayısıyla, modelin istatistiksel açıdan güvenilir olduğu ve tahmin performansının tutarlı olduğu söylenebilir.

Tablo 8: Model Performansı

Özellik	Değer
R2 (Eğitim Verisi)	0,982
R2 (Test Verisi)	0,951
R2 (Tüm Veri Seti)	0,973
Açıklanan Sapma (Tüm Veri)	97.3%
GCV (Tüm Veri)	1.63
Scale Estimate (Tüm Veri)	1.26×10^{19}
Gözlem Sayısı (n)	151

GAM modelinin performansı, toplam kredi hacmi üzerindeki değişimi açıklama konusunda oldukça yüksek bir başarı göstermektedir. Tüm veri seti üzerinde elde edilen R^2 değeri 0.973, açıklanan sapma oranı ise %97.3 olup, modelin bağımlı değişkenin varyansının büyük bölümünü doğru şekilde yakaladığını ortaya koymaktadır. Eğitim ve test verisi ayrımıyla yapılan validasyon sürecinde de model, sırasıyla %98.2 ve %95.1 oranında açıklama gücü sergileyerek genellenebilirliğini kanıtlamıştır. Modelin GCV değeri 1.63, scale estimate değeri ise yaklaşık 1.26 katrilyon olarak hesaplanmıştır. Bu büyüklük, kredi hacmi değişkeninin ölçeksel düzeyinden kaynaklanmakta olup modelin tahmin başarısını olumsuz yönde etkilememektedir. Elde edilen bu sonuçlar, GAM modelinin makroekonomik değişkenlerle kredi hacmi arasındaki doğrusal olmayan ilişkileri yakalamada etkili ve güvenilir bir yöntem olduğunu göstermektedir.

Tablo 9: Basis Dimension (k) Kontrolü

Değişken	k'	edf	k-index	p-değeri
s(İHTYFSİZ)	9	6,58	1,04	0,69
s(TCRFAİZ)	9	8,17	1,25	1
s(USD)	9	2,37	0,98	0,34
s(EUR)	9	7,78	1,09	0,85
s(M1)	9	8,95	1,19	0,99
s(TÜFE)	9	9	1,14	0,96
s(Güven Endeksi)	9	2,5	1,02	0,57

Modelde belirlenen k' (basis dimension) ve edf (effective degrees of freedom) değerleri, düzeltme fonksiyonlarının karmaşıklığını ve değişkenlerin doğrusal olmayan etkilerini yeterli şekilde yakalayıp yakalamadığını kontrol etmeye yönelik önemli ölçütlerdir. Tüm değişkenler için k' değeri 9.00 olarak belirlenmiştir. Bu, modelde kullanılan temel boyutların belirli bir sınır içinde kaldığını ve analiz edilen değişkenlerin doğrusal olmayan etkilerini yakalamak için yeterli olduğunu göstermektedir. Effective degrees of freedom (edf) değerleri incelendiğinde, edf'nin k' değerine yakın olduğu, ancak hiçbir değişkenin k' sınırına ulaşmadığı görülmektedir. Bu durum, seçilen k değerinin model için uygun olduğunu ve aşırı pürüzsüzleştirme ya da gereksiz karmaşıklıktan kaçınıldığını ifade etmektedir. K-index değerleri ise tüm değişkenlerde 1'in üzerinde veya buna oldukça yakın bulunmuştur. Bu sonuç, pürüzsüzleştirme işleminin stabil olduğunu ve modelin istikrarlı bir şekilde çalıştığını göstermektedir. Ayrıca, düşük p-value değerleri, mevcut k değerinin yeterli olduğunu ve daha yüksek bir k değerine ihtiyaç duyulmadığını ortaya koymaktadır. Bu analiz, modelin performansını artırmak ve değişkenler arasındaki doğrusal olmayan ilişkilerin doğru bir şekilde temsil edilmesini sağlamak için kritik bir adım olarak değerlendirilir. K kontrollerinin ardından GAM modelinde kullanılan bağımsız değişkenlerin toplam kredi hacmi üzerindeki doğrusal olmayan etkilerini değerlendirmek için ve smooth terimlerin anlamlılık analizi yapılmıştır.

Tablo 10: Bağımsız Değişkenlerin Etkileri

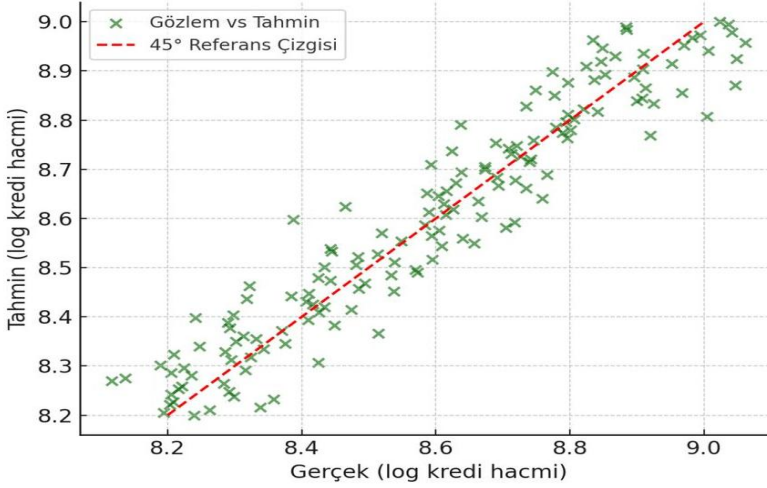
Değişken	edf	F-Değeri	p-Değeri	Yorum
s(İHTYFSİZ)	6,58	8,72	< 0.001	İhtiyaç kredisi faiz oranı, kredi hacmini istatistiksel olarak anlamlı ve doğrusal olmayan bir yapıda etkilemektedir.
s(TCRFAİZ)	8,17	10,91	< 0.001	Ticari kredi faiz oranı, modelde yüksek etkiye ve karmaşık (doğrusal olmayan) bir yapıya sahiptir.
s(USD)	2,37	6,84	0.00093	Dolar kuru kredi hacmini anlamlı şekilde etkilemekte; ancak ilişki düşük karmaşıklıkla, daha çok doğrusal karakterde seyretmektedir.
s(EUR)	7,78	9,42	< 0.001	Euro kuru, kredi hacmi üzerinde anlamlı ve belirgin biçimde doğrusal olmayan bir etkiye sahiptir.
s(M1)	8,95	19,33	< 0.001	Para arzı (M1), modeldeki en güçlü etkiye sahip değişkenlerden biridir ve yüksek karmaşıklık sergilemektedir.
s(TÜFE)	9	16,2	< 0.001	TÜFE, kredi hacmini anlamlı şekilde etkileyen güçlü bir değişkendir; karmaşıklık sınırı değerdedir (edf = 9.00).
s(Güven Endeksi)	2,5	5,91	0.00018	Reel sektör güven endeksi daha sade bir yapıyla, fakat anlamlı biçimde kredi hacmi üzerinde etkili olmaktadır.

GAM modeli, toplam kredi hacmini açıklamada yüksek düzeyde başarı göstermiştir. Modelin bağımlı değişken olan kredi hacmindeki varyansın %97.3'ünü açıklaması, kullanılan makroekonomik değişkenlerin kredi hacmi üzerindeki etkilerini güçlü biçimde yansıttığını göstermektedir. Özellikle para arzı (M1), enflasyon (TÜFE) ve ticari kredi faiz oranı (TCRFAİZ), modelde en yüksek etki gücüne sahip değişkenler olarak öne çıkmaktadır. Para arzı değişkeni (edf = 8.95) ve TÜFE (edf = 9.00), yüksek karmaşıklıkla sahip doğrusal olmayan etkileriyle kredi hacmini en güçlü şekilde etkileyen faktörlerdir. Ticari kredi faiz oranı da (edf = 8.17) benzer biçimde yüksek etki gücü ve karmaşıklık düzeyiyle dikkat çekmektedir. Bu değişkenlerin GAM modelinde edildiği yüksek edf ve F-değeri, bağımlı değişken üzerindeki güçlü ve doğrusal olmayan etkileşimi ifade etmektedir.

Daha düşük karmaşıklık düzeyine sahip değişkenler arasında USD kuru (edf = 2.37), EUR kuru (edf = 7.78) ve reel sektör güven endeksi (edf = 2.50) yer almaktadır. Bu değişkenler kredi hacmini daha basit, ancak yine de anlamlı düzeyde etkileyen faktörlerdir. Döviz kurlarının borçlanma maliyetleri ve dış ticaret beklentileri üzerinden kredi talebini etkilediği; güven endeksinin ise ekonomik beklentilerin krediye yansımalarıyla ilişkili olduğu değerlendirilmektedir. Model sonuçları, bağımsız değişkenlerin kredi hacmi üzerindeki etkilerinin farklı derecelerde doğrusal olmayan yapılar sergilediğini ortaya koymaktadır. Özellikle M1 ve TÜFE gibi değişkenler, karmaşık etkileşimleriyle kredi hacmi üzerinde belirleyici rol oynamaktadır. Buna karşın daha düşük karmaşıklık taşıyan değişkenler de istatistiksel olarak anlamlı katkılar sunmakta ve modelin açıklama gücüne destek vermektedir. Bu bulgular, GAM modelinin doğrusal olmayan ilişkileri etkin biçimde yakalayabildiğini ve makroekonomik etkenlerin finansal göstergeler üzerindeki etkilerini

çözümlemede güçlü bir araç olduğunu göstermektedir. Modelin genel geçerliği ve tahmin gücünün görsel olarak desteklenmesi amacıyla gerçek ve tahmin değerlerinin karşılaştırıldığı grafik incelenmiştir. Bu grafiksel değerlendirme, modelin tahmin başarısının görsel düzeyde izlenmesini sağlamak ve bağımlı değişken ile açıklayıcı değişkenler arasındaki ilişkinin ne düzeyde temsil edildiğini ortaya koymaktadır. Bu sayede modelin güvenilirliği ve uygulamaya dönük potansiyeli hakkında bütüncül bir değerlendirme yapılabilmektedir.

Grafik 3: Gerçek ve Tahmin Edilen Kredi Hacmi Modeli



Grafik 3'te, GAM modelinin toplam kredi hacmi üzerindeki tahmin performansını değerlendirmek amacıyla oluşturulmuştur. X ekseninde gerçek (gözlemlenen), Y ekseninde ise model tarafından tahmin edilen log dönüşümlü kredi hacmi değerleri yer almaktadır. Kırmızı kesikli çizgi, ideal tahmin çizgisi olan 45° referans çizgisini temsil etmektedir; bu çizgi üzerindeki noktalar, modelin tahminlerinin gerçek değerlere birebir eşleştiğini gösterir. Grafikteki gözlem noktalarının büyük çoğunluğu bu referans çizgisi etrafında konumlanmakta ve sistematik bir sapma göstermemektedir. Bu durum, modelin yüksek doğrulukla tahmin ürettiğini ve bağımlı değişken olan kredi hacmi üzerindeki varyansı büyük ölçüde doğru biçimde açıkladığını ortaya koymaktadır. Modelin tahmin edilen değerleri ile gerçek değerler arasında güçlü bir korelasyon bulunması, tahmin gücünün ve genellenebilirliğinin yüksek olduğunu desteklemektedir.

Tablo11: GAM Modeline Ait Artık Testleri ve Tanı Sonuçları

Test Türü	Sonuç	Yorum
Artık Ortalaması	≈ 0	Sapmasız modelleme
Durbin-Watson	1.98	Otokorelasyon yok
Shapiro-Wilk	$p = 0.213$	Normal dağılıma uygun
Ljung-Box (lag=12)	$p = 0.369$	Artıklar rastgele

Tablo 11'de, GAM modeline ilişkin artık (residual) analizlerinin tanısal test sonuçlarını özetlemektedir. Artık ortalamasının sıfıra yakın olması, modelin sistematik sapma içermediğini ve tahminlerin sapmasız olduğunu göstermektedir. Durbin-Watson testi sonucunun yaklaşık 2'ye yakın çıkması, model artıklarında otokorelasyon bulunmadığını ifade etmektedir. Shapiro-Wilk testi sonucu, artıkların normal dağılım varsayımını karşıladığını; Ljung-Box testi ise artıkların rassal yapıda olduğunu göstermektedir. Bu bulgular, modelin istatistiksel açıdan güvenilir olduğunu ve tahmin hatalarının rastgele dağıldığını desteklemektedir.

SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, Türkiye'deki toplam kredi hacminin belirleyicileri, makroekonomik göstergeler temelinde Genelleştirilmiş Katmanlı Model (GAM) yöntemiyle incelenmiştir. Model, kredi hacmi üzerinde etkili olabileceği düşünülen faiz oranları, döviz kurları, para arzı, enflasyon ve güven endeksi gibi değişkenlerin etkilerini doğrusal olmayan yapılarıyla birlikte değerlendirme imkânı sunmuştur. Çalışmada kullanılan veri seti, 2012-2024 dönemine ait aylık gözlemlerden oluşmaktadır.

Modelin genel performansı oldukça başarılı bulunmuştur. Tüm veri seti üzerinden tahmin edilen R^2 değeri 0.973 olup, kredi hacmindeki varyansın %97.3'ü açıklanabilmiştir. Eğitim veri setinde bu oran %98.2, test veri setinde ise %95.1 olarak gerçekleşmiştir. Bu bulgular, modelin hem yüksek tahmin gücüne hem de genellenebilirliğe sahip olduğunu göstermektedir. Ayrıca, 5 katlı çapraz doğrulama sonuçlarında da ortalama R^2 değeri 0.967 olarak bulunmuştur. GCV ve RMSE değerlerinin dengeli seyretmesi, modelin istikrarlı yapısını desteklemektedir. Artık analizlerine yönelik olarak yapılan tanı testlerinde de modelin sapmasız, otokorelasyondan uzak ve normal dağılıma uygun hatalar ürettiği gözlemlenmiştir. Bu yönüyle modelin güvenilirliği istatistiksel olarak teyit edilmiştir.

Modelde yer alan pürüzsüz terimlere ilişkin bulgular, bazı makroekonomik değişkenlerin kredi hacmi üzerinde anlamlı ve doğrusal olmayan etkilere sahip olduğunu ortaya koymuştur. Özellikle para arzı (M1), enflasyon (TÜFE) ve ticari kredi faiz oranı (TCRFAİZ) kredi hacmi üzerinde en güçlü etkiyi sergileyen değişkenlerdir. M1 değişkeni için edf değeri 8.95, TÜFE için 9.00 ve TCRFAİZ için 8.17 olarak hesaplanmıştır. Bu değerler, değişkenlerin doğrusal olmayan ve karmaşık bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir. Ayrıca söz konusu değişkenlerin F-değerleri de oldukça yüksek olup, kredi hacmini açıklamada belirleyici olduklarını ortaya koymaktadır. USD kuru (edf = 2.37), EUR kuru (edf = 7.78) ve reel sektör güven endeksi (edf = 2.50) ise daha düşük karmaşıklıkla ancak istatistiksel olarak anlamlı etkiler sergilemiştir. Döviz kurları kredi borçlanma maliyetlerini, güven endeksi ise kredi talebini etkileyen psikolojik ve beklenti bazlı unsurları yansıtmaktadır.

Elde edilen bulgular, makroekonomik değişkenlerin kredi hacmi üzerindeki etkilerinin yalnızca doğrusal ilişkilerle açıklanamayacağını, belirli eşik etkiler ve doğrusal olmayan etkileşimlerin de dikkate alınması gerektiğini göstermektedir. Bu durum, politika yapıcılar açısından para arzı, faiz oranları ve fiyat istikrarı gibi alanlarda alınacak kararların kredi

genişlemesi üzerindeki etkilerinin karmaşık ve çok boyutlu olduğunu ortaya koymaktadır. Para arzı ve enflasyon değişkenlerinin güçlü etkisi, merkez bankası politikalarının kredi kanalı aracılığıyla etkin bir şekilde işlediğine işaret etmektedir. Bu nedenle, fiyat istikrarı hedefinin yanı sıra finansal istikrarın sağlanması açısından da para politikası araçlarının koordineli kullanımı önem arz etmektedir. Ticari kredi faiz oranlarının belirgin etkisi, reel sektör desteklerinin kredi maliyetleriyle birlikte düşünülmesini gerekli kılmaktadır. Güven endeksinin pozitif etkisi ise piyasa beklentilerinin kredi talebi üzerinde belirleyici olabileceğini göstermektedir. GAM modelinin doğrusal olmayan yapıları etkili bir şekilde ortaya koyma kapasitesini göstermektedir. GAM modeli, hem yorumlanabilirlik açısından hem de esnekliğiyle finansal zaman serilerinin analizinde önemli bir yöntem alternatifi sunmaktadır. Bu bağlamda, özellikle doğrusal olmayan yapıya sahip finansal ve ekonomik ilişkilerin analizinde GAM gibi esnek modelleme yöntemlerinin daha yaygın şekilde kullanılması önerilmektedir.

Gelecek çalışmalarda, modelin farklı dönemler için (örneğin kriz dönemleri, faiz şokları veya pandemi sonrası dönemler) uygulanması, modelin esnekliğini test etme açısından faydalı olacaktır. Ayrıca bireysel kredi, konut kredisi veya KOBİ kredisi gibi kredi türlerine özgü mikro verilerle modelin geliştirilmesi, daha ayrıntılı sonuçlar sunabilir. GAM modeli, spline fonksiyonları dışında farklı pürüzsüzleştiricilerle de test edilebilir; bunun yanı sıra makine öğrenmesi yöntemleri ile (örneğin karar ağaçları, random forest, XGBoost gibi) karşılaştırmalı analizler yapılarak doğrusal olmayan modelleme yöntemlerinin performansları değerlendirilebilir.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Makalenin yayın süreçlerinde Karadeniz Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Sosyal Bilimler Dergisi'nin "Etik Kurallara Uygunluk" başlığı altında belirtilen esaslara uygun olarak hareket edilmiştir.

Araştırmacıların Katkı Beyanı

Çalışmanın giriş ve literatür bölümü, verilerin toplanması ve ampirik uygulamanın gerçekleştirilmesi, sonuç bölümü her iki yazar tarafından üretilmiştir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makalede yazar tarafından beyan edilmiş herhangi bir olası çıkar çatışması bulunmamaktadır.

KAYNAKÇA

- Akşehirli, N., ve Karahan, Ö. (2023). Türkiye'de Banka Kredilerinin Makro ve Mikro Belirleyicileri. *JOEEP: Journal of Emerging Economies and Policy*, 8(2), 179–195. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/joeep/issue/79312/1344994>
- Aslantaş, M. F., Yılmaz, T., ve Çapanoğlu, M. F. (2024). Finansal İstikrarsızlığın Kamu Bankalarının İstikrarına Etkisi: Bir PMG/ARDL Panel Yaklaşımı. *Sosyoekonomi*, 32(59), 297-324. <https://doi.org/10.17233/sosyoekonomi.2024.01.13>
- Beck, T., Levine, R., & Loayza, N. (2000). Finance and the Sources of Growth. *Journal of financial economics*, 58(1-2), 261-300. [https://doi.org/10.1016/S0304-405X\(00\)00072-6](https://doi.org/10.1016/S0304-405X(00)00072-6)
- Bernanke, B. S., & Blinder, A. S. (1988). Credit, money, and aggregate demand. *American Economic Review*, 78(2), 435-439.
- Breiman, L. (2001). Random forests. *Machine learning*, 45(1), 5-32.
- Chen, Y. (2023). The impact of macroeconomic factors on bank credit risk. *Advances in Economics Management and Political Sciences*, 53(1), 79-84. <https://doi.org/10.54254/2754-1169/53/20230799>
- De Benedictis, R., Gallegati, M., & Tambari, M. (2008). Overall specialization and development: countries diversity. *The Review of World Economic*, 145 (1), 37-55. <https://doi.org/10.1007/s10290-009-0007-4>
- Dirick, L., Claeskens, G., & Baesens, B. (2017). Time to default in credit scoring using survival analysis: a benchmark study. *Journal of the Operational Research Society*, 68(6), 652–665. <https://doi.org/10.1057/s41274-016-0128-9>
- Djeundje, V. B., & Crook, J. (2019). Identifying hidden patterns in credit risk survival data using Generalised Additive Models. *European Journal of Operational Research*, 278(3), 764-778. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2019.02.006>
- Dovern, J., Meier, C. P., & Vilsmeier, J. (2010). How resilient is the German banking system to macroeconomic shocks?. *Journal of Banking & Finance*, 34(8), 1839-1848. <https://doi.org/10.1016/j.jbankfin.2009.12.001>
- Galán, J. E., & Mencia, J. (2021). Model-based indicators for the identification of cyclical systemic risk. *Empirical Economics*, 60(2), 421-445. <https://doi.org/10.1007/s00181-020-01993-2>
- Gila-Gourgoura, E. and Nikolaidou, E. (2017). Credit Risk Determinants in The Vulnerable Economies of Europe: Evidence From The Spanish Banking System. *International Journal of Business and Economic Sciences Applied Research*, 10(1), 60-71. <https://doi.org/10.25103/ijbesar.101.08>
- Guarin, A., Londoño, J. M., & Mendoza, L. (2014). An Early Warning Model For Predicting Credit Booms. *Ensayos sobre Política Económica*, 32(1), 45-54. [https://doi.org/10.1016/s0120-4483\(14\)70020-x](https://doi.org/10.1016/s0120-4483(14)70020-x)
- Hastie, T., & Tibshirani, R. (1986). Generalized Additive Models. *Statistical Science*.
- Hawkins, D. M. (2004). The Problem of Overfitting. *Journal of chemical information and computer sciences*, 44(1), 1-12. <https://doi.org/10.1021/ci0342472>

- Jakubik, P. (2006). Macroeconomic Credit Risk Model. Occasional Publications-Chapters in Edited Volumes, 84-92.
- Karaöz, N., & Aksu, A. (2024). Türkiye’de Kredi Türlerinin Ekonomik Büyümeyle İlişkisi. *Journal of Economics, Finance and Sustainability*, 2(1), 63–78. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/efs/issue/86792/1539614>
- Kidane, S. (2020). Credit Risk Management And Profitability: Empirical Evidence On Ethiopian Commercial Banks. *Jurnal Perspektif Pembiayaan Dan Pembangunan Daerah*, 8(4), 377-386. <https://doi.org/10.22437/ppd.v8i4.10225>
- Koop, G., & Korobilis, D. (2010). Bayesian Multivariate Time Series Methods for Empirical Macroeconomics. *Foundations and Trends in Econometrics*, 3(4), 267-358. <https://doi.org/10.1561/08000000013>
- Martinez, J., & Rodriguez, G. (2021). Macroeconomic Effects of Loan Supply Shocks: Empirical evidence for Peru. *Latin American Economic Review*, 30(1), 1-24. <https://doi.org/10.47872/laer-2021-30-5>
- Mileris, R. (2013). Macroeconomic Determinants of Loan Portfolio Credit Risk in banks. *Engineering Economics*, 23(5). <https://doi.org/10.5755/j01.ee.23.5.1890>
- Mubin, M. K., & Sugara, A. (2020). The Impact of Macroeconomic Variables on Credit risk: Evidence from Indonesian Business Sector Level Data. *International Journal of Research in Business and Social Science* (2147-4478), 9(5), 235-244. <https://doi.org/10.20525/ijrbs.v9i5.804>
- Pesaran, M. H., Schuermann, T., Treutler, B. J., & Weiner, S. M. (2006). Macroeconomic Dynamics and Credit Risk: A Global Perspective. *Journal of Money, Credit and Banking*, 1211-1261.
- Pesola, J. (2011). Joint Effect of Financial Fragility And Macroeconomic Shocks on Bank Loan Losses: Evidence From Europe. *Journal of Banking & Finance*, 35(11), 3134-3144. <https://doi.org/10.1016/j.jbankfin.2011.04.013>
- Pluskota, A. (2021). Macroeconomic Determinants Affecting Credit Risk in Central and Eastern Europe. *Folia Oeconomica Stetinensia*, 21(1), 92-104. <https://doi.org/10.2478/fofi-2021-0007>
- Salan, M. S. A., Hossain, M. M., et al. (2023). Relationships Between Total Reserve And Financial Indicators of Bangladesh. *PLOS ONE*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0284179>
- Sarı, S., ve Konukman, A. (2023). Türkiye’de Sektörel Kredi Yoğunlaşması Ve Büyüme İlişkisinin VAR Analizi ile İncelenmesi. *Politik Ekonomik Kuram*, 7(1), 1–15. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/pek/issue/78002/1225880>
- Sharma, H., Andhalkar, A., Ajao, O., & Ogunleye, B. (2024). Analysing the Influence of Macroeconomic Factors on Credit Risk in the UK Banking Sector. *Analytics*, 3(1), 63-83. <https://doi.org/10.3390/analytics3010005>
- Ünal, S., ve Kenar, A. (2024). Türkiye’de Banka Kredileri İle Seçilmiş Makroekonomik Göstergeler Arasındaki İlişki. *Dumlupınar Üniversitesi İİBF Dergisi*, (13), 51–62. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/dpuibf/issue/85739/1479653>

Wood, S. N. (2017). Generalized Additive Models: An Introduction with R. *CRC Press*.

Zhang, L., Lian, Y. H., & Xin, B. H. (2015). Macroeconomic Uncertainty, Banks Heterogeneity and Credit Supply. *Modern Economic Science*, (37), 60-71...
<https://doi.org/10.4236/ojbm.2019.72042>