

Sahibi / Owner

IQR Publishing

Editör / Editor

Assoc. Prof. Dr. Selim GÜNDÜZ

Editör Yardımcıları / Co-Editors

Dr. Dilek VEYSİKARANI

Dr. Celile Gökçe ÖZMEN

Alan Editörler Kurulu / Field Editors Board

Prof. Dr. Çağatay KORKMAZ

Assoc. Prof. Hakan DEMİRTAŞ

Prof. Dr. Murat ERİŞOĞLU

Assoc. Prof. Dr. Ömer Faruk RENÇBER

Prof. Dr. Coşkun KUŞ

Assoc. Prof. Dr. Elif TUNA

Prof. Dr. Çiğdem ARICIGİL ÇILAN

Assoc. Prof. Dr. Başak Gül AKAR

Prof. Dr. Celile ÖZÇİÇEK DÖLEKOĞLU

Assist. Prof. Dr. Shilpa DEO

Assoc. Prof. Dr. Sulagna DAS

Dil Editörü/ Language Editor

Mahmut Berkan ÇETİN

İstatistik Editörü/ Statistics Editor

Prof. Dr. Murat ERİŞOĞLU

Dergi Sekretaryası / Journal Secretariat

Havva KOCABAŞA

IQR Journal of Applied Statistics in Social Science (IQR-J) uluslararası hakemli bir dergidir. Nisan, Ağustos ve Aralık aylarında olmak üzere yılda üç kez yayınlanır. Dergide yayınlanan yazıların, her türlü bilimsel, imlâ ve hukuki sorumlulukları yazarlarına aittir. Kaynak gösterilmeden alıntı yapılamaz.

IQR Journal of Applied Statistics in Social Science (IQR-J) it is an international refereed journal. April August and December is published three times a year in the months of April, August and December. All kinds of scientific, spelling and legal responsibilities of the articles published in the journal belong to the authors. Cannot be quoted without showing the source.

Dergi Yazışma Adresi / Journal Correspondence Address

Balcalı Mah. Güney Kampüs, Çukurova Teknokent A Blok, IQR Araştırma Şirketi,
Sarıçam Adana/Türkiye

Dergi: <https://iqr-j.com/>

Dergi e-posta: info.iqrjournal@gmail.com

Danışma ve Yayın Kurulu/ Consulting and Editorial Board

Prof. Dr. Rodrigo Rosseto PESCIM, Universidade Estadual de Londrina, Brazil
Prof. Dr. Mir Masoom ALI Ball State University, USA
Prof. Dr. Ahmet ERGÜLEN, Selçuk University, Türkiye
Prof. Dr. Aşır GENÇ, Necmettin Erbakan University, Türkiye
Prof. Dr. Çiğdem ARICIGİL ÇILAN, İstanbul University, Türkiye
Assoc. Prof. Sulagna DAS, JIS University, India
Assoc. Prof. Vita SPECKAUSKIENE, Lithuanian University of Health Sciences/Kaunas-Lituania
Assoc. Prof. Alena FEDOROVA, Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
Assoc. Prof. Farrukh JAMAL, The Islamia University of Bahawalpur, Pakistan
Assoc. Prof. M. Bourguignon PEREIRA, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brazil
Assoc. Prof. Faton MEROVCI, University of Mitrovica Isa Boletini, Kosovo
Assoc. Prof. S.M.T.K. MIRMOSTAFEE, University of Mazandaran, Iran
Assoc. Prof. F.Feyza GÜNDÜZ, Adana Alparslan Türkeş Science and Technology University, Türkiye
Assoc. Prof. Nimet TÜRKER, Çukurova University, Türkiye
Assoc. Prof. Ömer Faruk RENÇBER, Gaziantep University, Türkiye
Assoc. Prof. Sibel ÖRK ÖZEL, Çukurova University, Türkiye
Assoc. Prof. Tuğba SÖKÜT AÇAR, Çanakkale On Sekiz Mart University, Türkiye
Assist. Prof. Shilpa DEO, DES Pune University, India
Assist. Prof. Dr. Jude KONG, York University, Canada

İçindekiler / Contents

Poisson Bilal-Geometric Distribution: Properties and Applications	5
<i>Poisson Bilal-Geometrik Dağılım: Özellikleri ve Uygulamaları</i>	
<i>Tenzile ERBAYRAM, Yunus AKDOĞAN</i>	
Kümeleme Algoritmaları ile Yükseköğretim Kurumlarının Yabancı Uyraklı Öğrenci Memnuniyetleri Açısından İncelenmesi	17
<i>Analysis of Higher Education Institutions in Terms of International Student Satisfaction Using Clustering Algorithms</i>	
<i>Tuğba SÖKÜT AÇAR, Sinem KALYONCU</i>	
Türkiye’yi Ziyaret Eden Turistlerin Geliş Nedenlerinin Belirleyicileri	26
<i>Determinants of Tourists’ Reasons for Visiting Turkey</i>	
<i>Saadet ZÜMRÜT CÖMERT, Seda ŞENGÜL</i>	
Enerji Tüketiminin Simülasyonu ve Kontrolü İçin Kesikli Üretim Modeli	36
<i>Multigrain Batch Production Model for Simulation and Control of Energy Consumption</i>	
<i>Abidin ORHAN, Serpil AYDIN</i>	
Türkiye’de Tüketici Güven Endeksi ve Enflasyon Arasındaki İlişki: Estar ve Fourier Estar Eşbütünleşme Testlerinden Kanıtlar	45
<i>The Relationship Between The Consumer Confidence Index and Inflation in Turkey: Evidence From Estar and Fourier Estar Cointegration Tests</i>	
<i>Zeyneb Hüsna AKBAL, Gülşah SEDEFOĞLU</i>	

Editörden

Değerli Okurlarımız,

IQR Yayınevi bünyesinde kurulan *IQR Journal of Applied Statistics in Social Science (IQR-J)* dergimizin ilk sayısı ile sizlerle buluşmanın heyecanını ve gururunu yaşıyoruz. Nisan 2025 itibarıyla yayın hayatına adım atan dergimiz, sosyal bilimler alanında uygulamalı istatistik çalışmalarını bilim dünyasına kazandırmayı amaçlayan özgün bir platform olma hedefiyle yola çıkmıştır.

Bu ilk sayının hazırlanmasında emeği geçen kıymetli editör yardımcılarımıza, alan editörlerimize, yayın ve bilim danışma kurulu üyelerimize, titiz ve tarafsız değerlendirme süreçleriyle çalışmalara nitelik kazandıran değerli hakemlerimize, dergimize katkı sunan yazarlarımıza ve teknik süreçte görev alan tüm ekip arkadaşlarımıza şahsım ve yayın kurulu adına içten teşekkürlerimi sunuyorum.

Akademik yayıncılık yolculuğumuzun ilk adımını atarken, bu sürecin uzun soluklu ve istikrarlı olacağına yürekten inanıyoruz. Her sayımızda aynı özen ve bilimsel disiplinle ilerleyerek, alanımıza değer katan çalışmalara ev sahipliği yapmaya devam edeceğiz. Yayın süreçlerinin şeffaf ve bağımsız bir hakemlik sistemiyle yürütülmesi, zaman zaman değerlendirme sürecinin uzamasına neden olabilmektedir. Bu nedenle, değerli yazarlarımızın anlayışına ve sabrına içtenlikle teşekkür ederiz.

Bu ilk sayımızda beş özgün araştırma makalesine yer verdik. Tenzile Erbayram ve Yunus Akdoğan'ın "*Poisson Bilal-Geometric Distribution: Properties and Applications*" başlıklı çalışması, Tuğba Söküt Açar ve Sinem Kalyoncu'nun "*Kümeleme Algoritmaları ile Yükseköğretim Kurumlarının Yabancı Uruklu Öğrenci Memnuniyetleri Açısından İncelenmesi*" isimli makalesi, Saadet Zümrüt Cömert ve Seda Şengül'ün "*Türkiye'yi Ziyaret Eden Turistlerin Geliş Nedenlerinin Belirleyicileri*" üzerine yaptıkları araştırma, Abidin Orhan ve Serpil Aydın'ın "*Enerji Tüketiminin Simülasyonu ve Kontrolü İçin Kesikli Üretim Modeli*" başlıklı çalışması ve Zeyneb Hüsna Akbal ile Gülşah Sedefoğlu'nun "*Türkiye'de Tüketici Güven Endeksi ve Enflasyon Arasındaki İlişki: ESTAR ve Fourier ESTAR Eşbütünleşme Testlerinden Kanıtlar*" adlı çalışması dergimizde yer alan değerli katkılardır. Titizlikle yürütülen hakemlik sürecinin ardından yayımlanan bu makalelerin, alan yazınına yenilikçi katkılar sunduğuna ve toplumsal yarar sağladığına inanıyoruz.

Bilimsel üretime katkı sunan, disiplinlerarası bakış açılarını teşvik eden ve uygulamalı istatistik temelli çalışmaları destekleyen bir yayın organı olma vizyonu ile, bir sonraki sayıda yeniden buluşmayı diliyoruz.

Saygılarımla,

Doç. Dr. Selim GÜNDÜZ

IQR Yayınevi Kurucusu

IQR-J Dergi Editörü

POISSON BILAL-GEOMETRIC DISTRIBUTION: PROPERTIES AND APPLICATIONS

Poisson Bilal-Geometrik Dağılım: Özellikleri ve Uygulamaları

Tenzile ERBAYRAM¹



Yunus AKDOĞAN²



ABSTRACT

In this study, a new discrete probability distribution called Poisson-Bilal geometric distribution is proposed by combining Poisson-Bilal distribution and geometric distribution. The proposed distribution offers an alternative approach, especially in modeling data. Basic statistical properties of Poisson-Bilal geometric distribution are obtained analytically, and parametric structure of the distribution is examined in detail. Maximum likelihood, method of proportions, least squares and weighted least squares approaches are used in parameter estimation. To evaluate the performance of estimator methods, comprehensive Monte Carlo simulations based on mean square error, mean relative error and bias measures are performed. In addition, empirical analyses are performed on two different real data sets to reveal the application potential of the distribution. These analyses evaluate the fit of the proposed model on observational data and reveal its comparative advantages with existing distributions. The findings show that Poisson-Bilal geometric distribution can be a powerful modeling tool for various discrete data structures thanks to its flexible structure. As a result, the Poisson-Bilal geometric distribution exhibits higher fitting performance compared to existing distributions, especially in modeling count data containing excessive scattering, and makes a significant contribution to the literature.

Keywords: Compounded distribution, estimation, geometric distribution, Poisson-Bilal distribution, Monte Carlo simulation.

ÖZET

Bu çalışmada, Poisson-Bilal dağılımı ile geometrik dağılımın birleştirilmesiyle Poisson-Bilal geometrik dağılımı olarak adlandırılan yeni bir kesikli olasılık dağılımı önerilmiştir. Önerilen dağılım, özellikle sayma verilerinin modellenmesinde alternatif bir yaklaşım sunmaktadır. Poisson-Bilal geometrik dağılımının temel istatistiksel özellikleri analitik olarak elde edilmiş ve dağılımın parametrik yapısı ayrıntılı biçimde incelenmiştir. Parametre tahmininde; maksimum olabilirlik, oranlar yöntemi, en küçük kareler ve ağırlıklı en küçük kareler yaklaşımları kullanılmıştır. Tahmin edici yöntemlerinin performansını değerlendirmek amacıyla, hata kareler ortalaması, ortalama göreceli hata ve bias ölçütlerine dayalı kapsamlı Monte Carlo simülasyonları gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, dağılımın uygulama potansiyelini ortaya koymak amacıyla iki farklı gerçek veri seti üzerinde ampirik analizler yapılmıştır. Bu analizler, önerilen modelin gözlemsel veriler üzerindeki uyumunu değerlendirmekte ve mevcut dağılımlarla karşılaştırmalı üstünlüklerini ortaya koymaktadır. Elde edilen bulgular, Poisson-Bilal geometrik dağılımının esnek yapısı sayesinde çeşitli kesikli veri yapıları için güçlü bir modelleme aracı olabileceğini göstermektedir. Sonuç olarak, Poisson-Bilal geometrik dağılımı, özellikle aşırı saçılma içeren sayma verilerinin modellenmesinde mevcut dağılımlara kıyasla daha yüksek uyum performansı sergilemekte ve literatüre anlamlı bir katkı sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Bileşik dağılımı, tahmin, geometrik dağılım, Poisson-Bilal dağılımı, Monte Carlo simülasyonu.

How to Cite This Article

ERBAYRAM, T. & AKDOĞAN, Y. (2025). "Poisson Bilal-Geometric Distribution: Properties and Applications" IQR Journal of Applied Statistics in Social Science (IQR-J) Vol:1, Issue:1

Arrival: 10 January 2025

Published: 19 April 2025

¹Res. Asst. Prof., Selcuk University, Faculty of Science, Department of Statistics, Konya, Türkiye. ORCID: 0000-0002-3275-120X.

² Assoc. Prof. Selcuk University, Faculty of Science, Department of Statistics, Konya, Türkiye. ORCID: 0000-0003-3520-7493.

1. INTRODUCTION

Data science, particularly in scientific research and decision support systems, relies heavily on statistical modeling. The choice of an appropriate probability distribution is crucial for accurately interpreting data and predicting future outcomes. Probability distributions are essential tools for modeling variability in datasets and characterizing random processes. In applied statistics, particularly when studying complex systems, selecting the right distribution improves model accuracy, resulting in more reliable and valid conclusions.

Recent advances have been made in developing new probability distributions by integrating continuous and discrete distributions. These hybrid models offer more flexible and comprehensive modeling capabilities by combining the strengths of different statistical models. Such innovative models address the limitations of traditional distributions, enabling more realistic and detailed data analysis.

Discrete distributions are commonly used to model the frequency of events in each time period or space. They are widely used in failure modeling, queuing theory, customer flows, and other random processes. Poisson and geometric distributions are among the most widely used in discrete data modeling. However, in some cases, both distributions may be insufficient, prompting the need for more flexible models. The Poisson-Bilal geometric (PoB-G) distribution, which combines Poisson Bilal and geometric distributions, offers a more comprehensive and accurate solution.

The PoB-G distribution integrates the strengths of both Poisson and geometric distributions, providing a more flexible modeling approach. It accounts for both event frequency and the probability of failure in each event, making it well-suited for analyzing complex processes and multidimensional events. This distribution allows for more accurate modeling of real-world systems by capturing both event occurrence and failure probabilities.

There are numerous studies in literature on the combination of continuous and discrete distributions. Several related studies have introduced similar distributions, such as the exponential geometric distribution (Adamidis and Loukas, 1998), Weibull geometric distribution (Barreto-Souza, Morais and Cordeiro 2011), Weibull-Poisson distribution (Hemmati, Khorram and Rezakhah, 2011; Lu and Shi, 2012), exponential Poisson distribution (Tahmasbi and Rezaei, 2008), exponential logarithmic distribution (Kuş, 2007), Poisson truncated beta type 2 Willmot (Willmot, 1986), Poisson generalized Gamma Sastry et al. (Sastry, et. al, 2016), and Poisson-generalized Pareto distribution Kempton (Kempton, 1975). However, discrete composite distributions formed by combining two discrete distributions have received less attention. These composite distributions are particularly important in reliability studies and the modeling of complex systems, where components follow discrete distributions. Combining these distributions can help model the lifetimes of parallel or series systems and provide valuable insights for reliability analysis.

In contrast, discrete compound distributions formed by combining two discrete distributions have received less attention in literature. These distributions are particularly important in the context of reliability and the modeling of complex systems. In reliability studies, some systems consist of components with discrete distributions (Noughabi, Rezaei Roknabadi and Mohtashami Borzadaran, 2013; Kemp, 2004). Specifically, the maximum (or minimum) distribution of N components can be derived using this combining method, which is valuable for many applications in reliability for parallel (or serial) systems. Examples of relevant studies include Akdoğan et al. (2016) on the uniform geometric distribution, Bhati and Ahmed (2021), on the uniform-negative binomial, Kuş et al. (2018) on the binomial-discrete Lindley, Aljohani et. al. (2021), uniform Poisson-Ailamujia, and Gomez Deniz (2013) on the uniform Poisson distribution.

This study introduces a new discrete distribution derived by combining a geometric distribution with a discrete Poisson Bilal distribution. This new two-parameter distribution features an increasing hazard rate function, useful for modeling real-world data. The mathematical validity of this property is established through a theorem. The paper is structured as follows: Section 2 presents the properties of the proposed

distribution, Section 3 discusses statistical inference, Section 4 includes a simulation study, and Section 5 demonstrates two applications of the model. Finally, Section 6 provides concluding remarks.

2. POISSON-BILAL GEOMETRIC DISTRIBUTION

Let $Y_1, Y_2, \dots, Y_n$ be N independent identically distributed (iid) random variables having a Poisson-Bilal distribution with the probability mass function (PMF)

$$P(Y = y) = 6\theta \left[\frac{1}{(2\theta + 1)^{y+1}} - \frac{1}{(3\theta + 1)^{y+1}} \right], y = 0, 1, 2, \dots; \theta > 0$$

and N be a geometric random variable, independent of Y , with the PMF:

$$P(N = n) = p(1 - p)^{n-1}, n = 1, 2, \dots; 0 < p < 1$$

Now, let us define a random variable as $X = \max(Y_1, Y_2, \dots, Y_n)$. Then, its corresponding PMF is obtained by

$$\begin{aligned} f_X(x) &= P(X = x) = \sum_{n=1}^{\infty} P(X \leq x | N = n) P(N = n) \\ &= \sum_{n=1}^{\infty} \left(\left(1 + \frac{2}{(3\theta+1)^{x+1}} - \frac{3}{(2\theta+1)^{x+1}} \right)^n - \left(1 + \frac{2}{(3\theta+1)^x} - \frac{3}{(2\theta+1)^x} \right)^n \right) p(1-p)^{n-1} \\ &= \frac{p \{ (6p-9)(3\theta+1)^{2x+1}(2\theta+1)^{-x} + 6(2\theta+1)^{-x}(p-1)(1-(3\theta+1)^{x+1}(2\theta+1)^{-1}) + (3\theta+1)^x(6p-8)3\theta \}}{[(3\theta+1)^{x+1}(2p-3)-2(p-1)][(3\theta+1)^x(2p-3)-2(p-1)]}. \end{aligned} \quad (1)$$

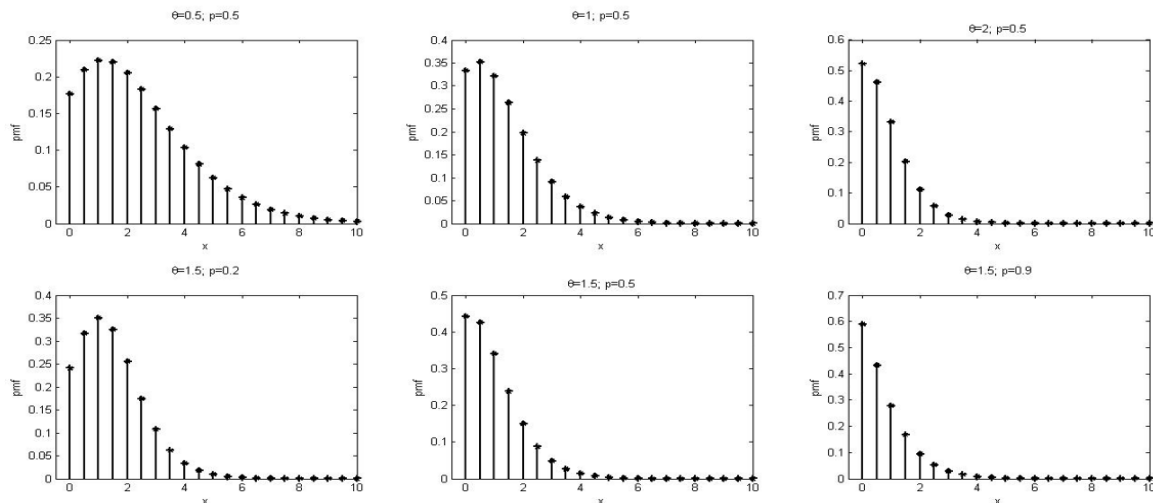


Figure 1: The PMF of PoB-G distribution for some choices of p and θ

The cumulative distribution function (CDF) of X is obtained by

$$\begin{aligned} F_X(x) &= P(X \leq x) = \sum_{n=1}^{\infty} P(X \leq x | N = n) P(N = n) \\ &= \sum_{n=1}^{\infty} \left(1 + \frac{2}{(3\theta+1)^{x+1}} - \frac{3}{(2\theta+1)^{x+1}} \right)^n p(1-p)^{n-1} \end{aligned}$$

$$= \frac{p(6\theta^2+5\theta+1)^{x+1} + p((2\theta+1)^x(2+4\theta) - (3+9\theta)(3\theta+1)^x)}{p(6\theta^2+5\theta+1)^{x+1} + (2(2\theta+1)^{x+1} - 3(3\theta+1)^{x+1})(-1+p)}, \quad (2)$$

where $x = 0, 1, 2, \dots, \theta > 0$; $0 < p < 1$. The reliability function and hazard function PoB-G distribution is given by respectively,

$$R(x) = 1 - F(x) = \frac{(3+9\theta)(3\theta+1)^x - (2+4\theta)(2\theta+1)^x}{p(6\theta^2+5\theta+1)^{x+1} + (2(2\theta+1)^{x+1} - 3(3\theta+1)^{x+1})(-1+p)} \quad (3)$$

and

$$h(x) = \frac{6((12\theta^3+16\theta^2+7\theta+1)^x(2\theta+1) - (18\theta^3+21\theta^2+8\theta+1)^x(3\theta+1))}{((2\theta+1)^x(-2+2p) - (3\theta+1)^x(3p-3) + p(6\theta^2+5\theta+1)^x)((2+4\theta)(2\theta+1)^x - (3+9\theta)(3\theta+1)^x)}. \quad (4)$$

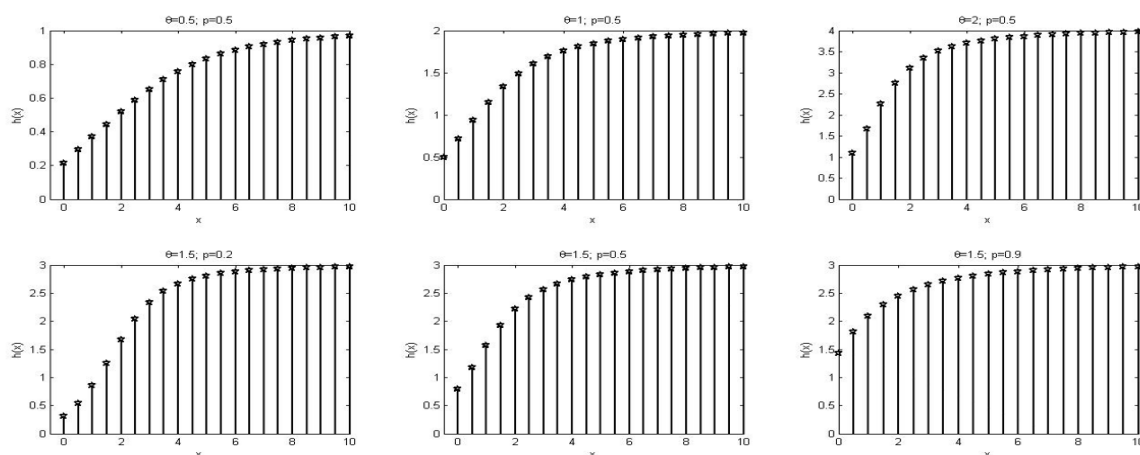


Figure 2: The hazard function of PoB-G distribution for some choices of p and θ

The moments of the obtained distribution could not be calculated analytically. This distribution is one of the rare cases where variance and other moments cannot be determined. The reason is that the sum does not converge to a finite value, meaning it extends to infinity, making the calculation of moments impossible.

3. POINT ESTIMATION

In this section, we examine four estimators for point estimation of the $PoB - G(\theta, p)$ distributions such as maximum likelihood estimation (MLE), method of proportion estimation (MPE), least square estimation (LSE), and weight least square estimation (WLSE).

3.1 Maximum Likelihood Estimation

Let $X_1, X_2, \dots, X_n$ be a random sample from $PoB - G(\theta, p)$ distribution. The likelihood function based on the complete random sample is

$$L(x_i|\theta, p) = \prod_{i=1}^n f_X(x_i|\theta, p) \\ = \prod_{i=1}^n \frac{p\{(6p-9)(3\theta+1)^{2x_i+1}(2\theta+1)^{-x_i+6}(2\theta+1)^{-x_i}(p-1)(1-(3\theta+1)^{x_i+1}(2\theta+1)^{-1})(3\theta+1)^{x_i}(6p-8)3\theta\}}{[(3\theta+1)^{x_i+1}(2p-3)-2(p-1)][(3\theta+1)^{x_i}(2p-3)-2(p-1)]}$$

and log-likelihood function

$$\ell_n(\theta, p) = \sum_{i=1}^n \log(f_X(x_i|\theta, p))$$

$$= \sum_{i=1}^n \log \left(\frac{p\{(6p-9)(3\theta+1)^{2x_i+1}(2\theta+1)^{-x_i} + 6(2\theta+1)^{-x_i}(p-1)(1-(3\theta+1)^{x_i+1}(2\theta+1)^{-1})(3\theta+1)^{x_i}(6p-8)3\theta\}}{[(3\theta+1)^{x_i+1}(2p-3)-2(p-1)][(3\theta+1)^{x_i}(2p-3)-2(p-1)]} \right) \quad (5)$$

By differentiating Equation 5 with respect to θ and p successively, the resulting derivatives are set to zero, and in this way, the MLEs of these parameters are found.

3.2 Method of Proportions Estimation

Let $X_1, X_2, \dots, X_n$ constitute a random sample from $PoB - G(\theta, p)$ distribution. Consider the indicator functions denoted $\xi(\cdot)$ and $\vartheta(\cdot)$ defined as:

$$\xi(X_i) = \begin{cases} 1, & X_i = 0 \\ 0, & X_i > 0 \end{cases}, \quad i = 1, 2, \dots, n$$

and

$$\vartheta(X_i) = \begin{cases} 1, & X_i = 1 \\ 0, & X_i > 1 \end{cases}, \quad i = 1, 2, \dots, n.$$

Then $Y = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \xi(X_i)$ denotes the proportion of zeros in the sample and estimates the probability

$$f(0) = \frac{3p(34\theta^2 + 21\theta + 3 - 24p\theta^2 - 14p\theta - 2p)}{(2\theta + 1)(-9\theta - 1 + 6p\theta)}.$$

Similarly, Z denotes the proportion of ones in the sample, and it estimates the probability

$$f(1) = \frac{3p(18p\theta^4 + 25p\theta^3 + 114p\theta^2 + 20p\theta - 258\theta^4 - 371\theta^3 - 173\theta^2 - 33\theta - 3)}{((2\theta + 1)^2(18p\theta^2 - 27\theta^2 + 12p\theta - 18\theta\theta - 1)(-9\theta - 1 + 6p\theta))}.$$

Therefore, the MPE of the parameters θ and p are acquired by simultaneously solving the following two equations:

$$\frac{3p(34\theta^2 + 21\theta + 3 - 24p\theta^2 - 14p\theta - 2p)}{(2\theta + 1)(-9\theta - 1 + 6p\theta)} = Y, \quad (6)$$

$$\frac{3p(18p\theta^4 + 25p\theta^3 + 114p\theta^2 + 20p\theta - 258\theta^4 - 371\theta^3 - 173\theta^2 - 33\theta - 3)}{((2\theta + 1)^2(18p\theta^2 - 27\theta^2 + 12p\theta - 18\theta\theta - 1)(-9\theta - 1 + 6p\theta))} = Z. \quad (7)$$

Equations 6-7 can be numerically obtained using the Newton-Raphson method.

3.3 Least Squares and Weighted Least Squares Estimation

Let $X_1, X_2, \dots, X_n$ be a random sample from $PoB - G(\theta, p)$ distribution, and $x_{1:n} < x_{2:n} < \dots < x_{n:n}$ denote the corresponding observed order statistics. The LSEs, $\hat{\theta}_{LSE}$ and $\hat{p}_{LSE}$, of θ and p are obtained by minimizing

$$Z(\theta, p) = \sum_{i=1}^n \left[F(X_{i:n}, \theta, p) - \frac{i}{n+1} \right]^2, \quad (8)$$

with respect to θ and p parameters. The WLSEs, $\hat{\theta}_{WLSE}$ and $\hat{p}_{WLSE}$, of θ and p are obtained by minimizing following equations with respect to θ and p parameters.

$$\varpi(\theta, p) = \sum_{i=1}^n \frac{(n+1)^2(n+2)}{i(n-i+1)} \left[F(X_{i:n}, \theta, p) - \frac{i}{n+1} \right]^2, \quad (9)$$

where CDF $F(\cdot)$ is given as in Equation 2.

4. SIMULATION STUDY

In this subsection, we perform a Monte Carlo simulation study. In the simulation study, mean squared error (MSE), mean relative error (MRE) and biases of estimators based on estimation methods are calculated with 5000 (N) repetitions for the sample sizes such as $n = 50, 75, 100, 150, 200, 300$, and 500. Three parameter settings are considered as follows: $(\theta = 1, p = 0.2)$, $(\theta = 1.5, p = 0.7)$, $(\theta = 0.5, p = 0.5)$. In all simulations, the samples are generated from $PoB - G(\theta, p)$ distribution. Estimation performance is assessed using averages, incorporating metrics such as Bias, MSEs, and MREs for all methods. These criteria are computed as follows:

$$\widehat{Bias}_{\delta} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\hat{\delta}_i - \delta),$$

$$\widehat{MSE}_{\delta} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\hat{\delta}_i - \delta)^2$$

and

$$\widehat{MRE}_{\delta} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{|\hat{\delta}_i - \delta|}{\delta}$$

where $\delta = (\theta, p)$, and $\hat{\delta} = (\hat{\theta}, \hat{p})$. The results have been reported in Tables 1-3.

Table 1: Simulation results of the PoB – G distribution for $\theta = 1$ and $p = 0.2$.

n		MLE	MPE	LSE	WLSE
		$\hat{\theta}_{MLE}$	$\hat{p}_{MLE}$	$\hat{\theta}_{LSE}$	$\hat{p}_{WLSE}$
50	Estimate	1.0801	0.2091	1.0525	0.2324
	MSE	0.0830	0.0117	0.1289	0.0177
	Bias	0.0801	0.0091	0.0525	0.0324
	MRE	0.2193	0.4028	0.2970	0.4991
75	Estimate	1.0558	0.2076	1.0342	0.2360
	MSE	0.0558	0.0085	0.1176	0.0171
	Bias	0.0558	0.0076	0.0342	0.0360
	MRE	0.1837	0.3464	0.2895	0.4924
100	Estimate	1.0422	0.2065	1.0386	0.2291
	MSE	0.0409	0.0065	0.1056	0.0142
	Bias	0.0422	0.0065	0.0386	0.0291
	MRE	0.1583	0.3032	0.2716	0.4540
150	Estimate	1.0349	0.2024	1.0275	0.2318
	MSE	0.0270	0.0041	0.0976	0.0151
	Bias	0.0349	0.0024	0.0275	0.0318
	MRE	0.1295	0.2489	0.2607	0.4518
200	Estimate	1.0256	0.2013	1.0239	0.2300
	MSE	0.0192	0.0030	0.0918	0.0140
	Bias	0.0256	0.0013	0.0239	0.0300
	MRE	0.1106	0.2143	0.2530	0.4346
250	Estimate	1.0216	0.2014	1.0191	0.2309
	MSE	0.0166	0.0025	0.0900	0.0137
	Bias	0.0216	0.0014	0.0191	0.0309
	MRE	0.1012	0.1948	0.2498	0.4297

300	Estimate	1.0162	0.2019	1.0204	0.2264	1.0077	0.2057	1.0074	0.2059
	MSE	0.0131	0.0020	0.0798	0.0116	0.0126	0.0022	0.0126	0.0023
	Bias	0.0162	0.0019	0.0204	0.0264	0.0077	0.0057	0.0074	0.0059
	MRE	0.0896	0.1741	0.2329	0.3937	0.0906	0.1811	0.0891	0.1794
500	Estimate	1.0155	0.1996	1.0199	0.2188	1.0099	0.2016	1.0093	0.2025
	MSE	0.0086	0.0013	0.0624	0.0086	0.0075	0.0012	0.0088	0.0014
	Bias	0.0155	-0.0004	0.0199	0.0188	0.0099	0.0016	0.0093	0.0025
	MRE	0.0728	0.1407	0.2019	0.3339	0.0682	0.1353	0.0752	0.1470

Table 2: Simulation results of the PoB – G distribution for $\theta = 1.5$ and $p = 0.7$.

n			MLE		MPE		LSE		WLSE
		$\hat{\theta}_{MLE}$	$\hat{p}_{MLE}$	$\hat{\theta}_{MPE}$	$\hat{p}_{MPE}$	$\hat{\theta}_{LSE}$	$\hat{p}_{LSE}$	$\hat{\theta}_{WLSE}$	$\hat{p}_{WLSE}$
50	Estimate	2.0515	0.5385	2.0567	0.5547	1.8434	0.5731	1.8610	0.5695
	MSE	0.8517	0.0606	1.4287	0.0561	0.2972	0.0381	0.3392	0.0394
	Bias	0.5515	-0.1615	0.5567	-0.1453	0.3434	-0.1269	0.3610	-0.1305
	MRE	0.4345	0.3026	0.4564	0.2919	0.2816	0.2378	0.2932	0.2411
75	Estimate	1.8769	0.5748	1.8858	0.5805	1.7674	0.5934	1.7533	0.5976
	MSE	0.4298	0.0467	0.5460	0.0476	0.2047	0.0314	0.1853	0.0298
	Bias	0.3769	-0.1252	0.3858	-0.1195	0.2674	-0.1066	0.2533	-0.1024
	MRE	0.3185	0.2638	0.3410	0.2700	0.2439	0.2204	0.2227	0.2075
100	Estimate	1.8009	0.5931	1.8165	0.5957	1.7173	0.6080	1.7473	0.6005
	MSE	0.2954	0.0399	0.3804	0.0421	0.1454	0.0272	0.1948	0.0302
	Bias	0.3009	-0.1069	0.3165	-0.1043	0.2173	-0.0920	0.2473	-0.0995
	MRE	0.2678	0.2401	0.2962	0.2515	0.2034	0.2028	0.2225	0.2129
150	Estimate	1.7186	0.6201	1.7595	0.6149	1.6740	0.6253	1.6988	0.6196
	MSE	0.1913	0.0309	0.2715	0.0378	0.1072	0.0217	0.1392	0.0254
	Bias	0.2186	-0.0799	0.2595	-0.0851	0.1740	-0.0747	0.1988	-0.0804
	MRE	0.2146	0.2106	0.2623	0.2388	0.1725	0.1771	0.1910	0.1902
200	Estimate	1.6701	0.6379	1.7166	0.6289	1.6592	0.6346	1.6496	0.6392
	MSE	0.1407	0.0268	0.2119	0.0339	0.1045	0.0216	0.0994	0.0218
	Bias	0.1701	-0.0621	0.2166	-0.0711	0.1592	-0.0654	0.1496	-0.0608
	MRE	0.1854	0.1941	0.2333	0.2240	0.1661	0.1743	0.1677	0.1789
250	Estimate	1.6533	0.6433	1.6872	0.6403	1.6508	0.6412	1.6427	0.6429
	MSE	0.1170	0.0237	0.1813	0.0308	0.1042	0.0212	0.0939	0.0197
	Bias	0.1533	-0.0567	0.1872	-0.0597	0.1508	-0.0588	0.1427	-0.0571
	MRE	0.1707	0.1817	0.2136	0.2112	0.1623	0.1708	0.1547	0.1653
300	Estimate	1.6273	0.6536	1.6617	0.6500	1.6335	0.6494	1.6310	0.6502
	MSE	0.0939	0.0210	0.1536	0.0285	0.0923	0.0200	0.0901	0.0197
	Bias	0.1273	-0.0464	0.1617	-0.0500	0.1335	-0.0506	0.1310	-0.0498
	MRE	0.1541	0.1705	0.1983	0.2031	0.1554	0.1686	0.1549	0.1690
500	Estimate	1.5747	0.6729	1.6046	0.6703	1.5750	0.6735	1.5882	0.6682
	MSE	0.0542	0.0150	0.1006	0.0230	0.0555	0.0154	0.0642	0.0162
	Bias	0.0747	-0.0271	0.1046	-0.0297	0.0750	-0.0265	0.0882	-0.0318
	MRE	0.1186	0.1430	0.1821	0.1821	0.1257	0.1492	0.1309	0.1516

Table 3: Simulation results of the PoB – G distribution for $\theta = 0.5$ and $p = 0.5$.

n			MLE		MPE		LSE		WLSE
		$\hat{\theta}_{MLE}$	$\hat{p}_{MLE}$	$\hat{\theta}_{MPE}$	$\hat{p}_{MPE}$	$\hat{\theta}_{LSE}$	$\hat{p}_{LSE}$	$\hat{\theta}_{WLSE}$	$\hat{p}_{WLSE}$
50	Estimate	0.5896	0.4174	0.5533	0.4788	0.6135	0.4113	0.6161	0.4099
	MSE	0.0306	0.0378	0.0275	0.0507	0.0428	0.0465	0.0457	0.0464
	Bias	0.0896	-0.0826	0.0533	-0.0212	0.1135	-0.0887	0.1161	-0.0901
	MRE	0.2519	0.3268	0.2814	0.3810	0.3066	0.3709	0.3106	0.3696
75	Estimate	0.5591	0.4475	0.5651	0.4604	0.5746	0.4466	0.5760	0.4425
	MSE	0.0174	0.0283	0.0251	0.0371	0.0253	0.0363	0.0264	0.0332
	Bias	0.0591	-0.0525	0.0651	-0.0396	0.0746	-0.0534	0.0760	-0.0575
	MRE	0.1925	0.2783	0.2617	0.3347	0.2367	0.3199	0.2306	0.3034
100	Estimate	0.5496	0.4524	0.5520	0.4813	0.5615	0.4513	0.5627	0.4514
	MSE	0.0119	0.0225	0.0228	0.0410	0.0177	0.0283	0.0182	0.0299
	Bias	0.0496	-0.0476	0.0520	-0.0187	0.0615	-0.0487	0.0627	-0.0486

	MRE	0.1629	0.2466	0.2535	0.3412	0.1981	0.2812	0.2021	0.2873
150	Estimate	0.5358	0.4624	0.5462	0.4869	0.5457	0.4575	0.5471	0.4569
	MSE	0.0075	0.0168	0.0210	0.0394	0.0108	0.0198	0.0113	0.0209
	Bias	0.0358	-0.0376	0.0462	-0.0131	0.0457	-0.0425	0.0471	-0.0431
	MRE	0.1299	0.2092	0.2434	0.3284	0.1551	0.2313	0.1594	0.2376
200	Estimate	0.5247	0.4713	0.5448	0.4866	0.5313	0.4694	0.5310	0.4701
	MSE	0.0054	0.0128	0.0199	0.0384	0.0076	0.0158	0.0077	0.0161
	Bias	0.0247	-0.0287	0.0448	-0.0134	0.0313	0.0306	0.0310	-0.0299
	MRE	0.1126	0.1849	0.2371	0.3247	0.1328	0.2053	0.1342	0.2087
250	Estimate	0.5210	0.4808	0.5418	0.4949	0.5278	0.4776	0.5277	0.4772
	MSE	0.0043	0.0122	0.0193	0.0375	0.0063	0.0150	0.0062	0.0143
	Bias	0.0210	-0.0192	0.0418	-0.0051	0.0278	-0.0224	0.0277	-0.0228
	MRE	0.1012	0.1780	0.2335	0.3213	0.1204	0.1980	0.1189	0.1946
300	Estimate	0.5199	0.4769	0.5415	0.4916	0.5254	0.4756	0.5254	0.4757
	MSE	0.0036	0.0095	0.0191	0.0359	0.0054	0.0128	0.0054	0.0129
	Bias	0.0199	-0.0231	0.0415	-0.0084	0.0254	-0.0244	0.0254	-0.0243
	MRE	0.0928	0.1590	0.2312	0.3137	0.1134	0.1845	0.1139	0.1856
500	Estimate	0.5125	0.4857	0.5369	0.4963	0.5160	0.4847	0.5162	0.4846
	MSE	0.0021	0.0062	0.0171	0.0333	0.0030	0.0081	0.0031	0.0084
	Bias	0.0125	-0.0143	0.0369	-0.0037	0.0160	-0.0153	0.0162	-0.0154
	MRE	0.0707	0.1277	0.2187	0.3005	0.0858	0.1473	0.0866	0.1487

According to the results presented in Tables 1-3, the criteria performance of different methods (MLE, MPE, LSE, WLSE) across various sample sizes ($n=50,75,100,150,200,250, 300,500$) is compared. Overall, the MLE method provided the most accurate estimates across all sample sizes. The MPE also yielded similar results, but with slightly higher error values, as indicated by metrics such as MSE, Bias, and MRE. The LSE and WLSE methods generally showed larger deviations compared to MLE and MPE, suggesting that these methods offer less accuracy in parameter estimation. Furthermore, when examining the performance metrics (MSE, Bias, and MRE), MLE consistently exhibited the lowest error and bias values, regardless of sample size. While both LSE and WLSE demonstrated higher error values, their performance improved as the sample size increased. These results indicate that MLE provides more accurate and reliable estimates, particularly demonstrating superior performance even with smaller sample sizes.

5. REAL DATA

In this section, we experimentally evaluate the flexibility of the PoB-G distribution on real datasets. To demonstrate the effectiveness and superiority of the distribution, applications on three different real datasets are given. For comparison purposes, Poisson Bilal (PoB), Poisson(P) and geometric (G) distributions are considered. To evaluate the fit of the distributions, goodness-of fit statistics such as Akaike information criterion (AIC), consistent Akaike information criterion (CAIC), Bayesian information criterion (BIC), Hannan-Quinn information criterion (HQIC) and log-likelihood ($-\ell$) are used. These statistics are defined as follows:

$$AIC = -2\ell + 2p,$$

$$BIC = -2\ell + p\log(n),$$

$$HQIC = -2\ell + 2p\log[\log(n)],$$

$$CAIC = -2\ell + \frac{2pn}{(n-p-1)},$$

Here, p represents the number of parameters of the model, and n represents the sample size. When a probability model distribution exhibits the highest p-value and the lowest values for all other goodness-of-fit metrics, including the smallest Kolmogorov-Smirnov (KS) statistic, it indicates that the model provides the best fit for the dataset. In this context, the MLE of the model parameters, along with the goodness-of-fit measures and p-values calculated for the actual dataset, are presented in detail. The fitting performance of PoB-G is compared with different distributions below:

The PoB distribution. Its PMF is

$$P(X = x) = 6\theta \left[\frac{1}{(2\theta + 1)^{x+1}} - \frac{1}{(3\theta + 1)^{x+1}} \right], x = 0, 1, 2, \dots; \theta > 0,$$

The P distribution. Its PMF is

$$P(X = x) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!}, x = 0, 1, 2, \dots; \lambda > 0.$$

The G distribution. Its PMF is

$$P(X = x) = (1 - p)^{x-1} p, \quad x = 1, 2, \dots; 0 < p < 1.$$

First dataset: This dataset contains 242 days of COVID-19 data from Singapore, recorded between 20 November 2020 and 19 July 2021. It consists of the daily reported new cases. The data is as follows: 4,4,5,12,5,18,7,5,4,6,8,5,10,2,9,3,13,5,13,12,6,6,8,8,7,5,16,12,24,9,17,19,10,29,21,13,14,10,5,5,13,27,3,0,30,33,35,24,28,31,33,23,29,42,22,17,38,45,30,24,30,14,30,40,38,15,10,48,44,14,25,34,24,58,29,29,19,18,22,25,26,24,22,11,15,12,18,9,14,9,1,11,11,14,12,11,10,4,7,10,13,12,11,12,8,23,19,9,13,13,13,6,10,8,10,8,17,12,11,9,15,15,17,12,12,13,15,17,12,23,12,21,26,34,26,43,18,10,17,24,35,21,26,32,20,25,14,27,16,34,39,23,20,14,15,24,39,23,40,45,12,23,35,24,34,39,17,17,16,18,25,20,28,19,25,16,34,52,31,49,28,38,38,41,40,29,25,36,30,26,24,30,33,25,23,18,31,45,13,18,20,14,9,4,13,9,18,13,25,14,24,27,16,21,11,16,18,22,23,20,17,14,9,10,16,10,10,7,11,13,10,12,16,10,6,8,26,26,60,48,61,68,92.

Table 4: Comparison between several distributions

	Estimate	$-\ell$	AIC	BIC	HQIC	CAIC	KS	p-value
PoB-G	(0.0605;0.3603)	927.1	1858.2	1865.2	1861.0	1858.2	0.0748	0.1335
PoB	0.0407	932.9	1867.8	1871.3	1869.2	1867.8	0.1280	0.0007
P	20.4050	1459.7	2921.5	2925.0	2922.9	2921.5	0.3231	0.0000
G	0.0468	977.7	1957.3	1960.8	1958.7	1957.3	0.2482	0.0000

According to the table, the results evaluating the fit of four different distributions with COVID-19 case data include the comparison of PoB-G, PoB, P, and G distributions. The PoB-G distribution stands out as the model that shows the best fit with the lowest KS statistics and the highest p-value. The KS value of the PoB-G distribution is 0.0748 and the p-value is 0.1335, indicating that it provides a significant fit with the data. Among the other distributions, especially the P and G distributions have higher KS statistics and very low p-values (0.0000), indicating that these distributions are incompatible with the data and show more deviation. In addition, the PoB-G distribution reaches the lowest values in terms of model evaluation criteria AIC, BIC, HQIC, and CAIC, and offers better fit and efficiency compared to other distributions. These findings reveal that the PoB-G distribution is the most appropriate distribution in modeling COVID-19 case data and provides the best results.

Figure 3 graphically shows that the PoB-G distribution is a more effective alternative for modeling real data compared to the PoB, P, and G distributions. This shows that the PoB-G distribution is more compatible with the data and provides more accurate modeling. This graph clearly shows that the real data can be represented more accurately due to the more flexible structure of the PoB-G.

Second dataset: This is a 61-day COVID-19 dataset for Italy, recorded between June 13 and August 12, 2021. The data set consists of new cases reported each day. The data is as follows: 52, 26, 36, 63, 52, 37, 35, 28, 17, 21, 31, 30, 10, 56, 40, 14, 28, 42, 24, 21, 28, 22, 12, 31, 24, 14, 13, 25, 12, 7, 13, 20, 23, 9, 11, 13, 3, 7, 10, 21, 15, 17, 5, 7, 22, 24, 15, 19, 18, 16, 5, 20, 27, 21, 27, 24, 22, 11, 22, 31, 31.

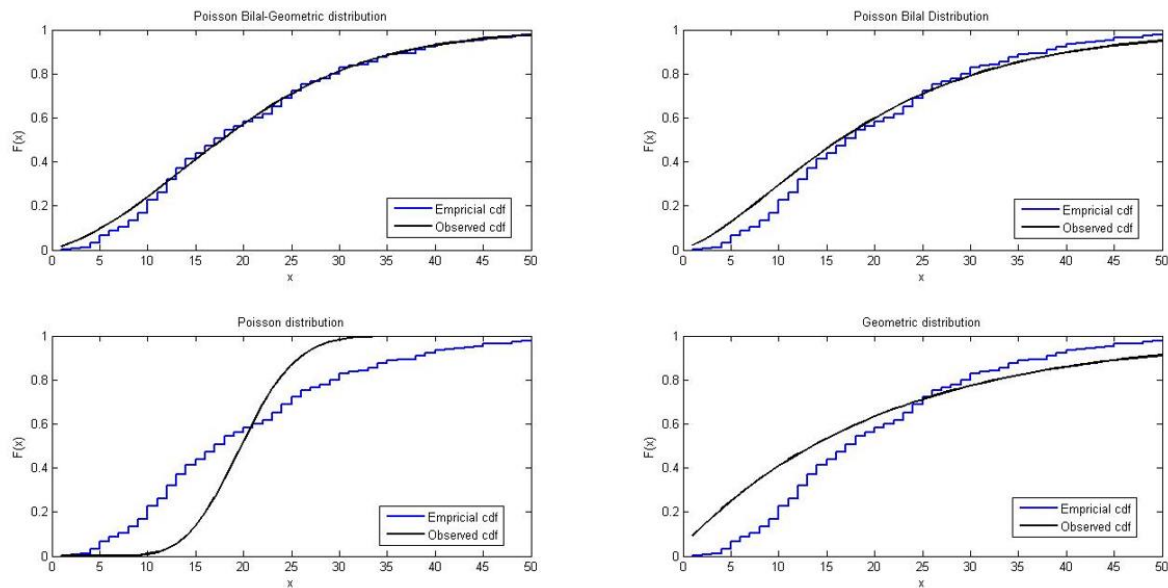


Figure 3: The first data: Empirical CDF plots for the fitted models.

Table 5: Comparison between several distributions

	Estimate	$-\ell$	AIC	BIC	HQIC	CAIC	KS	p-value
PoB-G	(0.0671;0.1921)	235.4360	474.8721	479.0938	476.5266	475.0790	0.0740	0.8923
PoB	0.0366	239.5685	481.1371	483.2479	481.9643	481.2049	0.1423	0.1691
P	22.6230	349.2768	700.5536	702.6645	701.3809	700.6214	0.2674	0.0003
G	0.0424	252.5856	507.1713	509.2821	507.9985	507.2391	0.2641	0.0004

According to the table, the fit of four different distributions with COVID-19 case data is evaluated using various statistical criteria and the KS test. The PoB-G distribution has the lowest KS statistics and the highest p-value, indicating that this distribution provides the best fit with the data. The p-value of PoB-G is 0.8923 indicating that it provides a significant fit with the data. The other distributions have higher KS statistics and lower p-values, indicating that their fit is weaker. In particular, the p-values of the P and G distributions are lower at 0.0003 and 0.0004 respectively, indicating that these distributions are incompatible with the data. In terms of model evaluation criteria AIC, BIC, HQIC, and CAIC, the PoB-G distribution reaches the lowest values, standing out as the most suitable model in terms of both statistical fit and model selection. These findings reveal that the PoB-G distribution provides a better fit with the given data and is a more efficient model compared to other distributions.

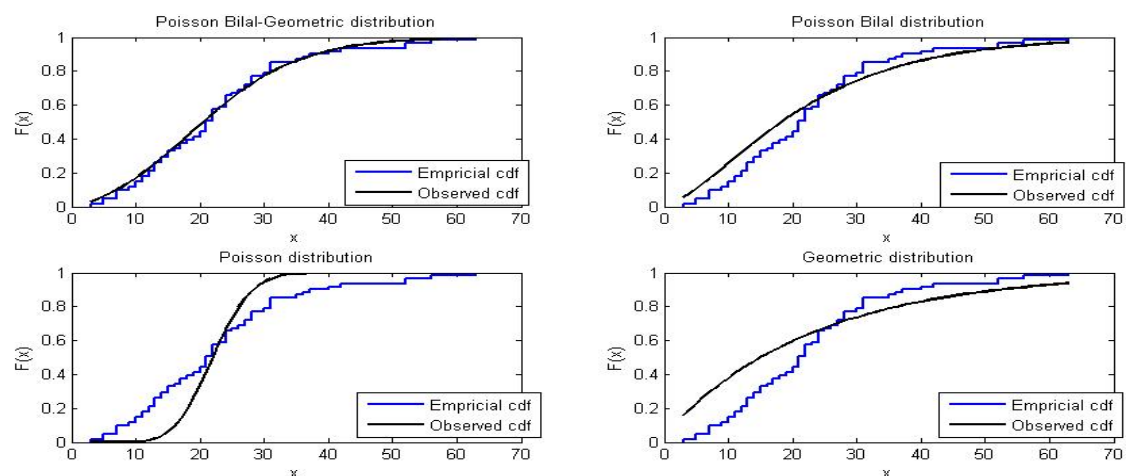


Figure 4: The second data: Empirical CDF plots for the fitted models.

Figure 4 graphically shows that the PoB-G distribution is a more effective alternative for modeling real data compared to the PoB, P, and G distributions. This shows that the PoB-G distribution is more compatible with the data and provides more accurate modeling. This graph clearly shows that the real data can be represented more accurately due to the more flexible structure of the PoB-G.

According to these results, the PoB-G distribution stands out as the model that provides the best fit, with the lowest KS statistic and highest p-value for both datasets. The other distributions exhibit higher KS statistics and lower p-values, indicating a weaker fit to the data. In particular, the classical P and G distributions show greater deviation and demonstrate a poorer fit to the data's nature. This suggests that the PoB-G distribution is more suitable for the current datasets and offers a more accurate model due to its flexible structure.

6. CONCLUSION

This study introduces PoB-G distribution, a new discrete distribution derived from the combination of PoB and G distributions. The PoB-G distribution offers a more flexible and accurate modeling approach, especially in cases where both the event frequency and the failure probability of each event are important. The proposed model overcomes the limitations of traditional P and G distributions, enabling more accurate modeling of complex and multidimensional processes. The simulation study conducted in Section 4 demonstrates that the PoB-G distribution successfully captures the complexities and multivariate nature of real-world processes. In addition to simulations, the application of the PoB-G distribution to real datasets further highlights the practical value of the model. Applications to datasets containing the frequency of occurrence of discrete events and failure probabilities show that the PoB-G distribution has a stronger modeling capacity compared to traditional models and more accurately reflects the characteristics of real-world data. This particularly demonstrates that the flexibility of the PoB-G distribution provides more accurate estimations and deeper insights in reliability analysis and modeling of complex systems. The fact that the PoB-G model is composed of discrete distributions offers more comprehensive and reliable modeling opportunities in areas such as reliability engineering, failure analysis, and queuing theory. The ability to model both the number of events and the failure probabilities of these events allows for more precise characterization of systems, which in turn enables more accurate decision-making processes and more informed estimations. In conclusion, the PoB-G distribution introduced in this study provides a significant innovation and development in statistical modeling of discrete data. Its ability to model complex processes with increasing hazard rates and its effectiveness in simulations and real-world applications make the PoB-G distribution a powerful tool for researchers and practitioners. Future studies can focus on extending this model to other types of systems and exploring its applications in different areas, allowing for a deeper understanding of the behavior of complex systems.

REFERENCES

- Adamidis, K. & Loukas, S. (1998). A lifetime distribution with decreasing failure rate. *Statistics & Probability Letters*, 39(1), 35-42.
- Akdoğan, Y., Kuş, C., Asgharzadeh, A., Kınacı, İ., & Sharafi, F. (2016). Uniform-geometric distribution. *Journal of Statistical Computation and Simulation*, 86(9), 1754-1770.
- Aljohani, M., Akdoğan, Y., Cordeiro, G.M., & Afify, A.Z. (2021). The uniform Poisson–Ailamujia distribution: Actuarial measures and applications in biological science. *Symmetry*, 13(7), 1258.
- Barreto-Souza, W. de Moraes, A. L., & Cordeiro, G. M. (2011). The Weibull-geometric distribution. *Journal of Statistical computation and Simulation*, 81(5), 645-657.
- Bhati, D., & Ahmed, I.S. (2021). On uniform-negative binomial distribution including Gauss hypergeometric function and its application in count regression modeling. *Communications in Statistics-Theory and Methods*, 50(13), 3106-3122.
- Deniz, E. G. (2013). A new discrete distribution: properties and applications in medical care. *Journal of Applied Statistics*, 40(12), 2760-2770.

- Hemmati, F., Khorram, E. & Rezakhah, S. (2011). A new three-parameter ageing distribution. *Journal of statistical planning and inference*, 141(7), 2266-2275.
- Kemp, AW. (2004). Classes of discrete lifetime distributions.
- Kempton, RA. (1975). A generalized form of Fisher's logarithmic series. *Biometrika*, 62(1), 29-38.
- Kuş, C. (2007). A new lifetime distribution. *Computational Statistics & Data Analysis*, 51(9), 4497-4509.
- Kuş, C., Akdoğan, Y., Asgharzadeh, A., Kınacı, İ., & Karakaya, K. (2018). Binomial-discrete Lindley distribution. *Communications Faculty of Sciences University of Ankara Series A1 Mathematics and Statistics*, 68(1), 401-411.
- Lu, W. & Shi, D. (2012). A new compounding life distribution: the Weibull–Poisson distribution. *Journal of applied statistics*, 39(1), 21-38.
- Noughabi, MS., Rezaei Roknabadi, AH., & Mohtashami Borzadaran, GR. (2013). Some discrete lifetime distributions with bathtub-shaped hazard rate functions. *Quality Engineering*, 25(3), 225-236.
- Sastry, DVS., Bhati, D., Rattihalli, RN., & Gómez-Déniz, E. (2016). On zero-distorted generalized geometric distribution. *Communications in Statistics-Theory and Methods*, 45(18), 5427-5442.
- Tahmasbi, R. & Rezaei, S. (2008). A two-parameter lifetime distribution with decreasing failure rate. *Computational Statistics & Data Analysis*, 52(8), 3889-3901.
- Willmot, G. (1986). Mixed compound Poisson distributions. *ASTIN Bulletin: The Journal of the IAA*, 16(S1), S59-S79.

KÜMELEME ALGORİTMALARI ile YÜKSEKÖĞRETİM KURUMLARININ YABANCI UYRUKLU ÖĞRENCİ MEMNUNİYETLERİ AÇISINDAN İNCELENMESİ¹

Tuğba Söküt Açar² 
Sinem Kalyoncu

*ANALYSIS of HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS in TERMS of
INTERNATIONAL STUDENT SATISFACTION USING CLUSTERING
ALGORITHMS*

ÖZET

Yabancı öğrencilerin memnuniyeti, eğitim kalitesi, sosyal uyum ve kariyer olanakları gibi faktörler, üniversitelerin uluslararası rekabet gücünü artırmada kritik bir rol oynamaktadır. Yükseköğretim kurumları, küresel düzeyde daha fazla öğrenci çekebilmek ve mevcut yabancı öğrencilerin memnuniyetini sürdürebilmek için bu faktörlere büyük önem vermektedir. Özellikle Türkiye’deki üniversitelerin uluslararası alanda daha fazla tanınması ve tercih edilmesi için yabancı uyruklu öğrencilerin memnuniyet düzeylerinin belirlenmesi ve iyileştirilmesi büyük bir gereklilik haline gelmiştir. Bu çalışmada, Türkiye’deki yükseköğretim kurumlarında yabancı uyruklu öğrenci memnuniyetinin incelenmesi amacıyla bir kümeleme analizi yapılmıştır. Analizde, Üniversite Araştırmaları Laboratuvarı tarafından 2018 yılında 133 üniversitede toplam 4785 lisans düzeyindeki yabancı uyruklu öğrencinin katılımıyla raporlanıp yayımlanan Yabancı Öğrenci Memnuniyet Araştırması raporlarından elde edilen genel memnuniyet skorları ve altı alt boyutuna ilişkin veriler kullanılmıştır. Devlet ve vakıf üniversitesi olmanın yabancı uyruklu öğrenci memnuniyet düzeylerinden bağımsız olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle kümeleme analizinde veri seti her iki tür yükseköğretim kurumunu kapsamıştır. Kümeleme analizinde benzer özelliklere sahip üniversiteleri belirlemek amacıyla Öklid uzaklığı kullanılarak hiyerarşik (tek bağlantı, ortalama bağlantı, ward bağlantı, medyan bağlantı, merkez bağlantı) ve hiyerarşik olmayan (k-ortalamlar) algoritmalar uygulanmıştır. Kümeleme analizinde elde edilen sonuçların güvenilirliğini ve geçerliliğini değerlendirmek amacıyla ortalama Silhouette indeksi temel alınmıştır. En iyi sonuç, 0.51’lik ortalama Silhouette indeksi ile merkez bağlantı algoritması kullanılarak elde edilmiş ve iki küme yapısının en uygun çözüm olduğu belirlenmiştir. Bu analiz sonucunda, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, yabancı öğrenci memnuniyeti açısından benzer özellikler taşıyan 69 üniversiteyle birlikte birinci kümede yer almıştır. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesinin farklı memnuniyet boyutlarındaki sıralamaları, aynı kümedeki diğer üniversitelerle karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Bu karşılaştırma, yabancı uyruklu öğrenci memnuniyetine yönelik geliştirilmesi gereken yönleri ortaya koymuştur.

Anahtar Kelimeler: Kümeleme algoritmaları, Silhouette indeksi, Yabancı uyruklu öğrenci memnuniyeti

ABSTRACT

International student satisfaction, education quality, social integration, and career opportunities play a crucial role in enhancing universities’ global competitiveness. Higher education institutions place great importance on these factors to attract more students at the international level and to maintain the satisfaction of their current international students. In particular, increasing the recognition and preference of universities in Türkiye on an international scale requires assessing and improving the satisfaction levels of international students. This study conducts a clustering analysis to examine international student satisfaction at higher education institutions in Türkiye. The analysis utilizes data

How to Cite This Article
AÇAR, T. S. &
KALYONCU, S. (2025).
“Kümeleme Algoritmaları
ile Yükseköğretim
Kurumlarının Yabancı
Uyruklu Öğrenci
Memnuniyetleri
Açısından İncelenmesi”
IQR Journal of Applied
Statistics in Social
Science (IQR-J) Vol:1,
Issue:1.

Arrival: 5 January 2025
Published: 19 April 2025

¹ Bu çalışma TÜBİTAK 2209-A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı kapsamında 1919B012339594 proje numarası ile desteklenmiştir. “8th International Researchers, Statisticians, and Young Statisticians Congress, IRSYSC 2024” de sözlü bildiri olarak sunulmuştur.

² Doç. Dr., Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Fakültesi, İstatistik Bölüm, Çanakkale, Türkiye. ORCID: 0000-0002-4444-1671

from the International Student Satisfaction Survey (2018), published by the University Research Laboratory, which includes responses from 4785 undergraduate international students across 133 universities. The study finds that whether a university is a public or foundation institution does not significantly impact international student satisfaction. Therefore, the dataset used in the clustering analysis includes both types of higher education institutions. To identify universities with similar characteristics, hierarchical (single linkage, average linkage, ward's method, median linkage, centroid linkage) and non-hierarchical (k-means) clustering algorithms were applied using Euclidean distance. The Silhouette index was used to evaluate the reliability and validity of the clustering results. The best result was obtained using the centroid linkage algorithm, yielding an average Silhouette index of 0.51, indicating that a two-cluster solution was the most appropriate. As a result of this analysis, Çanakkale Onsekiz Mart University was grouped in the first cluster, along with 69 other universities with similar international student satisfaction characteristics. The rankings of Çanakkale Onsekiz Mart University across different satisfaction dimensions were compared with other universities in the same cluster. This comparison helped identify key areas for improvement in international student satisfaction.

Keywords: Clustering algorithms, Silhouette index, International student, International student satisfaction

1. GİRİŞ

Yabancı uyruklu öğrenciler üniversite ortamına farklı perspektifler kazandırmakta aynı zamanda yerel öğrencilerin iletişim becerilerini geliştirmelerine ve uluslararası iş birliklerinin güçlenmesine önemli katkılar sağlamaktadır. Son yıllarda ülkemizdeki yükseköğretim kurumlarını tercih eden uluslararası öğrenci sayısında belirgin bir artış gözlemlenmektedir. Son yıllarda ülkemizdeki yükseköğretim kurumlarını tercih eden uluslararası öğrenci sayısında belirgin bir artış gözlemlenmektedir. 2013-2014 eğitim-öğretim yılı verilerine göre Türkiye'deki yükseköğretim kurumlarından eğitim alan yabancı uyruklu öğrenci sayısı 48167 iken, 2022-2023 eğitim-öğretim yılında 301449'dur (Yüksek Öğretim Bilgi Yönetim Sistemi). Bu sayıdaki artış, uluslararası iş birliklerini güçlendirmesi beklenen bir trendi yansıtmaktadır. Ancak, bu artışın etkili bir şekilde yönetilebilmesi için kurum yöneticilerinin ve personellerinin etkin araçları kullanması gereklidir. Ayrıca yükseköğrenim kurumlarının kurumsal akreditasyon ve uluslararasılaşma çalışmaları bağlamında, yabancı uyruklu öğrencilerin memnuniyeti önemli bir konu haline gelmiştir. Geliştirilen farklı ölçekler ile her bir kurum kendi bünyesindeki yabancı uyruklu öğrencilere yönelik memnuniyet araştırmaları yapmaktadır. Mevcut literatürdeki çalışmalar genellikle belirli faktörleri, örneğin öğretim kalitesi, yaşam hizmeti deneyimleri, burslar ve ders dışı etkinlikler gibi, ayrı ayrı ele almış ve genellikle bu faktörleri tek bir kurum için değerlendirmiştir.

Öztürk ve Karaşin (2022) Kütahya Dumlupınar Üniversitesi'nde eğitim alan 305 yabancı uyruklu öğrenciye demografik ve eğitim bilgilerini öğrenmek için kişisel bilgi formu, öğrencilerin üniversite memnuniyetlerini ölçmek için memnuniyet ölçeği ve üniversiteyi tavsiye etme niyetini belirlemek içinse tavsiye etme niyeti ölçeği kullanarak eğitim amacıyla Türkiye'yi tercih eden yabancı uyruklu öğrencilerin üniversite memnuniyeti ile üniversiteyi tavsiye etme niyeti arasındaki ilişkiyi tespit etmeyi amaçlamışlardır. Analiz sonucunda yabancı uyruklu öğrencilerin yükseköğretim kurumları tarafından verilen hizmetten memnuniyet ile üniversitelerini başkalarına tavsiye etme niyeti arasında ilişki tespit edilmiştir. Bayraktaroğlu ve Mustafayeva (2009), yabancı uyruklu öğrencilerin Türkiye'de eğitim görme potansiyellerinin geliştirilmesi amaçlayarak Sakarya Üniversitesi'nde öğrenim görmekte olan yabancı uyruklu öğrencilerin Türkiye'yi tercih etmelerinde etkili olan faktörler ve beklentilerini karşılama düzeyine yönelik anket çalışması uygulamıştır. Sakarya Üniversitesi'nde eğitim gören yabancı uyruklu öğrencilerin memnuniyet düzeylerinin yüksek olduğu ve Türkiye'de okudukları için mutlu oldukları ortaya çıkmıştır. Hâkim ve Kawamorita (2020), Covid-19 döneminde Ondokuz Mayıs Üniversitesi'ndeki yabancı uyruklu öğrencilerin çevrimiçi çalışmalardan memnuniyetlerini değerlendirmiştir. Acar ve ark. (2020), yabancı uyruklu öğrenci profiline dair bilgi elde etmek ve öğrencilerin ihtiyaçlarını belirlemek amacıyla, 34 sorudan oluşan bir ölçek geliştirmiş ve bu ölçeği Bursa Uludağ Üniversitesi'nde uygulamışlardır. Collins ve ark. (2021), bir vakıf üniversitesindeki uluslararası öğrencilerin memnuniyetlerini ve ona etki eden faktörleri incelemişlerdir. Elde ettikleri bulgular uluslararası öğrencinin memnuniyetinin algılanan öğretim kalitesi, yaşam hizmeti deneyimleri ve burs başta olmak üzere bir dizi faktörden etkilendiğini belirtmiştir. Ayrıca çalışmalarında ders dışı etkinlik deneyimlerinin

de öğrenci memnuniyeti üzerine etkili olduğunu göstermiştir. Şayak ve ark. (2023), Türkiye'de yabancı uyruklu öğrencilere yönelik gerçekleştirilen akademik çalışmaları içerik analizi yöntemiyle değerlendirmişlerdir. Yapılan analizler, bu konuda gerçekleştirilen akademik araştırmaların zaman içinde arttığını ortaya koymaktadır. Ancak, bu çalışmalarda genellikle nitel araştırma yöntemlerinin benimsendiği ve veri toplama sürecinde sıklıkla görüşme yönteminin tercih edildiği belirlenmiştir.

Yükseköğretim kurumlarındaki yabancı uyruklu öğrencilere ilişkin rakamları tek bir çatı altında paylaşan YÖK raporları (İzleme ve Değerlendirme ya da öğrenci istatistikleri) mevcuttur. Türk Yükseköğretim Sisteminin gelişimine katkı sağlamayı amaçlayan Üniversite Araştırmaları Laboratuvarı (UniAr) tarafından çeşitli memnuniyet anketleri uygulanmakta ve raporlanmaktadır. UniAr, 2018 yılında Yabancı Uyruklu Öğrenci Memnuniyeti Araştırması (YÖMA-2018) yapmış ve sonuçlarını kamuoyu ile açık bir şekilde paylaşmıştır. Bu çalışma YÖMA-2018 raporlarındaki her bir kurumun yabancı uyruklu öğrencilerinin farklı kategorilerdeki memnuniyet skorlarını ve bu skorlar arasındaki benzerliklerini baz alarak üniversiteleri kümeleme algoritmaları ile gruplandırmayı amaçlamakta ve bu kapsamda yabancı uyruklu öğrencilerin memnuniyetini belirleyen faktörler arasındaki ilişkileri temel olarak eş düzey niteliklere sahip üniversiteleri kendi içlerinde homojen olacak şekilde kümelemeyi hedeflemektedir.

2. MATERYAL VE METOT

Çalışmada kullanılan veri seti YÖMA-2018 raporlarındaki kurum verilerine dayanmaktadır. YÖMA-2018, 133 üniversitede toplam 4785 lisans düzeyindeki yabancı uyruklu öğrenci üzerinden yürütülmüş olup memnuniyeti ölçmek amacıyla 6 alt boyuttan oluşan ve 10'lu likert şeklinde 60 madde içermektedir. Ölçeğin 6 alt boyutu (öğrenim deneyimi tatminkarlığı, yerleşke ve yaşamın doyuruculuğu, akademik destek ve ilgi, kurumun yönetim ve işleyişinden memnuniyet, öğrenme imkân ve kaynaklarının zenginliği, kişisel gelişim ve kariyer desteği) için güvenilirlik katsayıları [0.93-0.96] arasında elde edilmiştir. YÖMA 2018'de yükseköğretim kurumlarının her bir alt boyuttan aldıkları puanlar toplanarak maksimum 600, minimum 60 olacak şekilde Genel Memnuniyet puanı elde edilmiş ve sıralama yapılmıştır. Kurumlar aldıkları puana göre A+, A, B, C, D ve FF ile gösterilen 6 sınıfta gruplandırılmıştır. Yükseköğretim kurumlarının %4,51'i A+, %3,00'ü A, %6,02'si B, %12,03'ü C, %22,6'sı D ve %51,89'u FF grubunda yer almıştır. A+ kategorisinde yer alan yükseköğretim kurumları arasında Koç Üniversitesi, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Boğaziçi Üniversitesi, Özyeğin Üniversitesi, Sabancı Üniversitesi ve İstanbul Teknik Üniversitesi bulunmaktadır. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi ise sıralamada C kategorisine dahil edilmiş olup, bir alt sırasında Karadeniz Teknik Üniversitesi, bir üst sırasında ise İstanbul Kültür Üniversitesi yer almaktadır.

Bu çalışma, YÖMA'nın puan sıralamasına dayalı olarak yaptığı gruplandırmayı istatistiksel bir sürece tabi tutmuş ve bu gruplamayı kümeleme analizi yöntemiyle yeniden elde etmiştir.

Çalışmanın temel yöntemi olan kümeleme analizi, birimlerin benzerliklerine/uzaklıklarına göre konumlandırıldığı bir yöntemdir. Kümeleme analizi, incelenen birimleri benzerliklerine göre gruplandırarak sınıflandırma yapmayı, bu grupların ortak özelliklerini belirlemeyi ve gruplar hakkında genel tanımlamalar yapmayı mümkün kılan bir yöntemdir (Kaufman ve Rousseuw, 1990). İlk örneği 1753 yılında Linnaeus tarafından hayvan ve bitkilerin sınıflandırılmasında kullanılan kümeleme analizi istatistiksel süreçler içermesi nedeniyle farklı disiplinlerde yaygın olarak uygulanmaktadır.

Kümeleme analizinde ilk süreç uygun değişkenlerin seçilmesi ve amaca uygun bir uzaklık/benzerlik ölçüm yönteminin belirlenmesidir. Bu kararlar analizin başarısını doğrudan etkilemektedir. Uzaklık ölçütleri veriler arasındaki mesafeyi minimumda tutmayı amaçlarken benzerlik ve korelasyon ölçütleri veriler arasındaki ilişkiyi değerlendirir. İki birim arasındaki mesafenin hesaplanmasında sıklıkla Öklid, Manhattan, Minkowski ve Chebyshev uzaklık ölçütleri kullanılmaktadır. Bu çalışmada, farklı uzaklık ölçütleri değerlendirilmiş, ancak elde edilen sonuçlar kümeleme yapısı ve performansı üzerinde anlamlı bir farklılık yaratmadığı için analizlerde Öklid uzaklığı tercih edilmiştir.

n birim ve p değişkeninin kümeleme analizine tabi tutulduğu durumda, iki birim arasındaki Öklid uzaklığı şu şekilde hesaplanır:

$$d_{öklid}(x_i, x_j) = \left[\sum_{k=1}^p |x_{ik} - x_{jk}|^2 \right]^{1/2}, j = 1, 2, \dots, n \text{ ve } i \neq j.$$

Burada x_{ik} ve x_{jk} , birimlerin k -ıncı değişkenindeki değerleridir.

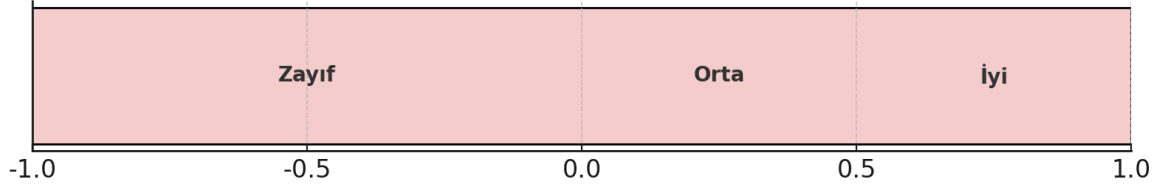
Uzaklık ölçütleri kullanılarak birimlerin uygun gruplara atanması, hiyerarşik ve hiyerarşik olmayan yöntemlere göre gerçekleştirilmektedir. Hiyerarşik kümeleme yönteminde, küme sayısının önceden belirlenmesine gerek duyulmaz ve uygun küme sayısı dendrogram yardımıyla tespit edilebilir. Buna karşın, hiyerarşik olmayan kümeleme yöntemlerinde algoritmanın çalıştırılmasından önce küme sayısının kullanıcı tarafından belirlenmesi gerekmektedir (Büyükköz, 2010).

Bu çalışmada, hiyerarşik kümeleme yöntemlerinden yaygın olarak kullanılan Tek Bağlantı (Single Linkage), Ortalama Bağlantı (Average linkage), Ward Bağlantı, Medyan Bağlantı (Median Linkage) ve Merkez Bağlantı (Centroid Linkage) teknikleri ele alınmıştır. Hiyerarşik olmayan kümeleme yöntemleri arasında ise, bu çalışmada K-ortalamlar yöntemi tercih edilmiştir. Farklı uzaklık ölçütleri ve yöntemlerin kullanımı, kümeleme performansının detaylı bir şekilde değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır (Birant, 2019). Performans değerlendirmesinde yaygın olarak AIC, BIC ve Silhouette indeksi kullanılmakla birlikte, bu çalışmada temel değerlendirme aracı olarak Silhouette indeksi benimsenmiştir.

Silhouette indeksi, kümeleme analizinde bir kümeleme sonucunun kalitesini değerlendirmek için kullanılan bir metrik olup -1 ile +1 arasında değer alır. Formül şu şekilde ifade edilir:

$$\text{Silhouette}(x_i) = \frac{b(x_i) - a(x_i)}{\max(a(x_i), b(x_i))}$$

Burada $a(x_i)$ bir veri noktasının (x_i) kendi kümesindeki diğer veri noktalarına olan ortalama mesafesini (uyum), $b(x_i)$ bir veri noktasının en yakın komşu kümeye olan ortalama mesafesini (ayrışma) ifade etmektedir (Açar ve Öz, 2020). Silhouette indeksinin değerlendirme skalası Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1: Uyum ve Ayrışmanın Silhouette Ölçüsü

Silhouette indeksinin değeri 1’e yaklaştıkça, veri noktasının doğru kümeye atandığı, -1’e yaklaştıkça ise yanlış kümeye atandığı anlaşılır. İndeks değeri sıfıra yakınsa, bu durum veri noktasının iki küme arasında bir sınırda olduğunu gösterir (Şekil 1). Bir küme için hesaplanan tüm $\text{Silhouette}(x_i)$ değerlerinin ortalaması, o kümenin geçerliliğini yansıtır. Genel olarak, bu ortalama 0.50’nin üzerinde ise, kümelemelerin doğru bir şekilde yapıldığı kabul edilir.

3. BULGULAR

YÖMA 2018 veri seti hem genel memnuniyet puanlarını hem de alt boyutlar bazında kurumların memnuniyet puanlarını içermektedir. Çalışmada, ilk olarak YÖMA 2018 tarafından belirlenen alt gruplar (A+, A, B, C, D, FF) üzerinden istatistiksel analizler gerçekleştirilmiştir.

Tablo 1’de, YÖMA 2018 gruplandırmasının yükseköğretim kurumunun türünden bağımsız olup olmadığını değerlendiren Ki-Kare Bağımsızlık Analizi sonuçları sunulmuştur.

Tablo 1: Kurum Türü ve Gruplamaya İlişkin Bağımsızlık Analizi Sonuçları

	A+	A	B	C	D	FF
Devlet	3	2	5	10	19	57
Vakıf	3	2	3	6	11	12
$\chi^2 = 8.476$, $p=0.132$, Cramer V=0.252						

YÖMA-2018 gruplandırmasında, genel memnuniyet düzeylerinin kurum türünden bağımsız olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Tablo 1). Bu nedenle kümeleme analizi sürecinde kurum türü ayırımına gidilmemiştir. YÖMA-2018 gruplamasına göre alt boyutlara ilişkin ortalama puanlar ve standart sapmaları Tablo 2’de sunulmuştur. Tablo 2’de ayrıca YÖMA 2018 gruplarına göre memnuniyet skorlarının farklılık gösterip göstermediğine ilişkin ANOVA testinin F istatistik değeri sunulmuştur.

Tablo 2: Genel Ölçek ve Alt Boyutlara İlişkin Tanımlayıcı İstatistikleri

	Gruplar						ANOVA
	A+	A	B	C	D	FF	F-İstatistiği
Genel Memnuniyet	522.833 ±7.360	495.000 ±10.424	467.250 ±10.209	435.500 ±8.952	391.767 ±13.523	283.058 ±42.762	163.243**
Öğrenim Deneyimi Tatminkarlığı	85.667± 1.211	81.000± 2.944	75.500± 3.546	68.750± 3.357	62.833± 5.553	45.942± 9.131	80.184**
Yerleşke ve Yaşamın Doyuruculuğu	86.167± 2.639	83.500± 5.260	76.750± 7.996	77.563± 5.853	70.500± 6.399	51.493± 10.338	54.963**
Akademik Destek ve İlgi	90.000± 2.191	83.250± 1.893	78.875± 2.997	74.250± 5.285	66.267± 5.445	47.812± 8.676	98.119**
Kurumun Yönetim ve İşleyişi	82.167± 4.535	80.000± 4.967	75.125± 6.468	67.563± 6.870	60.000± 8.808	45.449± 8.1134	62.921**
Öğrenme İmkân ve Kaynaklarının Zenginliği	88.000± 3.578	84.000± 4.082	82.375± 4.438	75.125± 8.213	66.600± 8.160	47.768± 9.492	71.647**
Kişisel Gelişim ve Kariyer Desteği	90.833± 1.941	83.250± 2.217	78.625± 4.749	72.250± 6.266	65.933± 6.648	44.957± 7.955	116.886**

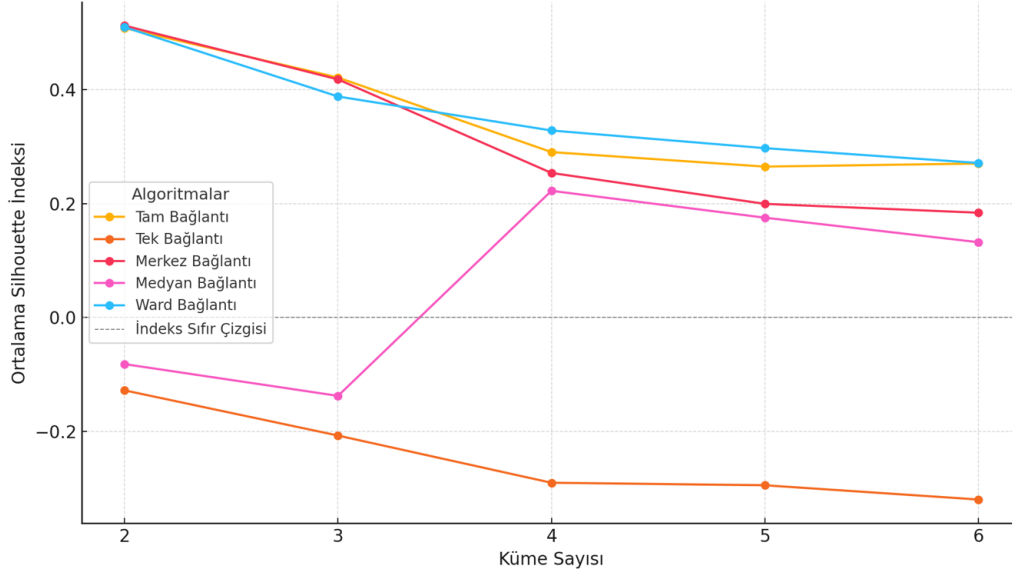
** $p<0.001$ olup en az bir grubun memnuniyetinin diğerlerinden farklı olduğunu ifade etmektedir.

Tablo 2 incelendiğinde, grubun gerilemesiyle birlikte genel memnuniyet ve alt boyutlara ilişkin memnuniyet seviyelerinde azalma olduğu gözlemlenmektedir. Bununla birlikte, Yerleşke Yaşamının Doyuruculuğu alt boyutunda, C grubundaki öğrencilerin ortalama memnuniyetinin, B grubundakilere kıyasla sayısal olarak daha yüksek olduğu dikkat çekmektedir (Tablo 2).

YÖMA-2018 gruplamasının genel memnuniyet düzeyi ve alt boyutlar üzerindeki etkisinin anlamlı bir farklılık oluşturup oluşturmadığını belirlemek amacıyla, Tablo 2’de sunulan ortalama değerler Varyans Analizi ve sonrasında Post Hoc testleri ile değerlendirilmiştir.

Varyans analizi sonuçları, grupların genel memnuniyet puanları ile alt boyutlardaki memnuniyet puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğunu ortaya koymuştur. Ancak, Post Hoc test sonuçları, A+ ile A, A ile B ve B ile C grupları arasındaki puan farklarının genel olarak istatistiksel açıdan anlamsız olduğunu ortaya koymuş; başka bir ifade ile bu grupların puanlarının benzer olduğu tespit edilmiştir. Bu bulgular, YÖMA-2018’in gerçekleştirdiği gruplamanın, gruplar arasında heterojen bir yapı oluşturmadığını desteklemektedir.

Farklı algoritmalar ve uzaklık ölçütleri kullanılarak kümeleme analizi gerçekleştirilmiş, ancak kullanılan uzaklık ölçütlerinin kümelendirme sonuçlarında bir farklılığa yol açmadığı görülmüştür. Bu nedenle, bulgular yalnızca Öklid uzaklığı temel alınarak raporlanmıştır. Her bir algoritma için Silhouette index değerlerinin ortalamaları elde edilmiş ve görsel olarak Şekil 2’de sunulmuştur.



Şekil 2: Küme Sayısına Karşı Ortalama Silhouette İndeksi

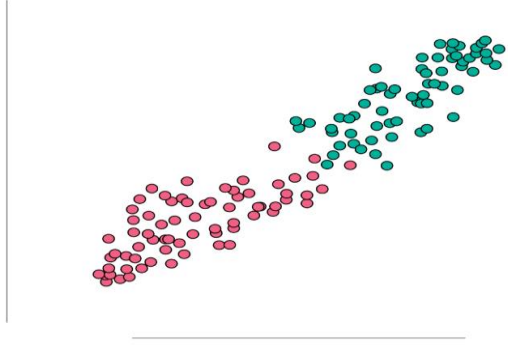
Şekil 2’ye göre, en yüksek değer 2 küme ile Merkez Bağlantı algoritmasına ait olduğu görülmüştür (Ward Bağlantı 0.509, Tam Bağlantı 0.508, Merkez Bağlantı 0.51). Tek Bağlantı yöntemi sürekli olarak negatif değerler göstermektedir. Bu durum, kümeler arasındaki ayrımın zayıf olduğunu ve bu yöntemin uygun bir kümeleme yapısı sunmadığını ifade etmektedir. Ayrıca, küme sayısı arttıkça algoritmaların Silhouette indeksi değerlerinde genel bir düşüş gözlemlenmiştir. Bu, daha fazla küme sayısının veriyi daha iyi ayırmak yerine karışıklık yarattığını ve kümeler arası sınırların daha bulanık hale geldiğini göstermektedir. Şekil 2’ye göre, Medyan Bağlantı algoritması hariç, diğer tüm algoritmalarda ortalama Silhouette indeksi’nin en yüksek olduğu küme sayısının 2 olduğu tespit edilmiştir. Optimal kümelendirme olarak belirlenen Merkez Bağlantı yönteminin ilk kümesinde 69, ikinci kümesinde ise 64 yükseköğretim kurumu yer almıştır. Nihai kümelendirme ile yükseköğretim gruplarının konumlanması Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3: Grup üyelikleri

1. küme	2. küme
Koç Üniversitesi, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Boğaziçi Üniversitesi, Özyeğin Üniversitesi, Sabancı Üniversitesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Abdullah Gül Üniversitesi, İhsan Doğramacı Bilkent Üniversitesi, İstanbul Bilgi Üniversitesi, Gebze Teknik Üniversitesi, Kadir Has Üniversitesi, Akdeniz Üniversitesi, İstanbul Üniversitesi, Bezmialem Vakıf Üniversitesi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İbn Haldun Üniversitesi, Ege Üniversitesi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Hasan Kalyoncu Üniversitesi, İstanbul 29 Mayıs Üniversitesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Hacettepe Üniversitesi, İzmir Ekonomi Üniversitesi, İstanbul Şehir Üniversitesi, Anadolu Üniversitesi, Yeditepe Üniversitesi, Trakya Üniversitesi, Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Marmara Üniversitesi, İstanbul Kültür Üniversitesi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, İstanbul	İnönü Üniversitesi, Altınbaş Üniversitesi, Balıkesir Üniversitesi, Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi, Biruni Üniversitesi, Nişantaşı Üniversitesi, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Giresun Üniversitesi, Gaziosman Paşa Üniversitesi, Karabük Üniversitesi, Mustafa Kemal Üniversitesi, Beykent Üniversitesi, Hitit Üniversitesi, Gaziantep Üniversitesi, Harran Üniversitesi, Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi, Kırklareli Üniversitesi, Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, Dumlupınar Üniversitesi, Mardin Artuklu Üniversitesi, Atatürk Üniversitesi, Üsküdar Üniversitesi, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Düzce Üniversitesi, İstanbul Aydın Üniversitesi, Cumhuriyet Üniversitesi, Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Doğuş Üniversitesi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Uşak Üniversitesi, Fırat Üniversitesi, Kastamonu Üniversitesi, Sinop Üniversitesi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Niğde Ömer Halis Demir

Ticaret Üniversitesi, Çukurova Üniversitesi, Türk-Alman Üniversitesi, Atılım Üniversitesi, İskenderun Teknik Üniversitesi, Bahçeşehir Üniversitesi, Okan Üniversitesi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Işık Üniversitesi, Antalya Bilim Üniversitesi, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Pamukkale Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Yaşar Üniversitesi, Mersin Üniversitesi, Selçuk Üniversitesi, İstanbul Medipol Üniversitesi, Ankara Üniversitesi, Erciyes Üniversitesi, İstanbul Medeniyet Üniversitesi, KTO Karatay Üniversitesi, Sakarya Üniversitesi, İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Başkent Üniversitesi, Gazi Üniversitesi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Namık Kemal Üniversitesi, Kocaeli Üniversitesi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Çankaya Üniversitesi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Necmettin Erbakan Üniversitesi	Üniversitesi, Bartın Üniversitesi, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Kafkas Üniversitesi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Dicle Üniversitesi, İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi, Çankırı Karatekin Üniversitesi, Kırıkkale Üniversitesi, Türk Hava Kurumu Üniversitesi, İstanbul Arel Üniversitesi, Ardahan Üniversitesi, Aksaray Üniversitesi, Amasya Üniversitesi, Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Bingöl Üniversitesi, Adıyaman Üniversitesi, Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi, Artvin Çoruh Üniversitesi, Yalova Üniversitesi, Siirt Üniversitesi, Iğdır Üniversitesi, Bayburt Üniversitesi, Yozgat Bozok Üniversitesi, Batman Üniversitesi, Kilis 7 Aralık Üniversitesi
--	---

Kümelenme yapısını görselleştirmek için Merkez Bağlantı yöntemiyle oluşturulan iki kümenin dağılımı Şekil 3'te sunulmuştur.



Şekil 3: Kümeleme Analizinin Görselleştirmesi

Şekil 3'ten, farklı renklerde gösterilen simgelerin farklı kümelerle atandığı, aynı renkteki simgelerin ise aynı kümeye dahil edildiği yani kümeler arasındaki ilişki ve ayrışmanın net bir şekilde gözlenmektedir. Elde edilen bu görsel sonuç, Merkez Bağlantı algoritmasının kümeleme performansının etkinliğini de açıkça yansıtmaktadır.

Nihai küme sayısının iki olarak belirlenmesinin ardından, bu kümeleme yapısının grup içi homojen ve gruplar arası heterojen bir yapı gösterip göstermediğini test etmek amacıyla bağımsız örneklem t-testi uygulanmıştır. Analiz öncesinde, testin temel varsayımları olan normallik ve varyans homojenliği sırasıyla Shapiro-Wilk ve Levene testleri ile incelenmiştir. Varyans homojenliği sağlanmadığı durumlarda, istatistiksel anlamlılığı belirlemek için Welch'in t-testi kullanılmıştır. Alt boyut memnuniyet düzeylerinin küme gruplarına göre anlamlı farklılık gösterip göstermediğine ilişkin bulgular Tablo 4'te sunulmuştur.

Tablo 4'te tüm boyutlarda normallik varsayımının sağlandığı görülmektedir. Ancak, "Kurumun Yönetim ve İşleyişi" ile "Kişisel Gelişim ve Kariyer Desteği" boyutlarında varyans homojenliği sağlanmadığı için bu değişkenlerde Welch'in t-testi, diğer boyutlar için ise standart t-testi uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar, Küme 1'in tüm alt boyutlarda Küme 2'ye göre anlamlı derecede daha yüksek memnuniyet düzeyine sahip olduğunu göstermektedir.

Tablo 4: Küme Gruplarına Göre Alt Boyut Memnuniyet Düzeylerinin Bağımsız Örneklem t-Testi ile Karşılaştırılması

			Varyansların Homojenliği Levene Testi		Normallik Varsayımı Shapiro Wilk		T Testi	
	Küme 1	Küme 2	İstatistik	Sig.	İstatistik	Sig.	İstatistik	Sig.
Öğrenim Deneyimi Tatminkarlığı	68.406± 8.961	44.953± 8.700	0.162	0.688	0.981	0.055	15.293	<0.00001
Yerleşke ve Yaşamın Doyuruculuğu	74.304± 8.735	50.734± 10.181	2.183	0.142	0.991	0.545	14.359	<0.00001
Akademik Destek ve İlgi	72.014± 9.658	47.031± 8.468	0.582	0.447	0.988	0.332	15.810	<0.00001
Kurumun Yönetim ve İşleyişi	65.812± 11.720	45.156± 8.024	12.176	0.001	0.988	0.320	11.932*	<0.00001
Öğrenme İmkân ve Kaynaklarının Zenginliği	73.116± 10.541	46.469± 8.434	3.384	0.068	0.991	0.566	16.018	<0.00001
Kişisel Gelişim ve Kariyer Desteği	71.522± 10.324	43.875± 6.936	8.731	0.004	0.990	0.550	18.244*	<0.00001

*Grup varyansları homojen olmadığından Welch'in T testi uygulanmıştır.

4. SONUÇLAR

Bu çalışma, Türkiye'deki yükseköğretim kurumlarında öğrenim gören yabancı uyruklu öğrencilerin memnuniyet düzeylerini incelemek ve üniversiteleri memnuniyet skorlarına dayalı olarak istatistiksel bir süreçten geçirerek gruplandırmak amacıyla gerçekleştirilmiştir. Araştırmanın temel veri seti, Üniversite Araştırmaları Laboratuvarı (UniAr) tarafından yayımlanan ve 133 üniversiteden 4785 yabancı uyruklu öğrenciyi kapsayan YÖMA-2018 raporuna dayanmaktadır. Çalışmada, genel memnuniyet puanlarının yanı sıra altı farklı alt boyut (öğrenim deneyimi tatminkarlığı, yerleşke ve yaşamın doyuruculuğu, akademik destek ve ilgi, kurumun yönetim ve işleyişinden memnuniyet, öğrenme imkân ve kaynaklarının zenginliği, kişisel gelişim ile kariyer desteği) üzerinden hesaplanan memnuniyet puanları analiz edilmiştir.

Kümeleme analizinde, gruplamaya tabi tutulan değişkenler alt boyut memnuniyet puanları olarak belirlenmiştir. Elde edilen bulgular, YÖMA-2018 raporlarının sınıflandırma sisteminin istatistiksel olarak desteklendiğini göstermiştir. Bununla birlikte, raporda kullanılan sınıflandırma kriterlerinin, gruplar arasındaki heterojen yapıyı sınırladığı tespit edilmiştir. Yabancı uyruklu öğrencilerin memnuniyet düzeyleri altı farklı alt boyut temelinde değerlendirilmiş ve çeşitli algoritmalar ile kurumların kümelenmesi gerçekleştirilmiştir. Analizlerde farklı uzaklık ölçütleri kullanılmış, ancak bu ölçütlerin kümeleme sonuçlarına etkisinin sınırlı olduğu belirlenmiştir. Öklid uzaklığı temel alınarak yapılan analizlerde tam bağlantı, tek bağlantı, merkez bağlantı ve Ward bağlantı algoritmaları uygulanmıştır. Analiz sonuçları, optimal küme sayısının iki olduğu sonucuna varmıştır. Algoritmaların performans değerlendirilmesinde Silhouette indeksi kullanılmış ve en iyi kümeleme performansının merkez bağlantı algoritması ile elde edildiği tespit edilmiştir. Bu algoritma sonucunda birinci kümede 69, ikinci kümede ise 64 yükseköğretim kurumu yer almıştır. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi birinci kümede yer almakta olup, genel memnuniyet sıralamasında 33. sırada konumlanmıştır. Alt boyutlar incelendiğinde, üniversitenin: Öğrenim Deneyimi Tatminkarlığı boyutunda 44. sırada, Yerleşke ve Yaşamın Doyuruculuğu boyutunda 25. sırada, Akademik Destek ve İlgi boyutunda 35. sırada, Kurumun Yönetim ve İşleyişinden Memnuniyet boyutunda 37. sırada, Öğrenme İmkân ve Kaynaklarının Zenginliği boyutunda 20. sırada, Kişisel Gelişim ile Kariyer Desteği boyutunda 54. sırada yer aldığı tespit edilmiştir. Bu bulgular, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi'nin özellikle kişisel gelişim ve kariyer desteği

alanında yabancı öğrencilere yönelik özel kariyer danışmanlığı hizmetlerinin artırılması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Yabancı uyruklu öğrencilerin memnuniyet düzeylerine göre üniversiteleri kümeleyen bu çalışma, alt boyutlar bazında yükseköğretim kurumlarının güçlü ve zayıf yönlerini ortaya koyma potansiyeline sahiptir. Ancak, UniAr araştırmalarında artık YÖMA'ya yer verilmemektedir. Bu durum, yabancı uyruklu öğrencilerin memnuniyet düzeylerine ilişkin güncel ve kapsamlı verilere erişimi sınırlandırmaktadır. Bu tür değerli bir veri setinin güncel yıllarda da toplanması, üniversitelerin yabancı uyruklu öğrencilere yönelik politikalarını iyileştirmeleri, uluslararası rekabette daha etkin bir konum elde etmeleri ve yükseköğretimde kalite standartlarını yükseltmeleri açısından büyük önem taşımaktadır. Dolayısıyla, benzer çalışmaların düzenli olarak tekrarlanması ve güncel verilerin sağlanması hem araştırmacılar hem de yükseköğretim kurumlarının uluslararasılaşma politikaları için yol gösterici olacaktır.

KAYNAKÇA

- Acar, A. Ö., Huyar, D. A., Ertürk, E., & Alakan, Y. Ş. (2020). Yabancı uyruklu öğrenci özelliklerinin belirlenmesine yönelik bir anket geliştirme çalışması. *Yükseköğretim ve Bilim Dergisi*, (2), 276-285.
- Açar, T. S., & Öz, N. A. (2020). The determination of optimal cluster number by Silhouette index at clustering of the European Union member countries and candidate Turkey by waste indicators. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 26(3), 481-487.
- Bayraktaroğlu, S., & Mustafayeva, L. (2009). Türk yüksek öğretim sistemi ve Türk dünyası ilişkileri: Sakarya üniversitesinde eğitim gören yabancı uyruklu öğrenciler örneği. *Journal of Azerbaijani Studies*, 284-292.
- Birant, D. (2019). Farklı bağlantı yöntemleri ile hiyerarşik kümeleme topluluğu. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7(1), 154-164.
- Büyükköz, D. (2010). *Fuzzy kümeleme teknikleri ve Avrupa Birliği üye ülkeleri ile Türkiye'nin fuzzy kümelenmesi* (Yüksek lisans tezi, Marmara Üniversitesi, Türkiye).
- Collins, A., Sanal, Z. G., & Takır, A. (2021). The qualitative study of factors influencing international students' satisfaction: The case of a private university in Turkey. In *Global Perspectives on Recruiting International Students: Challenges and Opportunities* (pp. 155-172). Emerald Publishing Limited.
- Hakim, A. A., & Kawamorita, H. (2020). A comparative study of satisfaction in pre and mid Covid-19 pandemic: A case study of international students in Ondokuz Mayıs University, Turkey. *Social Sciences*, 32, 21-67.
- Kaufman, L., & Rousseeuw, P. J. (1990). *Finding groups in data: An introduction to cluster analysis*. Wiley-Interscience.
- Öztürk, M., & Karşın, Y. (2022). Eğitim amacıyla Türkiye'yi tercih eden yabancı uyruklu öğrencilerin memnuniyeti ve üniversiteyi tavsiye etme durumunun incelenmesi: Kütahya Dumlupınar Üniversitesinde bir araştırma. *Uluslararası Hukuk ve Sosyal Bilim Araştırmaları Dergisi Uhusbad*, 4(1), 53-65.
- Şayak, H., Karataş, K., & Yılmaz, E. (2023). Examining the studies on foreign students in Turkey: A content analysis [Türkiye'de yabancı uyruklu öğrenciler üzerine yapılan araştırmaların incelenmesi: Bir içerik analizi]. *Electronic Journal of Education Sciences [Elektronik Eğitim Bilimleri Dergisi]*, 12(23), 47-63. <https://doi.org/10.55605/ejedus.1205162>.
- YÖMA-2018. (2018). *Yabancı Öğrenci Memnuniyet Araştırması*. Üniversite Araştırmaları Laboratuvarı (UniAr). https://www.uniar.net/files/ugd/779fe1_ddf06e3d4b3c478e8b5be6a65a653851.pdf.
- YÖK, Yüksek Öğretim Bilgi Yönetim Sistemi, <https://istatistik.yok.gov.tr/>.

TÜRKİYE'Yİ ZİYARET EDEN TURİSTLERİN GELİŞ NEDENLERİNİN BELİRLEYİCİLERİ

DETERMINANTS of TOURISTS' REASONS for VISITING TURKEY

Saadet Zümrüt

Cömert 

Seda Şengül ¹ 

[How to Cite This Article](#)

CÖMERT, S. Z. &

ŞENGÜL, S. (2025).

“Türkiye’yi Ziyaret Eden

Turistlerin Geliş

Nedenlerinin

Belirleyicileri” IQR

Journal of Applied

Statistics in Social

Science (IQR-J) Vol:1,

Issue:1.

Arrival: 8 February 2025

Published: 19 April 2025

ÖZET

Bu araştırmada 2019:I-2023:III dönemine ait TÜİK Çıkış Yapan Ziyaretçiler İstatistikleri, Vatandaş Giriş İstatistikleri kullanılmıştır. Türkiye’ye gelen turistlerin geliş nedenlerinin belirleyicileri Çok Durumlu Logit modeliyle belirlenmiştir. Çalışmanın en önemli bulgusu turistin sağlık hizmeti satın almak amacıyla Türkiye’ye gelme olasılığını arttırırken; gezi, eğlence, sportif ve kültürel faaliyetler, alışveriş vb. için Türkiye’ye gelme olasılığını ve akraba-arkadaş, eğitim vb. diğer amaçlarla gelme olasılığını azaltmaktadır. Türk vatandaşı olup yurtdışında ikamet edenlerin yabancı uyruklu ziyaretçilere göre sağlık amacıyla, akraba-eş dost ziyareti, alışveriş vb. amacıyla gelme olasılığı az iken, gezi amacıyla gelmesi olasılığı daha fazladır.

Anahtar Kelimeler: Turizm, sağlık, eğlence, spor ve kültür, çok durumlu logit modeli, Türkiye.

ABSTRACT

In this study, TurkStat Departing Visitors Statistics and Citizen Entry Statistics for the period 2019: I-2023: III were used. A multinomial logit model is used to determine the determinants of tourists' reasons for travelling to Türkiye. The most important finding of the study is that while the probability of tourists coming to Türkiye to purchase health services increases, the probability of coming to Türkiye for sightseeing, entertainment, sportive and cultural activities, shopping etc. and the probability of coming to Türkiye for other purposes such as relatives-friends, education etc. decreases. Turkish citizens residing abroad are less likely to come to Türkiye for health purposes, visiting relatives and friends, shopping, etc., while they are more likely to come for travelling purposes.

Keywords: Tourism, healthcare, entertainment, sports and cultural, multinomial logit model, Türkiye.

1. GİRİŞ

Turizm, özünde seyahat etmeyi içeren, geçici olarak yer değiştirme olayıdır. Bu yer değiştirme sürecinde turistler çok sayıda ve birbirinden farklı niteliklerde olaylar ve ilişkiler yaşar. Bu olay ve ilişkilerin önemli bir kısmı seyahat, konaklama, yeme-içme, eğlence vb unsurların deneyimlenmesi sırasında yaşanır. Dolayısıyla turizm; ekonomik, sosyal ve çevresel etkileri olan toplumsal bir olgudur (Çakıcı, 2019).

20. yüzyılın ikinci yarısından sonra dünya ekonomisinde en hızlı büyüyen sektörlerden biri haline gelen turizm, ulusal kalkınmada da önemli bir etmendir. Öyle ki turizm sektörü, ulusal ekonomiye döviz girdisini artırıcı ve istihdam sağlayıcı özellikleriyle katkıda bulunurken, farklı kültürlerin tanınması, kültürlerarası etkileşimin sağlanması, hoşgörünün gelişmesi ve dünya barışının korunmasında önemli bir etkiye sahiptir (Çakıcı, 2019; Çımat ve Bahar, 2003; Bahar ve Bozkurt, 2010).

Turizm sektörü, dünya genelinde ekonomilerin gelişmesinde ve kültürel zenginliklerin paylaşılmasında önemli bir rol oynamaktadır. Seyahat edenler, yeni yerler keşfetmenin, farklı kültürleri deneyimlemenin ve dinlenmenin keyfini çıkarırken, turizm faaliyetleri de ziyaret edilen bölgelerin ekonomik kalkınmasına katkıda bulunur. Son yıllarda, turizmin farklı bir boyutu olan sağlık turizmi de giderek önem kazanmaktadır. Sağlık turizmi, sadece tatil amaçlı seyahatlerin ötesine geçerek, bireylerin sağlık hizmetlerinden yararlanmak için başka ülkelere veya bölgelere seyahat etmelerini kapsamaktadır. Bu yeni eğilim, hem ekonomik hem de sağlık açısından çeşitli avantajlar sunmaktadır (Yıldız, 2011; Bilgiçli ve

¹ Prof. Dr., Çukurova Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Ekonometri Bölümü, ssengul@cu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-5648-3270

Altınkaynak, 2016)).

Türkiye’de turizm ve sağlık turizmi alanında yapılmış pek çok çalışma bulunmaktadır. Ancak sağlık turizmi talebini inceleyen çalışma sayısı oldukça azdır. Yapılan literatür taramasında bu alanda yapılan çalışmalarda çoğunlukla sağlık turizminin, SWOT (Zayıf Yönler, Güçlü Yönler, Tehditler, Fırsatlar) analizi yardımıyla zayıf ve güçlü yönlerinin; tehditlerinin ve fırsatlarının incelendiği görülmüştür (Karababa, 2017; Şahin ve Şahin, 2018; Şengül ve Bulut, 2019; Öztürk ve Yazıcıoğlu, 2002). Uluslararası literatürde de tüketici davranışlarına yönelik çalışmalar dikkat çekmektedir (Caballero-Danell ve Mugomba, 2007; Carrera ve Bridges, 2006; Ganguli ve Ebrahim, 2017).

Bu çalışmanın önemi, TÜİK tarafından yürütülen ÇYZA verileri kullanılarak Türkiye’yi tercih eden sağlık turistlerinin sosyo-ekonomik özelliklerinin yanı sıra, hangi ülke vatandaşı olduklarını ampirik bulgulara dayalı olarak belirlemeye yönelik ilk çalışmalardan biri olma özelliğinden kaynaklanmaktadır.

Türkiye’yi ziyaret eden turistlerin ziyaret amaçlarını Türkiye’yi ziyaret eden turistlerin ziyaret amaçlarını dikkate alarak (sağlık hizmeti satın almak, gezi, alış-veriş vb.) sağlık hizmeti satın alan turistlerin gezi, alışveriş amacıyla Türkiye’ye gelen turistlerden farklılıklarını ortaya koymaktır.

ÇOK DURUMLU (MULTINOMIAL) LOGIT MODELİ VE TAHMİNİ

Hem multinomial hem de sıralı çoklu tercih modellerinin oluşturulmasında rassal fayda modeli kuramından yararlanılmaktadır. Öyle ki, J alternatif içinde j-nci alternatifi seçmesinin i-nci bireye sağladığı faydanın en büyük olduğu varsayılmaktadır. Buna göre fayda fonksiyonu Eşitlik 1’de verildiği gibi ele alınmaktadır.

$$U_{ij} = x_i' \beta_j + \varepsilon_{ij}, \quad \text{Prob}(U_{ij} > U_{ik}); \quad k \neq j \quad (1)$$

U_{ij} , i-nci bireyin j-nci seçeneği seçimi sonucu elde ettiği faydayı, x_i ise i-nci bireyin özellikleri gösteren matrisi belirtmektedir. McFadden (1974) tarafından önerilen yöntemle, alternatif kümesinde yer alan tercihlerin her birinin gerçekleşme olasılıkları hesaplanabilmektedir. Buna göre, J alternatif içeren bağımlı değişkende j-nci alternatifi gerçekleşme olasılığı Eşitlik (2) ile gösterilmektedir.

$$p_{ij} = P(Y_i = j) = \frac{e^{x_i' \beta_j}}{\sum_{k=1}^J e^{x_i' \beta_k}} \quad j=1, 2, \dots, J \quad (2)$$

Bu model MNL model olarak isimlendirilmektedir. MNL modelde alternatifler arasında karşılaştırma yapıldığı için J-1 seçimin olasılıkları ile J-nci seçimin olasılığına ulaşılmaktadır. Böylece MNL model Eşitlik (3)’te verildiği gibi de yazılmaktadır.

$$p_{ij} = P(Y_i = j) = \frac{e^{x_i' \beta_j}}{1 + \sum_{k=2}^J e^{x_i' \beta_k}} \quad j=1, \dots, J, \quad \beta_1 = 0 \quad (3)$$

İkili nitel bağımlı değişkenli logit modelde olduğu gibi MNL model için J-1 seçim için bahis oranının logaritması (log odds ratios) elde edilmektedir.

$$\ln\left(\frac{P_{ij}}{P_{ik}}\right) = x_i'(\beta_j - \beta_k) = x_i' \beta_j \quad k=1 \text{ için.} \quad (4)$$

MNL model için hataların bağımsızlığından yola çıkılarak, iki alternatifi olasılıklarının oranının (odds oranı), $\frac{P_j}{P_k}$, diğer alternatiflerden bağımsız olduğu yani ilişkisiz alternatiflerin bağımsızlığı (IIA, the independence of irrelevant alternatives) varsayımı geçerlidir (Greene, 2003, s. 721). Hataların bağımsız

ve sabit varyanslı olduğu varsayımına dayanan IIA varsayımının geçerliliğini test etmek için Hausman ve McFadden (1984) bir test önermişlerdir. Bu teste göre seçim kümesi içinden bir alternatifi varlığı ya da yokluğu diğer alternatiflerin odds oranlarını etkilemiyor ise bu alternatifi modelden çıkarılması parametre tahminlerini sistematik olarak etkilemeyecektir. Bu alternatifi çıkarılması ile etkinlik sağlanmazken, tutarsızlığa da yol açmayacaktır. Ancak ilgili alternatifi, diğer alternatiflerin odds oranlarından bağımsız olmaması durumunda tahmin ediciler tutarsız olacaktır (Greene, 2003, s. 724).

Hausman testi, IIA varsayımının geçerliliğinin test edilmesinde sıklıkla tercih edilmesine rağmen bazı kısıtlar içermektedir. Öyle ki, kullanılan varyans tahmin edicilerinin testin asimptotik özelliklerini gerektirmemesi test istatistiğinin tanımlanamamasına neden olmaktadır. Bunun yanında Hausman testi yalnızca iki tahmin edicinin eşitliğinin test edilmesinde kullanılmaktadır. Bu nedenle, bu tür kısıtları içermeyen Seemingly unrelated estimation tahmin yöntemi Hausman testine alternatif olarak kullanılmaktadır. Her iki test de bağımlı değişkendeki kategorilerin bağımsız olduğunu ifade eden yokluk hipotezi altında test edilmektedir (StataCorp, 2013, s.2240).

MNL modelin tahmini için ikili logit modelinin logaritmik olabilirlik fonksiyonunun genelleştirilmiş bir hali olan logaritmik olabilirlik fonksiyonu kullanılmaktadır. MNL model için logaritmik olabilirlik fonksiyonu, i birey tarafından j -ninci alternatif seçilmesi durumunda $y_{ij} = 1$ aksi durumda $y_{ij} = 0$ olmak üzere Eşitlik(5) ile gösterilmektedir.

$$\ln L = \sum_{i=0}^n \sum_{j=1}^J y_{ij} \ln P(Y_i = j) \quad (5)$$

$P(Y_i = j) = F_j(X_i, \beta)$, açıklayıcı değişkenlerin ve β parametrelerin bir fonksiyonu olmak üzere en çok olabilirlik tahmin edicisinin elde edilmesi için fonksiyonun her bir parametreye göre birinci ve ikinci türevlerinin alınması gerekmektedir. Bu türevler sırasıyla Eşitlik (6) ve Eşitlik (7) ile gösterilmektedir.

$$\frac{\partial \ln L}{\partial \beta_j} = \sum_i (y_{ij} - P_{ij}) x_i \quad j=1,2,\dots,J \quad (6)$$

$$\frac{\partial^2 \ln L}{\partial \beta_j \partial \beta'_l} = - \sum_{i=1}^n P_{ij} [1(j=l) - P_{il} | x_i x'_i] \quad (7)$$

Eşitlik (7)'de $1(j=l)$ değeri, j değeri l değerine eşitse 1 aksi durumda 0 değerine eşittir. Yatay-kesit uygulamalarında standart tahmin tekniği en çok olabilirlik yöntemi olmasına rağmen gözlemlenen birimler arasında korelasyon ya da içsellik problemi olduğu zaman genelleştirilmiş momentler metodu (GMM) gibi momente dayalı tahmin ediciler daha uygun olmaktadır (Greene, 2003, s. 720-728, Cameron ve Trivedi, 2005, s. 497-501).

MNL modelde katsayıların doğrudan yorumlanması kolay olmadığı için logit modelde olduğu gibi olasılıklar üzerinden açıklayıcı değişkenlerin marjinal etkileri hesaplanabilmektedir. Eşitlik (6.30)'de açıklayıcı değişkenlerin marjinal etkileri verilmektedir.

$$\delta_j = \frac{\partial P_j}{\partial x_i} = P_j \left[\beta_j - \sum_{k=1}^J P_k \beta_k \right] = P_j [\beta_j - \bar{\beta}] \quad (8)$$

MNL modelde marjinal etki değerleri, açıklayıcı değişimdeki bir birimlik değişime göreli seçilen alternatifi olasılığındaki beklenen değişimi vermektedir. Marjinal etkilerin ve katsayıların işaretleri bütün katsayıların işaretleri ve büyüklüklerine bağlı olduğu için farklı olabilmektedir (Greene, 2003, s. 720-728).

ÇALIŞMADA KULLANILAN VERİLER

Bu çalışmada Türkiye'ye sağlık turizmi için gelen turistlerin Türkiye'yi seçmelerinde etkili olan değişkenlerin belirlenmesi amacıyla yapılan analizlerde TÜİK tarafından yayımlanan turizm istatistikleri kapsamında 2019-2023 yılları arasında ÇYZA (Çıkış Yapan Ziyaretçiler İstatistikleri, Vatandaş Giriş

İstatistikleri) kapsamında Türkiye’ye gelen ve geliş amacı ne olursa olsun Türkiye’de sağlık harcaması yapan turistlerin toplulaştırılmış verileri kullanılmıştır. Bu veri setinde Türkiye’ye geliş nedenini “Sağlık ve tıbbi nedenler (1 yıldan az)” olarak beyan eden ziyaretçiler sağlık turisti olarak belirlenmiştir. ÇYZA her yıl 3 aylık periyodları kapsayan 4 dönem halinde uygulanmaktadır, 2023 yılına ait veriler yılın ilk 3 ayını kapsamaktadır. Dönemsel olarak uygulanan bu anket için istenen düzeyde tahminlere ulaşmak için, Emniyet Genel Müdürlüğü’nden bir önceki yılın ilgili dönemine ait pasaport kayıtlarından alınan milliyet bazında çıkış yapan toplam ziyaretçi sayıları çerçeve olarak kullanılmakta olup, kota örnekleme ile ülke bazında kotalar belirlenmektedir. Sınır kayıtları ikamete dayalı olmadığından örnekleme çalışması pasaport milliyet bilgisine göre yapılmaktadır (TÜİK, 2024).

Türkiye’de Turizm İstatistikleri Resmi İstatistik Programı (RİP) (2022-2026)’da belirtildiği gibi “Çıkış Yapan Ziyaretçiler İstatistikleri, Vatandaş Giriş İstatistikleri, Hanehalkı Yurtiçi ve Yurtdışı Turizm İstatistikleri, Konaklama İstatistikleri, Sınır İstatistikleri, Tesis İstatistikleri, Yat İstatistikleri ve Turizm Uydu hesaplarından oluşmaktadır (TÜİK, 2024).

ÇYZA tüm çıkışların %90’ının yapıldığı aktif 22 sınır kapısında yapılmaktadır. ÇYZA’da veriler, hazırlanan soru formu kullanılarak, aylık/çeyreklik olmak üzere yüz yüze görüşme yöntemi ile yapılan anketlerden sağlanmaktadır. 2001 yılından itibaren düzenli olarak, belirlenen sınır kapılarında aylık/üç aylık yapılmakta olan ÇYZA’nın kapsamını, yurt dışında ikamet edip, günübirlik ve geceleme amacıyla ülkemizi ziyaret eden 14 yaşından büyük vatandaş ve yabancılar oluşturmaktadır (TÜİK, 2024).

ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu bölümde, TÜİK 2019-2023 yıllarını kapsayan ÇYZA’dan elde edilen Türkiye’ye gelen ve geliş amacı ne olursa olsun Türkiye’de sağlık harcaması yapan turistlerin verilerinden yararlanarak hesaplanan özet istatistikler ve model tahminlerinin yorumları verilmiştir.

Tablo 1: Türkiye’ye Gelen Turistlerin Geliş Nedenlerine Göre Dağılımı

Geliş Nedeni	%
Gezi, eğlence, sportif ve kültürel faaliyetler	38
Sağlık ve tıbbi nedenler (1 yıldan az)	29
Akraba ve arkadaş ziyareti	28
İş amaçlı (konferans, toplantı, görev vb.)	2
Eğitim, staj (1 yıldan az)	1
Alışveriş	1
Diğer	1
Dini/hac	0
Transit	0

Kaynak: Yazarlar tarafından çalışmada kullanılan verilerden oluşturulmuştur.

Tablo 1’de Türkiye’ye gelen turistlerin geliş nedenlerini göstermektedir. Türkiye’ye gelen turistlerin geliş nedenleri arasında; %38 oranıyla ilk sırada “gezi, eğlence, sportif ve kültürel faaliyetler”, ikinci sırada %29 oranıyla “sağlık ve tıbbi nedenler (1 yıldan az)” ve üçüncü sırada %28 oranıyla “akraba ve arkadaş ziyareti” gelmekte, “dini/hac” ve “transit” amacıyla ziyaret ise en son sırada yer almaktadır.

Tablo 2: Türkiye’ye Gelen Turistlerin Gelir Düzeyi ve Geliş Nedenlerinin Dağılımı

Geliş Nedeni	Gelir Düzeyi			Toplam	%		
	Yüksek	Orta	Düşük		Yüksek	Orta	Düşük
Sağlık ve tıbbi nedenler (1 yıldan az)	2740	12219	1230	15122	18.12	80.80	8.13

İş amaçlı (konferans, toplantı, görev vb.)	232	741	76	1049	22.12	70.64	7.24
Gezi, eğlence, sportif ve kültürel faaliyetler	3048	14503	2191	19742	15.44	73.46	11.10
Eğitim, staj (1 yıldan az)	26	269	41	336	7.74	80.06	12.20
Dini/hac	5	24	6	35	14.29	68.57	17.14
Alışveriş	100	382	50	532	18.80	71.80	9.40
Akraba ve arkadaş ziyareti	1597	11761	1074	14432	11.07	81.49	7.44
Transit	1	42	1	44	2.27	95.45	2.27
Diğer	16	426	183	625	2.56	68.16	29.28
Toplam	7765	39300	4852	51917	14.95	75.70	9.35

Kaynak: Çalışmada kullanılan verilerden hesaplanmıştır.

Tablo 2’de Türkiye’ye ziyaret eden turistlerin gelir düzeyine geliş nedenlerini göstermektedir. Türkiye’yi ziyaret eden turistlerin geliş nedenleri ne olursa olsun büyük bir çoğunluğunun orta gelir seviyesinde olduğu görülmektedir.

Tablo 3: Modelde Kullanılan Değişkenlerin Tanımları ve Tanımlayıcı İstatistikleri

Değişken	Açıklama	Ortalama	Standart Sapma
seyahat	Seyahat organize şekli bireysel ise 1, paket tur ise 0	0.783	0.412
paket	Seyahat organize şekli paket ise 1, bireysel ise 0 (Referans değişken)	0.217	0.412
cin	Birey erkek ise 1, değilse 0	0.533	0.499
kadın	Birey kadın ise 1, değilse 0 (Referans değişken)	0.467	0.499
milliyet	Türk vatandaşı olup yurt dışında ikamet ediyorsa 1, değilse 0	0.172	0.377
Milliyet1	Yabancı uyruklu ise 1, Türk vatandaşı ise 0	0.828	0.377
kadınmilliyet	Yurtdışında ikamet eden Türk vatandaşı kadın ise 1, değilse 0	0.074	0.262
Yüksek	Çok yüksek ve yüksek gelir grubunda ise 1, değilse 0	0.150	0.357
Orta	Orta gelir grubunda ise 1, değilse 0	0.757	0.429
Düşük	Düşük ve çok düşük gelir grubunda ise 1, değilse 0 (Referans Değişken)	0.093	0.291
Avrupagenel	Almanya, Bulgaristan, Ukrayna dışındaki Avrupa Ülkelerinde ise 1, değilse 0	0.359	0.480
Almanya	İkamet edilen ülke Almanya ise 1, değilse 0	0.229	0.420
Bulgaristan	İkamet edilen ülke Bulgaristan ise 1, değilse 0	0.018	0.134
Azerbaycan	İkamet edilen ülke Azerbaycan ise 1, değilse 0	0.055	0.229
Rusya	İkamet edilen ülke Rusya ise 1, değilse 0	0.095	0.293
Ukrayna	İkamet edilen ülke Ukrayna ise 1, değilse 0	0.033	0.177
ABDKanada	İkamet edilen ülke ABD veya Kanada ise 1, değilse 0	0.012	0.111

Irak	İkamet edilen ülke Irak ise 1, değilse 0	0.054	0.225
Afrika	İkamet edilen ülke Afrika ise 1, değilse 0	0.022	0.148
almanyamil	Almanya’da yaşayan Türk vatandaşı etkileşim değişkeni	0.097	0.296
Kadınpaket	Kadın turistin paket tur ile Türkiye’ye gelmesi etkileşim değişkeni	0.127	0.333
beraberinde_gelen	Beraberinde gelen kişi sayısı	0.173	0.519
Sağlık	Sağlık ve tıbbi nedenlerle gelen sayısı	0.291	0.454
İş	İş amacıyla gelen sayısı	0.020	0.141
Gezi	Gezi, eğlence, sportif ve kültürel faaliyetler için gelen sayısı	0.380	0.485
Eğitim	Eğitim, staj için gelen sayısı	0.006	0.080
Din	Dini nedenlerle gelen sayısı	0.001	0.026
Alışveriş	Alışveriş amacıyla gelen sayısı	0.010	0.101
Akrabaarkadaş	Akraba veya arkadaş ziyareti için gelen sayısı	0.278	0.448
transit	Asıl amacı Türkiye’yi ziyaret olmayan, farklı bir lokasyona seyahat ederken Türkiye’de bulunan ziyaretçi sayısı	0.001	0.029
diğerziyaret	Diğer ziyaretçi sayısı	0.012	0.109
Kalınan Toplam Gece Sayısı	Toplam kalınan gün sayısı	18.62	32.26
yıl2019	2019 yılında gelen ziyaretçi sayısı	0.168	0.374
yıl2020	2020 yılında gelen ziyaretçi sayısı	0.194	0.396
yıl2021	2021 yılında gelen ziyaretçi sayısı	0.355	0.479
yıl2022	2022 yılında gelen ziyaretçi sayısı	0.220	0.414
yıl2023	2023 yılında gelen ziyaretçi sayısı	0.063	0.242
Gözlem Sayısı	51917		

Kaynak: Çalışmada kullanılan verilerden hesaplanmıştır.

Tablo 3’te Türkiye’yi ziyaret eden turistlerin ziyaret amaçlarını dikkate alarak, sağlık (sağlık hizmeti almak için gelen), gezi (gezi, eğlence, sportif ve kültürel faaliyetler için gelen) ve diğer nedenlerle (alışveriş, akraba-arkadaş ziyareti, iş, eğitim vb.) gelme olasılıklarının belirleyicilerini incelemek için multinomial logit model tahmin edilmiştir.

Tablo 2: Multinomial Logit Model Parametre Tahminleri

Ziyaret Amaç	Sağlık			Gezi		
	Katsayı	Std. Hata	z	Katsayı	Std. hata	z
seyahat	-3.25*	0.13	-25.8	-5.02*	0.12	-40.79
cin	0.36*	0.03	11.86	-0.16*	0.03	-5.06
yas	-0.01*	0.00	-7.65	-0.00*	0.00	4.7
milliyet	1.51*	0.05	28.26	1.15*	0.06	19.76
kadınmilliyet	0.30*	0.07	4.43	0.04	0.07	0.6

yüksek	0.37*	0.06	6.16	0.48*	0.06	7.67
orta	0.00	0.04	0.06	0.04	0.05	0.96
Avrupagenel	0.38*	0.04	9.88	-0.34*	0.04	-8.91
Almanya	-0.95*	0.05	-18.81	-0.61*	0.04	-13.74
Bulgaristan	0.78*	0.08	9.33	-0.84*	0.11	-7.51
Azerbaycan	0.68*	0.05	12.78	-1.28*	0.07	-17.22
Rusya	-0.46*	0.09	-5.36	0.94*	0.07	14.29
Ukrayna	-0.34*	0.12	-2.97	0.26*	0.10	2.75
ABD ve Kanada	1.11*	0.11	9.66	0.27	0.12	2.17
Irak	1.87*	0.07	27.42	0.11	0.08	1.38
Afrika	0.64*	0.09	7.41	0.33*	0.09	3.77
almanyamil	1.06*	0.07	14.42	0.45*	0.07	6.36
kadınpaket	0.01	0.07	0.13	-0.12	0.07	-1.59
beraberinde_gelen	-0.77*	0.04	-21.39	0.10*	0.02	4.14
yıl2023	0.36*	0.06	6.29	-0.47*	0.07	-7.13
yıl2022	0.12*	0.04	2.83	-0.24*	0.05	-5.33
yıl2021	-0.81*	0.04	-20.41	-0.48*	0.04	-12.13
yıl2020	-0.58*	0.04	-13.33	-0.58*	0.04	-13.21
_cons	3.53*	0.14	24.68	5.54*	0.14	39.29

Not: *%1, **%5, ***%10 önem düzeylerini göstermektedir.

Tablo 4'te sağlık ve gezi amacıyla gelen bireylere ait veriler için yapılan Multinomial Logit Analiz sonuçları yer almaktadır. Orta gelir grubu, kadının paket tur ile Türkiye'ye turist olarak gelmesi değişkenlerinin katsayıları her iki eşitlikte de istatistiksel olarak anlamsız elde edilmiştir. Yurt dışında yaşayan Türk vatandaşı kadınlar değişkenin katsayısı da sağlık eşitliğinde istatistiksel olarak anlamlı, gezi, eğlence, sportif ve kültürel faaliyetler amacıyla Türkiye'ye turist olarak gelenler eşitliğinde istatistiki olarak anlamsız elde edilmiştir.

Türkiye'ye seyahatin bireysel olarak organize edilmesi hem sağlık amacıyla hem de gezi amacıyla gelme olasılığı üzerindeki etkisi negatiftir. Bireyin erkek olması sağlık amacıyla gelme olasılığını pozitif etkilerken gezi amacıyla gelme olasılığını negatif etkilemektedir.

Yaş değişkeninin sağlık ve gezi amacıyla Türkiye'ye turist olarak gelme olasılığı üzerindeki etkisi negatif işaretli elde edilmiştir. Turistin yabancı uyruklu olması hem sağlık hem gezi amacıyla Türkiye'ye gelme olasılığını negatif etkilemektedir. Yurt dışında yaşayan Türk vatandaşlarının sağlık turisti olarak Türkiye'ye gelme olasılıkları pozitif işaretli bulunmuştur. Yüksek gelir grubu değişkeni, Türkiye'ye sağlık turisti olarak ve gezi amacıyla gelme olasılığını pozitif etkilemektedir. Avrupa'da (Almanya ve Bulgaristan hariç), Bulgaristan'da, Azerbaycan'da yaşayan turistlerin Türkiye'yi sağlık turisti olarak tercih etmeleri, diğer ülkelerde ikamet eden turistlere göre daha fazladır; gezi, eğlence, sportif ve kültürel faaliyetler için tercih etme olasılıkları ise daha azdır. Rusya ve Ukrayna'da yaşayan yabancı turistlerin Türkiye'ye sağlık turisti olarak gelmeleri diğer ülkelerde ikamet eden turistlere göre az iken, gezi, eğlence vb. turisti olarak gelme olasılıkları daha fazladır. Irak, Afrika ve ABD ve Kanada'dan Türkiye'ye hem sağlık turisti olarak hem de gezi, eğlence, sportif ve kültürel faaliyetler amacıyla turist olarak gelme olasılıkları, diğer ülkelerde yaşayan turistlere göre fazladır. Almanya'da yaşayan Türk vatandaşlarının hem sağlık turisti olarak, hem de gezi amacıyla Türkiye'ye turist olarak gelme olasılıkları diğerlerine göre fazladır. Ancak Alman vatandaşının hem sağlık turisti hem de gezi, eğlence vb. turisti olarak Türkiye'ye gelme olasılığı; diğer ülke vatandaşlarına göre daha azdır. Türkiye'ye gelen turistin beraberinde gelen kişi sayısının artması sağlık turizmi yapmasını azaltırken, gezi amaçlı turizm yapma olasılığını azaltmaktadır.

Tablo 3: Multinomial Logit Modelin Marjinal Etkileri

	Sağlık		Gezi		Diğer	
	Marjinal Etki	Std. hata.	Marjinal Etki	Std. hata	Marjinal Etki	Std. Hata
seyahat	-0.15*	0.01	-0.52*	0.01	0.68*	0.02
cin	0.07*	0.00	-0.05*	0.00	-0.02*	0.00
yas	0.00*	0.00	0.00	0.00	0.00*	0.00
milliyet	0.16*	0.01	0.06*	0.01	-0.22*	0.01
kadınmilliyet	0.05*	0.01	-0.02	0.01	-0.03*	0.01
yüksek	0.02*	0.01	0.05*	0.01	-0.07*	0.01
orta	-0.004	0.01	0.006	0.01	-0.002	0.01
Avrupagenel	0.09*	0.01	-0.08*	0.01	-0.01	0.01
Almanya	-0.11*	0.01	-0.02*	0.01	0.13*	0.01
Bulgaristan	0.19*	0.01	-0.19*	0.02	0.00	0.01
Azerbaycan	0.21*	0.01	-0.25*	0.01	0.04*	0.01
Rusya	-0.15*	0.01	0.18*	0.01	-0.03*	0.01
Ukrayna	-0.08*	0.02	0.07*	0.01	0.01	0.02
ABD-Kanada	0.16	0.01	-0.04	0.01	-0.12	0.01
Irak	0.30*	0.01	-0.13*	0.01	-0.17*	0.01
Afrika	0.08*	0.01	0.00	0.01	-0.08*	0.01
almanyamil	0.14*	0.01	-0.01	0.01	-0.13*	0.01
kadınpaket	0.01	0.01	-0.02**	0.01	0.01	0.01
beraberinde_gelen	-0.13*	0.01	0.07*	0.00	0.06*	0.00
yıl2023	0.10*	0.01	-0.10*	0.01	0.00	0.01
yıl2022	0.04	0.01	-0.05	0.01	0.01	0.01
yıl2021	-0.10	0.01	-0.01	0.01	0.11	0.01
yıl2020	-0.05*	0.01	-0.05*	0.01	0.10*	0.01

Not: *%1, **%5, ***%10 önem düzeylerini göstermektedir.

Tablo 5'te Multinomial logit modelden hesaplanan marjinal etkiler verilmiştir. Diğer değişkenler sabit tutulduğunda seyahatin bireysel olarak organize edilmesi paket tur olarak organize edilmesine göre turistlerin sağlık hizmeti satın almak için Türkiye'ye gelme olasılığını %15, gezi, eğlence, sportif ve kültürel faaliyetler, alışveriş vb. amacıyla gelme olasılığını %52 azaltmakta ve akraba-arkadaş ziyareti, iş vb. diğer amaçlarla gelme olasılığını ise %68 arttırmaktadır. Turistin erkek olmasının, kadın olmasına göre, sağlık hizmeti satın almak amacıyla Türkiye'ye gelme olasılığını %7 arttırırken; gezi, eğlence, sportif ve kültürel faaliyetler, alışveriş vb. için Türkiye'ye gelme olasılığını %5 ve akraba-arkadaş, eğitim vb. diğer amaçlarla gelme olasılığını %2 azaltmaktadır.

Türk vatandaşı olup yurtdışında ikamet eden yabancı uyruklu ziyaretçilere göre sağlık amacıyla Türkiye'ye turist olarak gelme olasılığı %16, akraba-eş dost ziyareti, alışveriş vb. amacıyla gelme olasılığı %3 daha az iken gezi amacıyla gelmesi olasılığı %2 daha fazladır. Yurtdışında yaşayan Türk vatandaşı kadın turistin diğer turistlere göre sağlık amacıyla Türkiye'ye turist gelme olasılığı %5 daha fazla; gezi, eğlence, sportif ve kültürel faaliyetler, alışveriş vb. için gelme olasılığı %2 ve alışveriş, akraba eş-dost ziyareti, eğitim vb. gibi diğer nedenlerle gelme olasılığı ise %3 daha azdır.

Ziyaretçinin yüksek gelir grubunda olması, düşük gelir grubunda olmasına göre sağlık amacıyla Türkiye'ye turist olarak gelme olasılığı %2 daha fazla, gezi amacıyla gelmesi olasılığı %5 daha fazla ve alışveriş, eğitim, iş vb. nedenlerle gelme olasılığı %7 daha azdır.

Avrupa’da (Almanya ve Bulgaristan hariç) ikamet eden yabancı uyruklu turistlerin Türkiye’yi sağlık turisti olarak ziyaret etme olasılıkları %9, Bulgarların %19, Azerbaycanlı vatandaşların %21 diğer vatandaşlara göre daha fazla iken, gezi, eğlence, sportif ve kültürel faaliyetler amaçlı ziyaret etme olasılıkları sırasıyla, %9, %19 ve %21 daha azdır.

Almanya’da ikamet edenlerin sağlık hizmeti satın almak için Türkiye’ye turist olarak gelme olasılığı %11, gezi, eğlence, sportif ve kültürel faaliyetler, alışveriş vb. amaçla gelme olasılığı ise %2 diğer vatandaşlara göre daha azdır.

Türkiye’ye gelen turistin beraberinde gelen kişi sayısının artması sağlık turizmi yapma olasılığını %13 azaltırken; gezi, eğlence, sportif ve kültürel faaliyetler, alışveriş eğlence vb. amacıyla turizm yapma olasılığını ise %7 artırmaktadır.

Turistlerin %78.3’ü bireysel olarak, %21.7’sinin paket tur ile Türkiye’ye geldiği; %53.3’ünün erkek, %46.7’sinin kadın olduğu belirlenmiştir. Paket tur ile Türkiye’ye turist olarak gelen kadınlar toplam turistlerin %12.7’si kadardır. Yurtdışında yaşayan Türk vatandaşı kadınlardan Türkiye’yi turist olarak ziyaret edenlerin oranı ise %7.4’tür.

Türkiye’yi ziyaret eden turistlerin %17.2’sinin Türk vatandaşı olduğu ve yurtdışında ikamet ettiği, %82.8’inin ise yabancı uyruklu olduğu görülmektedir. Türkiye’yi ziyaret eden turistlerin %9.7’si Almanya’da yaşayan Türk vatandaşlarıdır. Turistlerin %22.9’unun Almanya’da, %1.8’inin Bulgaristan’da, %5.5’inin Azerbaycan’da, %9.5’inin Rusya’da, %3.3’ünün Ukrayna’da, %1.2’sinin ABD veya Kanada’da, %5.4’ünün Irak’ta, %2.2’sinin Afrika’da ve %35.9’unun Almanya, Bulgaristan, Ukrayna dışındaki Avrupa ülkelerinde ikamet ettiği görülmektedir.

Türkiye’yi ziyaret eden turistlerin %15’i çok yüksek ve yüksek gelir grubunda, %75.7’si orta gelir grubunda, %9.3’ü düşük ve çok düşük gelir grubundadır. Turistlerin %16.8’i 2019 yılında, %19.4’ü 2020 yılında, %35.5’i 2021 yılında, %22’si 2022 yılında ve %0.6’sı 2023 yılında Türkiye’ye gelmiştir. 2023 yılına ait veriler I. ve II. çeyrek dönemi kapsamaktadır.

SONUÇ

Çalışmada TÜİK tarafından yayımlanan 2019-2023 yıllarını kapsayan ÇYZA’dan sağlanan veriler kullanılmıştır. Türkiye’yi sağlık turisti olarak ziyaret eden turistlerin; gezi, eğlence, sportif ve kültürel faaliyet vb. amaçlı ziyaret edenlerden farklılıklarını orta koymak amacıyla Multinomial logit modeli tahmin edilmiştir.

Bu çalışmada elde edilen bulgular doğrultusunda sağlık turizmi için Türkiye’ye gelen ziyaretçilerin büyük bir çoğunluğunun seyahatlerini bireysel olarak organize ettiği belirlenmişti. Buna bağlı olarak sağlık turizmi için gelecek ziyaretçilere yönelik paket tur ile seyahat organizasyonu yapılmasını teşvik etmek üzere ilgili ulusal ya da uluslararası hizmet sağlayıcılara teşvik, vergi düzenlemeleri ve mevzuat düzenlemelerini içeren politikaların belirlenmesi sağlık turizminin ekonomik ve sosyal kalkınmaya katkısını önemli ölçüde artıracığı düşünülmektedir. Bunlara ek olarak; ulusal ya da uluslararası hizmet sağlayıcıların, müşterilerine sağlık turizmi ve diğer turizm çeşitlerini (gezi, eğitim vb.) harmanlayan karma paket turlar ya da farklı gelir grupları, yaş gruplarını hedef alan seyahat planları sunmaları yılın on iki ayı devamlılığı olan sağlık turizminin potansiyelini artırıcı yönde etkisi olacaktır.

Türkiye’ye gelen sağlık turistlerinin hangi hizmeti satın almak için geldiğini belirlemeye yönelik verilerin toplanması, sağlık turizmini geliştirecek politikaların oluşturulmasına önemli katkı sağlayacaktır. Bu çalışmanın sonuçları, Türkiye’nin sağlık, gezi eğlence vb. turizmine yönelik mevcut durumunun ve potansiyelinin belirlenmesi ve bu minvalde yapılacak akademik çalışmalara yeni bir bakış açısı kazandırması anlamında büyük bir katkıda bulunacaktır.

KAYNAKÇA

- Bahar, O., & Bozkurt, K. (2010). Gelişmekte olan ülkelerde turizm-ekonomik büyüme ilişkisi: dinamik panel veri analizi. *Anatolia: Turizm Araştırmaları Dergisi*, 21(2), 255-265.
- Bilgiçli, İ., & Altınkaynak, F. (2016). Turizm endüstrisinin Türkiye ekonomisi içindeki yeri ve önemi; Ekonomi paradigmasıyla yaklaşım. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 12(12), 560-580.

- Caballero-Danell, S., & Mugomba, C. (2007). Medical tourism and its entrepreneurial opportunities-A conceptual framework for entry into the industry. *rapport nr.: Master Thesis 2006: 91*.
- Cameron, A. C., & Trivedi, P. K. (2005). *Microeconometrics: methods and applications*. Cambridge university press.
- Carrera, P. M., & Bridges, J. F. (2006). Globalization and healthcare: understanding health and medical tourism. *Expert review of pharmacoeconomics & outcomes research*, 6(4), 447-454.
- Çakıcı, A. C. (2019). *Kavramlar ve örneklerle genel turizm*. Ankara: Detay Yayıncılık.
- Çımat, A., & Bahar, O. (2003). Turizm sektörünün Türkiye ekonomisi içindeki yeri ve önemi üzerine bir değerlendirme. *Akdeniz İ.İ.B.F. Dergisi* (6), 1-18.
- Ganguli, S., & Ebrahim, A. H. (2017). A qualitative analysis of Singapore's medical tourism competitiveness. *Tourism Management Perspectives*, 21, 74-84.
- Greene, W. H. (2003). *Econometric analysis*. Fifty Edition. Pearson Education: New Jersey
- Karababa, A. G. (2017). Türkiye’de sağlık turizminin ekonomik yönü. *Türk Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 2(1), 58-69.
- McFadden, D. (1974). The measurement of urban travel demand. *Journal of Public Economics*, 3(4), 303-328.
- Öztürk, Y., & Yazıcıoğlu, İ. (2002). Gelişmekte olan ülkeler için alternatif turizm faaliyetleri üzerine teorik bir çalışma. *Ticaret ve Turizm Eğitim Fakültesi Dergisi*, 2(10), 183-195.
- Resmi Gazete (2017, Temmuz). *Uluslararası Sağlık Turizmi ve Turistin Sağlığı Hakkında Yönetmelik*. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2017/07/20170713-3.htm> (Erişim tarihi: 02.05.2024).
- StataCorp, (2013). *Stata: Release 13. Statistical Software*. College Station, TX: StataCorp LP. <http://www.stata.com/manuals13/r.pdf>. (Erişim Tarihi: 04.03.2024)
- Şahin, Ö. U., & Şahin, M. (2018). Türkiye’de sağlık turizminin potansiyeli ve geleceği: Swot analizi. *Journal of Awareness*, 3(5), 287-300.
- Şengül, H., & Bulut, A. (2019). Sağlık turizmi çerçevesinde Türkiye’de termal turizm; Bir SWOT analizi çalışması. *ESTÜDAM Halk Sağlığı Dergisi*, 4(1), 55-70.
- Train, K. (1997), Halton sequences for mixed logit. Department of Economics, UCB. <https://escholarship.org/uc/item/6zs694tp>
- Train, K. (2003). *Discrete Choice Methods with Simulation*, Cambridge University Press.
- Tuna, H. (2021). Sağlık turizmi kapsamında geleneksel, tamamlayıcı ve fonksiyonel tıp turizmi. *Abant Sosyal Bilimler Dergisi*, 21(1), 259-281.
- TÜİK (2024), Turizm İstatistikleri, İstatistik Veri Portalı. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=egitim-kultur-spor-ve-turizm>, (Erişim tarihi: 11.05.2024).
- Yıldız, Z. (2011). Turizmin sektörünün gelişimi ve istihdam üzerindeki etkisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Vizyoner Dergisi*, 3(5), 54-71.

ENERJİ TÜKETİMİNİN SİMÜLASYONU VE KONTROLÜ İÇİN KESİKLİ ÜRETİM MODELİ

MULTIGRAIN BATCH PRODUCTION MODEL FOR SIMULATION AND CONTROL OF ENERGY CONSUMPTION

Abidin Orhan¹ 
Serpil Aydın² 

ÖZET

Enerji, gelecekteki ekonomik büyüme ve refah için en temel kaynaktır ve tüketiminin önümüzdeki on yıllar boyunca artmaya devam etmesi beklenmektedir. 2030 yılında dünya enerji talebinin bugünkü seviyelerden %45 daha yüksek olacağı tahmin edilmektedir. Enerji tüketiminin etkinliğinin ve verimliliğinin dikkatle incelenmesi gerekmekte ve bir sistem içinde enerji kullanımının ayrıntılı bir dökümünü sağlayabilecek yöntem ve araçlara ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrık olay simülasyonu, üretim planının performansının değerlendirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Üretim planının simülasyon yoluyla enerji ile ilgili kararlarının alınması, üretim sürecini değerlendirmek için resmi bir enerji tüketim modeline ihtiyaç duymaktadır. Bu çalışmada, üretimin enerji tüketim sürecini simüle etmek ve kontrol etmek için çok tanecikli bir durum şeması modeli önerilerek Türkiye'nin genel bir enerji tüketim profili tanımlanmıştır. Modelin kullanımını göstermek için 2019-2021 yıllarına ait veriler baz alınarak oluşturulan Sankey Diagramı Arena yazılımı kullanılarak modellenmiştir. Bazı performans göstergeleri simülasyondan toplanmış ve modelin etkinliğini göstermek için karşılaştırılmıştır. Bu çalışmanın üretim sırasında enerji tüketiminin en aza indirilmesini destekleyebileceğine ve daha da fazla enerji tasarrufu için tasarım kararlarını etkileyebileceğine inanılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Enerji, Simülasyon, Ayrık Olay, Yenilenebilir Enerji, Sankey

How to Cite This Article

ORHAN, A. & AYDIN, S. (2025). "Enerji Tüketiminin Simülasyonu ve Kontrolü İçin Kesikli Üretim Modeli" IQR Journal of Applied Statistics in Social Science (IQR-J) Vol:1, Issue:1.

Arrival: 2 February 2025

Published: 19 April 2025

ABSTRACT

Energy is the most fundamental resource for future economic growth and prosperity, and its consumption is expected to continue to increase over the coming decades. By 2030, world energy demand is estimated to be 45% higher than today's. The effectiveness and efficiency of energy consumption need to be carefully scrutinised, and methods and tools are required to provide a detailed breakdown of energy use within a system. Discrete event simulation plays a vital role in assessing the performance of the production plan. Making energy-related decisions regarding the production plan through simulation requires a formal energy consumption model to evaluate the production process. In this study, Turkey's overall energy consumption profile is defined by proposing a multi-granular state diagram model to simulate and control the energy consumption process of production. To demonstrate the use of the model, a Sankey Diagram with the consumption state for 2019-2021 is created and modelled using ArenaTM, a general-purpose software developed by Rockwell Automation and widely used in industry and academia. Some performance indicators were collected from the simulation and compared to show the model's effectiveness. This study is believed to support minimising energy consumption during production and influence design decisions for even more energy savings.

Keywords: Energy, Simulation, Discrete Event, Renewable Energy, Sankey

1. GİRİŞ

Enerji, 21. yüzyılda ayrıştırılmış ve kritik kaynaklardan biri haline gelmiştir. Küresel ekonomi hızla büyürken, sanayileşme, şehirleşme ve nüfus artışı gibi faktörler, enerji talebini sürekli olarak artırmaktadır. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) ve diğer harcamaların raporlarına göre, 2030 yılı genelinde

¹Yüksek Lisans Öğrencisi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Atakum, Samsun, Türkiye.

² Dr. Öğr. Üyesi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Fakültesi, İstatistik Bölümü, Atakum, Samsun, Türkiye.

dünya genelindeki enerji talebinin, mevcut işleyişin yaklaşık %45 oranında artacağı öngörülmektedir. Bu artış hem üretim devamı hem de enerji tüketim süreçlerinin derinliğinden kaynaklanmaktadır. Bu nedenle enerji verimliliği ve sürdürülebilir enerji yönetimi, gelişmiş ekonomik büyüme ve büyümenin sürdürülebilirliği son derece önemlidir. Hem enerjinin verimli kullanılması hem de maliyetlerin kontrol edilebilmesi için üretim büyümesine karşılık enerji tüketiminin optimize edilmesi gerekmektedir. Üretim sektöründeki enerji verimliliğini sağlamak uzun vadede maliyet tasarrufu sağlamak için de elzemdir. Özellikle, yenilenebilir enerji kaynaklarının entegrasyonu ve akıllı şebeke teknolojilerinin gelişimi gibi konularda simülasyonun önemi daha da artmaktadır. Bu sayede, daha sürdürülebilir ve verimli enerji sistemleri tasarlanabilir ve enerji sektörünün geleceğini şekillendirebiliriz.

Enerji sistemleri, karmaşık bir etkileşim ağı içinde yer alan çok çeşitli enerji kaynakları, teknolojileri ve altyapıları içerir. Bu sistemlerin çevresel ve sosyoekonomik boyutları, sürdürülebilirlik hedefleriyle birleştiğinde, enerji sistemlerinin analizi büyük önem kazanmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının yükselişi, enerji depolama çözümlerinin gelişimi ve dijitalleşme gibi faktörler, enerji sistemlerinin geleceğini şekillendirirken, simülasyon modellemesi bu dönüşümde kritik bir rol oynamaktadır. Simülasyon modelleri, gerçek dünyadaki enerji sistemlerinin sanal kopyalarını oluşturarak, araştırmacıların ve karar alıcıların farklı senaryoları test etmelerine, potansiyel sonuçları değerlendirmelerine ve daha bilinçli kararlar almalarına olanak tanır. Bu sayede, enerji sistemlerindeki karmaşık etkileşimler ve geri besleme döngüleri daha iyi anlaşılır.

Ayrık Olay Simülasyonu (DES) enerji üretimi ve dağıtım faaliyetlerinin optimizasyonunda önemli bir araçtır. Ayrık olay simülasyonu, karmaşık üretim ve tüketim süreçlerini modelleyerek her olayın zamanında mevcut olduğunu analiz etme imkânı sunmaktadır. Bu yöntemde, üretim hattındaki her aşamada enerji tüketimi, sistemdeki diğer parametrelerle iletişimlerini ve darboğazları belirlemeyi mümkün kılar.

Sankey diyagramları, karmaşık sistemlerdeki akışları (enerji, madde, maliyet vb.) görsel olarak temsil eden, güçlü bir veri görselleştirme yöntemidir. Enerji sistemlerinde sıklıkla kullanılan Sankey diyagramlarının simülasyon ile birleşimi, enerji sistemlerinin karmaşık yapısını daha iyi anlamak için güçlü bir araç sunar. Bu ikilinin birlikte kullanımı, enerji akışlarını görselleştirerek, farklı senaryolar altında sistem performansını değerlendirmeye ve enerji verimliliğini artırmaya yönelik stratejiler geliştirmeye olanak tanır. Özellikle, farklı enerji kaynaklarının etkilerini analiz etmek, yenilenebilir enerji entegrasyonunu değerlendirmek ve sistemdeki kayıpları minimize etmek için bu yaklaşım oldukça faydalıdır. Farklı senaryoları simüle ederek, enerji üretimi, tüketimi ve dağıtım arasındaki etkileşimleri daha iyi anlamak ve sistem performansını optimize etmek mümkündür. Bu çalışmada, 2019-2021 yıllarına ait ülkemizin enerji verileri kullanılarak oluşturulan Sankey Diyagramı üzerinden enerji optimizasyonuna yönelik simülasyon modeli oluşturulmuştur. Enerji tüketim sürecinin modellenmesi ve simülasyonu ile Türkiye'nin enerji tüketim profili değerlendirilecektir. Bu kapsamda kullanılacak olan Arena yazılımı ile üretimin her adımını ayrı ayrı simüle etme, enerji tüketiminin hangi noktalarda yoğunlaştığını görebilme ve hangi geniş kitlenin enerji verimliliği açısından zayıf olduğu gibi kritik veriler sağlanmaktadır.

2. LİTERATÜR

Paulista ve ark. (2019) endüstriyel bir tesiste elektrik enerjisi tüketimi ve üretimi üzerine Ayrık Olay Simülasyonu (DES) yöntemini kullanarak kapsamlı bir analiz gerçekleştirmiştir. Araştırmacılar, üretim sürecindeki ekipmanların enerji tüketimini ve fotovoltaik (PV) enerji üretimini detaylı bir şekilde modellemişlerdir. Simülasyon, saniye ve dakika bazında çözünürlükte yapılmış olup, farklı ekipmanların enerji tüketim eğrilerini gerçekçi bir şekilde yansıtmıştır. Elde edilen sonuçlar, PV sistemlerinin kullanımıyla elektrik enerjisi maliyetlerinde önemli ölçüde düşüş sağlanabileceğini göstermiştir. Alvandi ve ark. (2015) üretim sistemlerindeki enerji ve malzeme akışlarını hiyerarşik bir şekilde modellemek için simülasyon tabanlı bir yaklaşım sunmaktadır. Bu yaklaşım, üretim süreçlerindeki karmaşıklıkları daha iyi anlamak ve iyileştirme potansiyelini değerlendirmek için önemli bir araç olarak öne sürülmektedir. Çalışmada, üretim sistemlerinin farklı seviyelerindeki enerji ve malzeme tüketimlerini izlemek ve analiz etmek için bir çerçeve sunulmuştur. Önerilen model, üretim sistemlerindeki önemli noktaları belirleyerek,

daha etkin iyileştirme stratejileri geliştirilmesine olanak tanımaktadır. Kohl ve ark. (2014) üretim sistemlerindeki bireysel ürünlerin enerji tüketimini tahmin etmek için ayrık olay simülasyonu tabanlı bir yaklaşım sunmaktadır. Bu yaklaşım, mevcut malzeme akışı simülasyon modellerine ek bir modül ekleyerek, farklı ürünlerin ve varyantlarının enerji tüketim profillerini daha doğru bir şekilde modellemeyi amaçlamaktadır. Bu sayede, yük yönetim sistemlerinde daha etkili tahminler yapılması ve enerji maliyetlerinin düşürülmesi hedeflenmektedir. Baziar ve ark. (2013) yenilenebilir enerji kaynaklarını entegre eden mikro şebekelerin optimum yönetimi için yeni bir optimizasyon algoritması önermişlerdir. Çalışmada, yarasa algoritması tabanlı bir yaklaşım kullanarak, yakıt hücresi, rüzgar türbini, fotovoltaik panel, mikro türbin ve enerji depolama sistemlerinin bir araya geldiği bir mikro şebekenin 24 saatlik işletimi simüle edilmiştir. Bu sayede, sistemin toplam maliyetini en aza indirirken, enerji arz güvenliğini sağlamak hedeflenmiştir. Prell ve ark. (2019) üretim ve lojistik sistemlerindeki enerji değerlendirmesi için kullanılan iki farklı simülasyon aracı olan eniBRIC ve eFlex-Tool karşılaştırmalı olarak analiz etmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının artan kullanımıyla birlikte enerji piyasalarındaki dalgalanmalar, üretim süreçlerinde enerji esnekliğinin önemini artırmıştır. Ndlela ve ark. (2024) yenilenebilir enerji kaynaklarının (YEK) iletim şebekesine entegrasyonunun, artan enerji talebini karşılamak ve çevresel etkileri azaltmak için etkili bir çözüm olduğunu ortaya koymuşlardır. Çalışmada, rüzgâr enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının iletim hattına eklenmesinin, sistem kapasitesini artırarak daha fazla talebi karşılayabileceği ve aynı zamanda enerji kayıplarını azaltabileceği vurgulanmıştır.

Sankey diyagramları, bir sistemdeki akışları (enerji, malzeme, para vb.) görsel olarak temsil eden bir tür akış şemasıdır. Bu diyagramlarda, akışların genişliği, akış miktarını veya değerini orantılı olarak gösterirken, farklı aşamalar veya noktalar arasındaki bağlantılar oklarla temsil edilir (Schmidt, 2008). Sankey diyagramlarının temel avantajları arasında karmaşık sistemlerin anlaşılır bir şekilde görselleştirilmesi, kayıpların ve verimsizliklerin kolayca tespit edilebilmesi ve farklı akışlar arasındaki ilişkilerin net bir şekilde sunulması yer almaktadır (Rehman & Ghenai, 2018).

Sankey diyagramları, mühendislikten ekolojiye, ekonomiden sosyal bilimlere kadar geniş bir uygulama alanına sahiptir. Enerji alanında, bir enerji üretim tesisindeki yakıt girişinden elektrik üretimine ve dağıtımına kadar olan tüm enerji akışları, kayıplar da dahil olmak üzere detaylı bir şekilde gösterilebilir (Brunner & Rechberger, 2004). Endüstriyel süreçlerde, malzeme akışları, atık oluşumu ve enerji tüketimi gibi faktörlerin görselleştirilmesiyle süreç optimizasyonu ve kaynak verimliliği çalışmaları desteklenebilir (Mir et al., 2021). Ayrıca, bölgesel veya ulusal düzeydeki enerji sistemlerinin analizi, farklı enerji kaynaklarının paylarının ve enerji tüketim sektörlerinin belirlenmesi için de etkili bir araçtır (Hopping et al., 2018). Enerji dengesi, bir sistem içerisine giren ve sistemden çıkan enerji miktarlarının nicel olarak belirlenmesi ve analiz edilmesidir. Termodinamiğin birinci yasası olan enerjinin korunumu prensibine dayanır ve bir sistemdeki enerji girişlerinin, enerji çıkışlarına ve sistemdeki enerji birikimine eşit olduğunu ifade eder (Cengel & Boles, 2019). Enerji dengesi analizleri, enerji tüketiminin ve üretiminin etkinliğini değerlendirmek, enerji kayıplarını belirlemek ve enerji verimliliğini artırmak için temel bir araçtır (Dincer & Rosen, 2012).

Enerji dengesi çalışmaları, farklı ölçeklerde gerçekleştirilebilir. Bir bina, bir endüstriyel tesis, bir şehir veya hatta bir ülke için enerji dengesi analizleri yapılabilir. Bu analizler, farklı enerji taşıyıcılarını (elektrik, ısı, yakıt vb.) ve bunların dönüşümlerini dikkate alır. Enerji dengesi sonuçları, enerji tüketiminin sektörel dağılımını, enerji yoğunluğunu, enerji kayıplarının kaynaklarını ve enerji verimliliği potansiyelini ortaya koyarak politika yapıcılara ve işletme yöneticilerine önemli bilgiler sunar (IEA, 2023). Spor arenaları, konserler, fuarlar, konferanslar ve diğer çeşitli etkinliklere ev sahipliği yapan çok amaçlı tesislerdir. Bu tür tesisler, büyük insan topluluklarını ağırladıkları ve karmaşık teknik sistemlere (iklimlendirme, aydınlatma, ses sistemleri, güvenlik sistemleri vb.) sahip oldukları için önemli miktarda enerji tüketirler (Aste et al., 2017). Arenaların enerji tüketimi, etkinlik türüne, sıklığına, mevsimsel koşullara ve tesisin teknik özelliklerine bağlı olarak önemli ölçüde değişiklik gösterebilir (Jones, 2014).

3. MATERYAL VE METOT

Sankey diyagramının temel prensibi, bir sistemdeki giriş ve çıkış noktaları arasındaki akışların görsel bir haritasını oluşturmaktır. Bu diyagramda, her bir akış farklı bir renkle veya kalınlıkta gösterilebilir. Bu sayede, hangi kaynağın hangi çıktıya ne kadar katkıda bulunduğu kolayca takip edilebilir. Sankey diyagramları karmaşık sistemleri basit bir şekilde anlamayı kolaylaştırmakta, farklı senaryoları karşılaştırmayı mümkün kılmakta ve verileri daha etkili bir şekilde iletme yeteneğine sahiptir. Sankey diyagramlarının kullanım alanları oldukça geniştir. Simülasyon sürecinde Sankey diyagramının rolü, gerçek dünyadaki sistemleri modelleyerek farklı senaryoları test etme imkanı sunmaktadır. Sankey diyagramlarının simülasyon sürecine entegre edilmesinde kullanılan parametreler aşağıda detaylı olarak açıklanmaktadır:

- Akışların Görselleştirilmesi: Okların kalınlığı akışın büyüklüğünü, yönü ise akışın yönünü gösterir. ARENA'da oluşturulan varlıkların (ürün, parça, bilgi vb.) akışları, Sankey diyagramında görsel olarak temsil edilir.
- Dönüşümlerin Analizi: Bir süreçte bir varlığın başka bir varlığa dönüşümü veya bir durumdan başka bir duruma geçişi Sankey diyagramında gösterilir.
- Kayıpların Belirlenmesi: Sistemdeki kayıplar (zaman kaybı, malzeme kaybı vb.) Sankey diyagramında belirlenerek iyileştirme alanları tespit edilir (Schmidt, 2008).

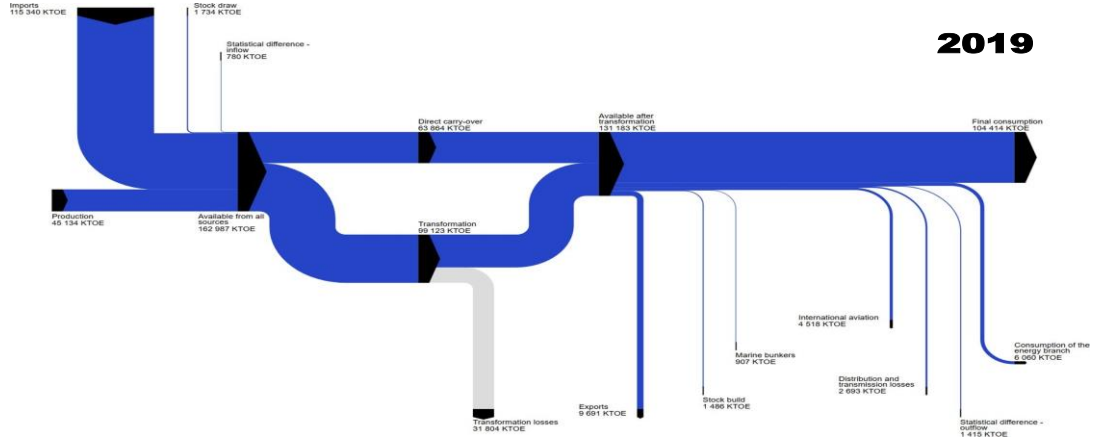
4. MODEL SİMÜLASYONU

Bu çalışmada, Türkiye'nin enerji tüketim profilini daha iyi anlamak ve gelecekteki enerji tüketimini tahmin etmek amacıyla çok tanecikli durum şeması modeli geliştirilmiştir. Çalışmada önerilen çok tanecikli durum şeması modeli, karmaşık sistemlerin modellenmesinde sıklıkla kullanılan bir yaklaşımdır. Bu model, enerji sistemindeki farklı bileşenlerin ve bunlar arasındaki etkileşimlerin daha iyi anlaşılmasını sağlar. Modelin temel amacı, enerji sisteminin dinamik davranışını simüle etmek ve gelecekteki enerji talebini tahmin etmektir. Modelin geliştirilmesi için 2019-2021 yılları arasında Türkiye'nin enerji tüketim profili incelenmiştir. Bu dönem için elde edilen veri setleri, modelin girdi verilerini oluşturmuştur. Modelin sınırları, incelenen dönem ve veri setlerinin kapsamı ile belirlenmiştir. Modelin simülasyonu için Arena yazılımı kullanılmıştır. Arena, ayrık olay simülasyonu için güçlü bir araçtır ve karmaşık sistemlerin modellenmesinde yaygın olarak tercih edilir. Yazılımın kullanıcı dostu arayüzü sayesinde modelin kurulumu ve çalıştırılması kolaylaşmıştır. Model, Arena yazılımının sağladığı özellikler kullanılarak, enerji sisteminin farklı bileşenleri ve bunlar arasındaki ilişkiler dikkate alınarak oluşturulmuştur. Modelde, enerji sisteminin farklı bileşenleri (üretim tesisleri, iletim hatları, tüketiciler vb.) ve bu bileşenler arasındaki enerji akışları detaylı bir şekilde modellenmiştir. Özellikle üretim süreçlerinin enerji tüketimi üzerindeki etkileri, modelde ayrıntılı olarak incelenmiştir. Bu sayede, farklı üretim senaryolarının enerji sistemi üzerindeki etkileri simüle edilerek, enerji verimliliği ve sürdürülebilirlik açısından iyileştirme önerileri geliştirilmesi amaçlanmıştır.

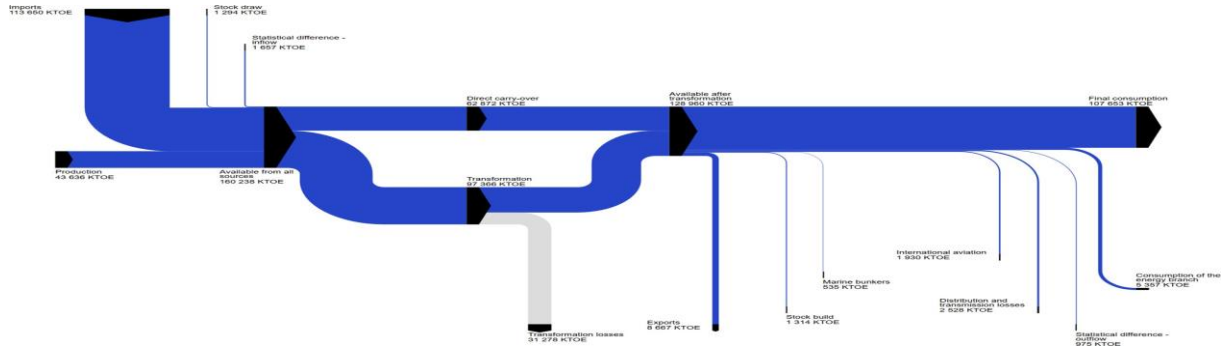
Türkiye'nin 2019-2021 yılları arasındaki detaylı enerji tüketim verileri toplanmıştır. Bu verilerde, farklı enerji kaynaklarından elde edilen enerjinin üretim, iletim, dağıtım ve tüketim aşamalarındaki miktarları yer almaktadır. Toplanan veriler, simülasyon modelinde kullanılmak üzere standardize edilmiş ve uygun formata dönüştürülmüştür. Arena simülasyon yazılımı kullanılarak, Türkiye'nin enerji üretim ve tüketim süreçlerinin detaylı bir modeli oluşturulmuştur. Modelde, farklı üretim tesisleri, enerji iletim hatları, dağıtım merkezleri ve tüketim noktaları ayrı ayrı temsil edilmiştir. Modelde, üretim süreçleri, enerji dönüşümleri, taşıma süreleri ve tüketim davranışları gibi faktörler detaylı bir şekilde modellenmiştir. Sankey diyagramında belirlenen kritik noktalar, Arena modelinde daha detaylı olarak incelenmiştir. Geliştirilen Arena modeli farklı senaryolar altında çalıştırılarak, enerji sisteminin farklı koşullardaki performansı değerlendirilmiştir. Simülasyon sonuçları, Sankey diyagramı ile birlikte analiz edilerek, enerji verimliliği açısından iyileştirme potansiyeli olan alanlar belirlenmiştir. Enerji tüketiminin hangi noktalarda yoğunlaştığı, hangi üretim aşamalarında kayıpların daha fazla olduğu ve hangi tüketici

grubunun enerji verimliliği açısından daha zayıf olduğu gibi kritik veriler elde edilmiştir. Türkiye'nin 2019, 2020 ve 2021 yıllarına ait enerji akışını gösteren Sankey diyagramları sırasıyla Şekil 1, Şekil 2 ve Şekil 3'de gösterilmektedir.

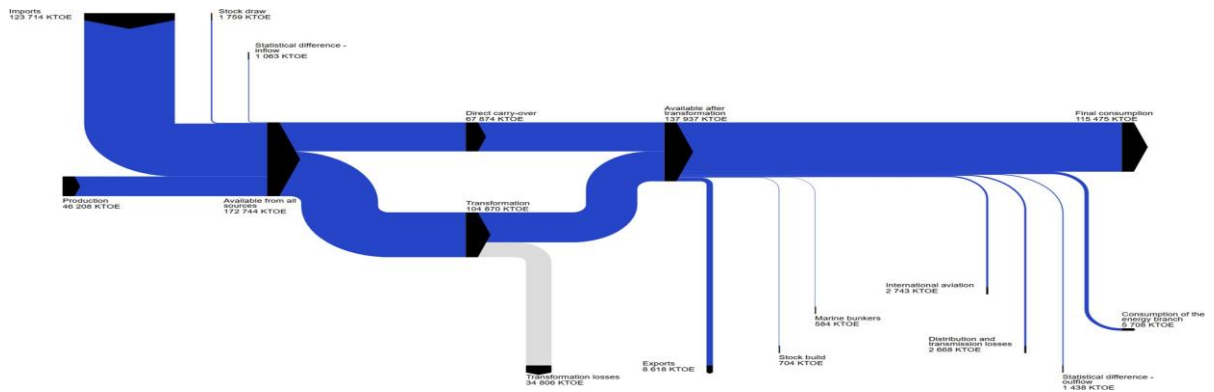
4.1. Şekiller



Şekil 1: 2019 yılına ait Sankey Diyagramı
Kaynak: Yazar tarafından üretilmiştir



Şekil 2: 2020 yılına ait Sankey Diyagramı
Kaynak: Yazar tarafından üretilmiştir



Şekil 3: 2021 yılına ait Sankey Diyagramı
Kaynak: Yazar tarafından üretilmiştir

Model üzerinde tanımlanan girdi ve çıktı değişkenleri ithalat, üretim, dönüşüm, doğrudan devir, ihracat, dönüşüm kayıpları ve nihai tüketim olarak belirlenmiştir. Referans senaryoyu oluşturmak için sisteme ilk girilen veriler Tablo 1’de gösterilmektedir. Referans enerji modeli, 2021 yılında var olan bir enerji sistemidir. 2021 yılında, onaylanan tüm enerji sistemi verileri elde edilmiş ve ARENA yazılımına girilmiştir. Ayrıca 2021 yılı için toplam elektrik talebi 331,6 TWh/yıl olarak programa eklenmiştir. Türkiye'nin kaynaklara göre kurulu güç kapasitesi ve kaynaklara göre yıllık üretim miktarları Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1’de gösterilen 2021 yılı kaynaklara göre kurulu güç kapasiteleri ve saatlik elektrik üretim verileri Sankey diyagram üzerinden derlenmiştir. Saatlik elektrik üretim verileri, her bir kaynak için ARENA yazılımına yüklenmiştir. Türkiye Ulusal Enerji Planı doğrultusunda 2021 yılı verileri kullanılarak referans enerji sistemi oluşturulduktan sonra, belirlenen senaryolara göre kurulu güç kapasitelerinde değişiklikler yapılmakta veya referans senaryoda yer almayan kaynaklar eklenerek alternatif senaryolar oluşturulmaktadır.

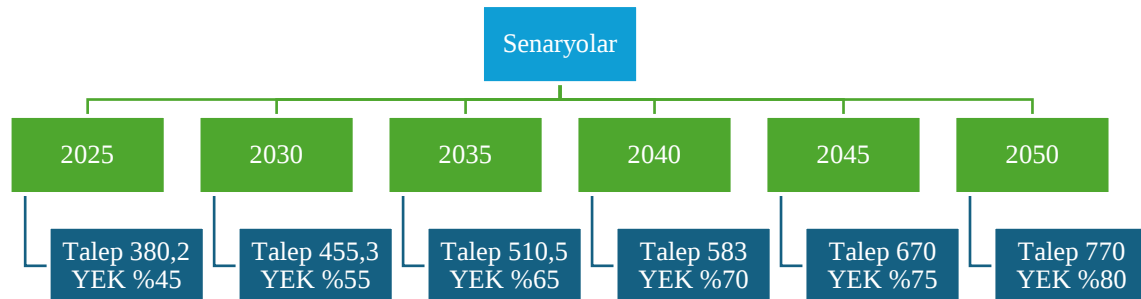
4.2. Tablolar

Tablo 1: Türkiye'nin kaynaklara göre kurulu güç kapasitesi ve yıllık üretim miktarları

Enerji Santralleri	Kurulu Güç(MW)	Yıllık elektrik Üretimi(TWh/yıl)
Doğal gaz	25574	111,2
Baraj	23280	40,75
Rüzgar	10607	31,45
Linyit	10120	43
İthal kömür	8994	54,95
Hidro enerji	8212	15,2
Güneş	7816	13,94
Jeotermal	1676	10,79
Biyokütle	1645	5,9
Kömür	841	3,88
Asfaltit	405	2,37

Kaynak: Yazar tarafından üretilmiştir

Bu çalışmada 2025, 2030, 2035, 2040, 2045 ve 2050 yılları için yenilenebilir kaynakların çeşitli miktarlarda artırıldığı 6 senaryo oluşturulmuştur. Şekil 4’de senaryoların talep değerleri ve yenilenebilir enerji oranları gösterilmektedir.



Şekil 4: Senaryolar ve Değerleri

Kaynak: Yazar tarafından üretilmiştir

Tablo 2'ye göre Sankey diyagramından elde edilen arz/talep verileri ile ARENA kullanılarak elde edilen arz/talep verileri karşılaştırıldığında farkların 0 veya 0'a yakın olduğu görülmüştür. Bu durum ARENA çıktılarının verileri yüksek doğrulukla temsil ettiğini göstermektedir. Bu doğrulama adımları ile geliştirilen referans senaryonun mevcut sistemi doğru bir şekilde yansıttığı ve gelecek senaryoların bu referans senaryo üzerinden geliştirilebileceği gösterilmiştir. Tablo 3'de senaryolara göre talep/arz simülasyon sonuçları gösterilmektedir. Bu veriler, Türkiye'nin enerji talebinin ve arzının 2021-2050 yılları arasındaki projeksiyonlarını göstermektedir. Türkiye'nin toplam elektrik talebi 2021'de 331,6 TWh iken, 2050'ye kadar bu miktarın 770 TWh'e çıkması bekleniyor. Yıllık artış oranı oldukça yüksek, bu da ülkenin büyüyen nüfusu ve sanayileşmesi ile doğrudan ilişkilidir. Kömür arzı, 2021'de 100,57 TWh iken, 2050'de 67,83 TWh'e düşmesi bekleniyor. Bu, kömürün kullanımının azalmaya devam edeceğini, yenilenebilir enerji ve diğer temiz kaynakların artacağına işaret ediyor.

Tablo 2: Sankey diyagramından elde edilen arz/talep verileri ile ARENA kullanılarak elde edilen arz/talep verileri

Arz ve Talep	Sankey Diyagram	ARENA Simülasyon	Fark(%)
Talep	331,06	331,06	0
Baraj	40,75	40,75	0
Hidro enerji	15,2	15,2	0
Güneş	13,94	13,94	0
Jeotermal	10,79	10,79	0
Rüzgar	31,45	31,45	0
Doğal gaz	111,2	111,2	0
Kömür	101,83	100,57	0,01
Biyokütle	5,9	7,15	0,21

Kaynak: Yazar tarafından üretilmiştir

Doğalgaz arzı, 2021'de 111,20 TWh iken 2050'de 86,93 TWh'e düşmesi öngörülmüyor. Bu da doğalgazın önemli bir enerji kaynağı olmaya devam edeceğini ancak miktarının azalacağını gösteriyor. Biyokütle enerjisinin arzı, 2021'de 5,90 TWh iken 2050'de 24,12 TWh'e yükselecek. Yenilenebilir enerji kaynakları arasında biyokütle artan bir öneme sahip olacak. Jeotermal enerji arzı, 2021'de 10,79 TWh iken 2050'de 31,04 TWh'e düşecek. Türkiye'nin jeotermal kaynakları önemli bir yenilenebilir enerji potansiyeli taşıyor. Hidroenerji arzı, 2021'de 15,20 TWh iken 2050'de 72,24 TWh'e kadar çıkacak. Bu, hidroelektrik santrallerinin kapasitesinin önemli bir şekilde artacağına işaret ediyor. Rüzgar enerjisi, 2021'de 31,45 TWh iken 2050'de 277,7 TWh'e çıkacak. Rüzgar enerjisinin hızla artacağı öngörülmüyor ve Türkiye'nin rüzgar enerjisi potansiyeli büyüyor. Güneş enerjisi, 2021'de 13,94 TWh iken 2050'de 114,31 TWh'e ulaşacak. Güneş enerjisinin gelişmesi, Türkiye'nin güneş ışınımı açısından avantajlı coğrafyasından kaynaklanmaktadır. Barajlardan elde edilen enerji, 2021'de 40,75 TWh iken 2050'de 96,69 TWh'e çıkacak. Baraj kapasitesinin artması bekleniyor. 2021'de 57,09 Mt olan karbondioksit salınımı, 2050'ye kadar 40,94 Mt'ye düşmesi bekleniyor. Bu, yenilenebilir enerji kaynaklarının artan payı ile fosil yakıtların azalmasıyla karbon salınımının azalacağına işaret ediyor.

Tablo 3: Senaryolara Ait Simülasyon Sonuçları

Talep/Arz(TWh)	2021	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Talep	331,60	380,20	455,30	510,50	583,00	670,00	770,00
Kömür	100,57	90,91	90,87	79,36	77,07	73,82	67,83
Doğalgaz	111,20	116,51	116,46	101,71	98,78	94,61	86,93
Biyokütle	5,90	8,52	12,77	15,05	18,27	21,00	24,12
Jeotermal	10,79	13,49	21,20	27,31	37,30	41,08	31,04
Hidro enerji	15,20	19,03	28,54	38,53	48,16	57,79	72,24
Rüzgar	31,45	62,60	93,90	131,45	164,32	211,99	277,70
Güneş	13,94	25,77	38,65	54,11	67,64	87,93	114,31

Baraj	40,75	43,48	52,99	62,98	72,61	82,24	96,69
Karbondioksit(mt)	57,09	54,87	54,65	47,90	46,52	44,46	40,94

Kaynak: Yazar tarafından üretilmiştir.

5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Enerji sistemlerinin geleceği, sürdürülebilir ve verimli bir yapıya ulaşmak için büyük bir dönüşüm geçirmektedir. Bu dönüşümde, simülasyon tekniklerinin ve görselleştirme araçlarının kullanımı, geleneksel enerji analiz yöntemlerinin ötesine geçerek, sistemin dinamik davranışlarını daha derinlemesine anlamamıza yardımcı olmaktadır. Özellikle Sankey diyagramlarının simülasyonla birleşimi, enerji akışlarını ve verimlilik oranlarını ayrıntılı bir şekilde modellemeye olanak tanır. Bu yöntem, enerji sistemlerinin analizinde devrim niteliğinde bir yaklaşım sunar ve enerji verimliliği ile optimizasyon çalışmalarında önemli avantajlar sağlar. Sankey diyagramları, enerji sistemlerinde kaynaklardan son kullanıcılara kadar olan enerji akışlarını görselleştirir. Bu diyagramlar sayesinde, karmaşık enerji akışlarının daha anlaşılır hale gelmesi, sistemin darboğazlarını, verimlilik kayıplarını ve iyileştirilmesi gereken alanları hızlıca tespit etmeyi mümkün kılar. Simülasyonlarla entegre edildiğinde ise, farklı senaryolar test edilebilir, enerji kaynaklarının ve teknolojilerinin sistem üzerindeki etkileri daha doğru bir şekilde analiz edilebilir. Örneğin, yenilenebilir enerji kaynaklarının daha fazla entegre edilmesi, fosil yakıt kullanımının azaltılması veya enerji verimliliği artırıcı teknolojilerin uygulanması gibi senaryoların sonuçları, bu yöntemi kullanarak daha iyi bir şekilde tahmin edilebilir. Türkiye'nin enerji politikalarının büyük ölçüde yenilenebilir enerji kaynaklarına yöneldiği ve özellikle rüzgar ve güneş enerjisinin hızla arttığı görülmektedir. Bu geçişin temel sebepleri arasında fosil yakıtların çevresel etkileri, özellikle karbon salınımının azaltılması ve küresel ısınmanın önlenmesi yer alıyor. Türkiye'nin enerji üretiminde kömür ve doğalgazın payı zamanla azalırken, biyokütle, jeotermal ve hidroelektrik gibi temiz ve yenilenebilir kaynakların payı artacak. Bu değişim, sadece enerji verimliliğini artırmakla kalmayacak, aynı zamanda karbon ayak izini azaltarak çevresel sürdürülebilirliği de artıracaktır.

Sankey diyagramları ve simülasyonlar, bu dönüşüm sürecinde önemli bir araç haline gelmektedir. Bu yaklaşım, enerji kaynaklarının sistemde nasıl bir etki yarattığını görselleştirirken, gelecekteki enerji sistemlerinin tasarımına da katkı sağlar. Sankey diyagramları karmaşık etkileşimleri görselleştirerek, karar vericilere hangi alanlarda iyileştirme yapılması gerektiğini kolayca gösterebilir.

Türkiye'nin gelecekteki enerji projeksiyonlarında, karbon salınımının önemli bir azalma eğilimine gireceği görülüyor. Yenilenebilir enerjiye olan geçiş, fosil yakıtların kullanımını önemli ölçüde azaltacak ve bu da karbon salınımını düşürerek çevresel sürdürülebilirliği artıracaktır. Kömür ve doğalgaz kullanımının azalması, enerji üretimindeki karbon ayak izinin azaltılması için önemli bir adımdır. Bu geçişin bir diğer önemli avantajı ise, enerji maliyetlerinin daha öngörülebilir hale gelmesidir. Yenilenebilir enerji kaynakları genellikle daha düşük işletme maliyetlerine sahip olup, sabit maliyetlerle enerji üretimi yapmaktadır. Bu, enerji sektörü için uzun vadeli ekonomik faydalar sağlayabilir.

Sonuç olarak, Sankey diyagramlarının simülasyonlarla entegrasyonu, Türkiye'nin enerji sistemlerinin sürdürülebilir ve verimli bir şekilde tasarlanmasında kritik bir araçtır. Bu yöntem, enerji sektöründeki profesyonellere, araştırmacılara ve politika yapıcılara, sistemlerin dinamiklerini daha iyi anlamalarına ve gelecekteki enerji politikalarını şekillendirmelerine yardımcı olmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının artan payı, karbon salınımının azalması ve ekonomik faydalar, bu dönüşümün temel hedefleri arasında yer almaktadır. Sankey diyagramları ve simülasyonlar sayesinde, Türkiye'nin enerji politikaları sadece daha çevre dostu olmakla kalmayacak, aynı zamanda daha verimli ve sürdürülebilir bir enerji geleceğine de katkı sağlayacaktır. Bu, gelecekteki enerji arz güvenliği, çevre koruma ve ekonomik büyüme hedeflerinin başarılmasına önemli bir katkı yapacaktır.

KAYNAKÇA

- Alvandi, S., Bienert, G., Li, W., & Kara, S. (2015). Hierarchical modelling of complex material and energy flow in manufacturing systems. *Procedia CIRP*, 29, 92-97.
- Assad, M. E. H., & Awad, M. (2020). Sankey diagram as a tool for energy analysis and optimisation in buildings: A review. *Energy and Buildings*, 217, 110008.
- Aste, N., Del Pero, F., & повал, A. (2017). Energy efficiency of sports buildings: A review of the literature. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 76, 1367-1386.
- Baziar, A., Kavooosi-Fard, A., & Zare, J. (2013). A novel self-adaptive modification approach based on bat algorithm for optimal management of renewable MG. *Journal of Intelligent Learning Systems and Applications*, 5(01), 11-18.
- Brunner, P. H., & Rechberger, H. (2004). *Practical handbook of material flow analysis*. CRC Press.
- Çengel, Y. A., & Boles, M. A. (2019). *Thermodynamics: An engineering approach* (9th ed.). McGraw-Hill Education.
- Dincer, I., & Rosen, M. A. (2012). *Energy, environment and sustainability*. Elsevier.
- Ferreira, V., Fonseca, J., & Costa, J. J. (2022). Visualising energy flows in a university campus using Sankey diagrams for decision support. *Journal of Cleaner Production*, 338, 130565.
- Kohl, J., Spreng, S., & Franke, J. (2014). Discrete event simulation of individual energy consumption for product varieties. *Procedia CIRP*, 17, 517-522.
- Ndlela, N. W., Moloi, K., & Kabeya, M. (2024, July). Transmission Expansion Power Planning with Renewable Energy Integration. In 2024 International Conference on Electrical, Computer and Energy Technologies (ICECET) (pp. 1-6). IEEE.
- Paulista, C. R., Peixoto, T. A., & de Assis Rangel, J. J. (2019). Modelling and discrete event simulation in industrial systems considering consumption and electrical energy generation. *Journal of Cleaner Production*, 224, 864-880.
- Prell, B., Strehle, H. M., Schlegel, A., & Putz, M. (2019). Vergleichende Darstellung zweier Werkzeuge zur Simulation energetischer Aspekte in der Produktion.
- Schmidt, M. (2008). The Sankey diagram in energy and material flow management: part II: methodology and current applications. *Journal of Industrial Ecology*, 12(2), 173-185.
- билигсайхан, Д., & бусад. (2023). A case study of energy consumption analysis and renewable energy integration in a multi-purpose arena using Sankey diagram. *Journal of Sustainable Energy Engineering*, 11(2), 123-135.

TÜRKİYE’DE TÜKETİCİ GÜVEN ENDEKSİ ve ENFLASYON ARASINDAKİ İLİŞKİ:

ESTAR ve FOURIER ESTAR EŞBÜTÜNLEŞME TESTLERİNDEN KANITLAR*

Zeyneb Hüsna Akbal¹



Gülşah Sedefoğlu²

THE RELATIONSHIP BETWEEN THE CONSUMER CONFIDENCE INDEX AND INFLATION IN TURKEY: EVIDENCE FROM ESTAR AND FOURIER ESTAR COINTEGRATION TESTS

ÖZET

Tüketici güven endeksi, tüketicilerin mevcut ekonomik koşullara ve geleceğe yönelik beklentilerini yansıtan önemli bir ekonomik göstergedir. Bu gösterge aracılığıyla bir ülkedeki ekonomik politikaları ve tüketicilerin gelecek dönemde yapacakları yatırım ve tasarruf eğilimlerini nicel olarak değerlendirmek ekonomik analizlerde önemli bir veri kaynağı olmaktadır. Dolayısıyla, tüketici güven endeksi ve diğer ekonomik değişkenler arasındaki ilişkiyi birlikte değerlendirmek de ekonomik politikaların daha etkili bir şekilde uygulanması bakımından önem arz etmektedir. Bu çalışmada, birbirini doğrudan etkileyen ve ekonomik istikrar üzerinde önemli etkileri olan tüketici güven endeksi ve enflasyon arasındaki uzun dönem ilişki eşbütünleşme analizi ile incelenmektedir. Bu amaçla, yumuşak geçişli otoregresif (STAR) modellere dayalı Kapetanios vd. (KSS)(2006) testi, Maki (2010) ve yapısal kırılmaların sayısı, şekil ve tarih fark etmeksizin Fourier fonksiyonu ile modellendiği, üstel fonksiyonlu STAR (ESTAR) modele dayalı ilk test olan Güriş ve Sedefoğlu (2022) eşbütünleşme testi kullanılmaktadır. 2007-2024 yıllarına ait aylık veriler İstanbul Ticaret Odası ve Türkiye İstatistik Kurumu’ndan elde edilmiştir. Test sonuçları tüketici güven endeksi ve enflasyon arasında eşbütünleşme ilişkisi olduğu ve bu iki değişkenin uzun dönemde birlikte hareket ettiği yönündedir.

Anahtar Kelimeler: enflasyon, eşbütünleşme; Fourier ESTAR; tüketici güven endeksi

ABSTRACT

The Consumer Confidence Index is a crucial economic indicator that reflects consumers' perceptions of current economic conditions and their expectations for the future. Through this indicator, economic policies in a country, as well as consumers' future investment and saving tendencies, can be quantitatively assessed, making it a significant data source in economic analyses. Therefore, evaluating the relationship between the Consumer Confidence Index and other economic variables is essential for the effective implementation of economic policies. In this study, the long-term relationship between the Consumer Confidence Index and inflation, two interrelated variables with significant effects on economic stability, is examined through cointegration analysis. For this purpose, the Kapetanios et al. (KSS) (2006) test, which is based on Smooth Transition Autoregressive (STAR) models, the Maki (2010) test, and the Güris and Sedefoğlu (2022) cointegration test, which is the first test based on the Exponential STAR (ESTAR) model where structural breaks are modeled with a Fourier function regardless of their number, shape, or timing, are employed. Monthly data covering the period from 2007 to 2024 are obtained from the Istanbul Chamber of Commerce and the Turkish Statistical Institute. The test results indicate the presence of a cointegration relationship between the Consumer Confidence Index and inflation, suggesting that these two variables move together in the long run.

Keywords: inflation, cointegration; Fourier ESTAR; consumer confidence index

How to Cite This Article

AKBAL, Z. H. & SEDEFOĞLU, G. (2025). “Estar ve Fourier Estar Eşbütünleşme Testlerinden Kanıtlar” IQR Journal of Applied Statistics in Social Science (IQR-J) Vol:1, Issue:1.

Arrival: 23 January 2025

Published: 19 April 2025

1. GİRİŞ

*Bu çalışma, İstanbul Ticaret Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İstatistik Bilim Dalında, Dr. Öğr. Üyesi Gülşah Sedefoğlu danışmanlığında, Zeyneb Hüsna Akbal tarafından hazırlanmakta olan yüksek lisans tezinden türetilmiştir.

¹Yüksek Lisans Öğrencisi, İstanbul Ticaret Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstatistik, İstanbul, Türkiye. ORCID: 0009-0002-8077-5828

² Dr. Öğr. Üyesi, İstanbul Ticaret Üniversitesi, İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi, İstatistik Bölümü, İstanbul, Türkiye. ORCID: 0000-0002-7012-184X

Tüketici güveni, tüketicilerin kararları aracılığıyla ekonomik yaşamın nasıl şekillendiğine dair bilgi sağlar. Bu bağlamda, tüketici güveni aynı zamanda ekonominin gelecekteki durumuna yönelik beklentilerin bir değerlendirmesi olarak da kabul edilebilir. Tüketici Eğilim Anketi ile tüketicilerin kendi mali durumlarına ve genel ekonomik duruma ilişkin değerlendirmeleri, geleceğe yönelik beklentileri ve yakın dönemdeki harcama ile tasarruf eğilimleri ölçülerek tüketici güveni belirlenmeye çalışılmaktadır. (TÜİK, 2024). Tüketici davranışlarının ve belirsizliğin ana kaynaklarından biri, beklenen ve gerçekleşen fiyat enflasyonunun, tüketicilerin harcama veya tasarrufla ilgili kararlarını etkilemesidir (Juster & Wachtel). Tüketicilerin bireysel ekonomik durumları, mevcut ekonomiye dair değerlendirmeleri ve geleceğe yönelik beklentileri doğrultusunda harcama ve tasarruf eğilimleri değişiklik gösterebilmektedir.

Türkiye ekonomisi, uzun yıllar yüksek enflasyon sorunu ile karşı karşıya kalmıştır ve bu durum günümüzde de etkisini devam ettirmektedir. Enflasyonla mücadeledeki yetersizlik, bireylerin geleceğe yönelik enflasyon beklentilerini düşürecek yapısal reformların başarıyla uygulanamamasına neden olmuştur. Yüksek enflasyon ortamında, değişkenlik gösteren fiyatlar ve ileriye yönelik beklenen enflasyon oranlarına ait riskler artmıştır. Bundan dolayı da tüketicilerin güveni sarsılmıştır. Türkiye’de süregelen yüksek ve dalgalı enflasyonun yarattığı olumsuz etkilerin önlenememesi, ekonomik istikrarsızlığı pekiştirerek tüketicilerde güven sorununa yol açmıştır. Piyasada devam eden güvensizlik ortamını ortadan kaldırmak ve bireylerin Türkiye ekonomisine karşı önyargılarını kırmak ise oldukça güç hale gelmiştir (Acaravcı & Bozkurt, 2006).

Bu çalışmanın amacı, Türkiye’de tüketici güven endeksi ile enflasyon oranı arasındaki uzun dönemli ilişkiyi incelemektir. Tüketici güven endeksi, ekonomik beklentileri ve tüketici davranışlarını yansıtarak ekonomik analizlerde önemli bir veri sunmaktadır. Çalışmada değişkenler arasındaki uzun dönem ilişki incelenirken diğer çalışmalardan farklı olarak yumuşak geçişli otoregresif (STAR) modellere dayalı Kapetanios vd. (KSS)(2006) ve Maki (2010) eşbütünleşme testleri kullanılmaktadır. Bununla birlikte, yapısal kırılmaların modellenmesinde kukla değişkenlere alternatif olarak kullanılan ve kırılmaların sayısı, şekil ve tarih fark etmeksizin modellenmesinde başarılı sonuçlar veren Fourier fonksiyonunu temel alan, ESTAR modele dayalı ilk test olan, Güriş ve Sedefoğlu (2022) eşbütünleşme testi kullanılmaktadır. Çalışmada, giriş bölümünün ardından literatür başlığı altında tüketici güven endeksi ve enflasyon arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalar kısaca açıklanmaktadır. Kullanılan testler metodoloji bölümünde açıklanmakta ve ardından veri ve tanımsal istatistiklere yer verilmektedir. Sonuç bölümünde bulgulara yer verilip, sonuçların değerlendirilmesi ile çalışma sonlandırılmaktadır.

2. LİTERATÜR

Tüketici güven endeksi, güncel araştırmalarda sıkça farklı makroekonomik değişkenlerle ilişkilendirilen bir konu olarak öne çıkmaktadır. Bu araştırmalarda en sık incelenen değişkenlerden biri ise enflasyon oranıdır. Şeker ve İslamoğlu (2024) çalışmasında tüketici güven endeksi (TGE) ile belirli makroekonomik göstergeler arasındaki ilişkiyi Granger Nedensellik ve Johansen Eşbütünleşme Testi ile incelemektedir. TGE verileri, TCMB-EVDS ve TÜİK tarafından sağlanan anketlerden elde edilmiştir. 2014:01 ile 2023:06 arasındaki dönem verilerine dayanarak yapılan analizde, TGE'nin yurt içi üretici fiyat endeksi (Yİ-ÜFE), tüketici fiyat endeksi (TÜFE) ve işsizlik oranı üzerinde nedensel etkisi olduğu, döviz kurunun ise TGE üzerinde belirleyici bir faktör olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Yalman ve Koşaroğlu (2023) çalışmasında makroekonomik göstergelerin tüketicilerin kararlarını ve beklentilerini şekillendirdiği, tüketici güveninin ise ekonomik koşullara yönelik eğilimleri yansıttığı vurgulanmıştır. Türkiye'deki dalgalı fiyat istikrarı ve enflasyonun tüketici güveni üzerindeki etkisi, araştırmanın temel motivasyonunu oluşturmaktadır. 2012:01-2023:01 dönemine ait aylık verilerle gerçekleştirilen analiz sonucunda, tüketici güveni ile enflasyon arasında uzun vadeli bir ilişkinin bulunduğu tespit edilmektedir. Şeker ve Karanfil (2024) Türkiye ekonomisinde güven faktörünün reel döviz kuru üzerindeki etkisini incelemektedir. 2011-2023 dönemi aylık verileri kullanılarak, reel döviz kuru ile tüketici güven endeksi, reel kesim güven endeksi, kredi temerrüt takası (CDS primi) ve sanayi üretim endeksi arasındaki ilişkiler Gecikmesi Dağıtılmış Otoregresif Sınır Testi (ARDL) yöntemiyle analiz edilmiştir. Elde edilen bulgular, uzun vadede reel döviz kuru ile tüketici güven endeksi arasında negatif ve anlamlı bir ilişki bulunduğunu ortaya koymaktadır. Ünal ve Doğan (2022) çalışmasında 2005-2018 yılları arasında Türkiye'de enflasyonun gelir eşitsizliği üzerindeki etkisi, farklı gelir gruplarındaki hane halklarının harcama kalıpları dikkate alınarak

incelenmiştir. Bu kapsamda, yıllık enflasyon oranları hesaplanmış ve bu oranlar üzerinden reel gelirler belirlenmiştir. Analiz sonuçları, Türkiye İstatistik Kurumu verilerinden elde edilenden daha yüksek bir gelir eşitsizliği seviyesine işaret etmekte ve enflasyonun gelir dağılımını olumsuz yönde etkileyen belirgin bir faktör olduğunu ortaya koymaktadır. Zanbak, Özgür ve Çiçek (2022) çalışmada Türkiye’de tüketici güven endeksi ile enflasyon, döviz kuru, işsizlik, genç işsizlik oranı ve tüketici kredisi faizi arasındaki kısa ve uzun vadeli ilişkiler, 2007-2020 dönemine ait veriler kullanılarak incelenmiştir. Analiz sonuçları, tüketici güven endeksi ile bu değişkenler arasında uzun vadede anlamlı bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur. Beşiktaşlı ve Cihangir (2019) çalışmada tüketici güven endeksi (TGE) ile finansal piyasalar ve makroekonomik göstergeler arasındaki ilişkiyi Eşbütünleşme ve Granger Nedensellik Testleri kullanarak analiz edilmiştir. Sonuçlar, TGE ile para piyasası ve makroekonomik göstergeler arasında uzun vadeli bir ilişki bulunduğunu, ancak sermaye piyasasıyla bir ilişki tespit edilmediğini göstermektedir. Ayrıca, dolar kuru, borsa endeksi, gösterge tahvil faizi, ÜFE ve TÜFE’nin TGE’nin Granger nedeni olduğu belirlenmiştir.

3. METODOLOJİ

Eşbütünleşme analizi, iki veya daha fazla ekonomik değişken arasında uzun dönemli bir denge ilişkisinin var olup olmadığını tespit etmeye yönelik bir ekonometrik yöntemdir. Granger (1986) tarafından ilk kez sistematik bir şekilde incelenen bu kavram, özellikle makroekonomik değişkenler arasındaki nedensellik ve uzun dönemli etkileşimleri anlamak için sıklıkla kullanılmaktadır. Ekonomik teorilerin öngördüğü uzun dönemli denge ilişkilerinin ampirik olarak doğrulanması ve bu ilişkilerin dinamik yapısının incelenmesi, eşbütünleşme analizi sayesinde mümkün hale gelmektedir. Zaman serileri analizi, bu bağlamda, değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkilerin modellenmesi ve test edilmesinde temel bir araç olarak kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, doğrusal modeller ile birlikte ya da alternatif olarak kullanılabilen doğrusal olmayan eşbütünleşme testlerinden STAR modellere dayalı KSS (2006), Maki (2010) ve kırılmaların Fourier fonksiyonu ile modellendiği Gürış ve Sedefoğlu (2022) testleri uygulanmaktadır.

STAR modellere dayalı Maki (2010) eşbütünleşme testinde dikkate alınan eşbütünleşme regresyon modeli şu şekilde ifade edilir:

$$y_t = \beta' x_t + u_t, \quad t = 1, 2, \dots, T \quad (1)$$

Burada y_t ve x_t , ilk fark ile durağan serilerdir. $\beta' = (\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_m)$, tahmin edilen parametreler ve bağımsız değişken sayısı birden fazla olabileceğinden $x_t = (x_{1t}, x_{2t}, \dots, x_{mt})'$, $(m \times 1)$ 'lik vektördür. Denklem (1) üzerinden denge hatası şu şekilde tanımlanır:

$$u_t = \phi_1 u_{t-1} + \phi_2 u_{t-1} G(.) + e_t \quad (2)$$

Denklemden e_t , sıfır ortalamalı hata terimi ve $G(.)$, yumuşak geçiş fonksiyonudur. Üstel fonksiyon ile geçiş fonksiyonu şu şekilde gösterilmektedir:

$$G(u_{t-1}; \gamma) = 1 - \exp\{-\gamma u_{t-1}^2\} \quad (3)$$

Geçiş fonksiyonunda bulunan γ , düzgünleştirme parametresidir ve $\gamma > 0$ olduğu varsayılır. Eşbütünleşme ilişkisinin incelendiği model, ϵ_t ortalaması sıfır durağan hata terimi olmak üzere şu şekilde tanımlanır:

$$\Delta \hat{u}_t = \rho \hat{u}_{t-1} (1 - \exp\{-\gamma u_{t-1}^2\}) + \sum_{j=1}^p \psi_j \Delta \hat{u}_{t-j} + \epsilon_t \quad (4)$$

Burada eşbütünleşme yoktur temel hipotezi, $H_0: \rho = 0$, STAR ayarlama ile eşbütünleşme vardır alternatif hipotezine, $H_1: \rho < 0$, karşı test edilmektedir. Gürültü parametresi γ temel hipotez altında tanımlanmadığından γ ’nın alacağı mümkün tüm değerlere karşılık ρ ’nun *infimum-t* istatistikleri hesaplanmaktadır.

Infimum-t istatistikleri aşağıdaki şekilde tanımlanmaktadır:

$$\inf_{\gamma \in \Gamma_n} t_n(\gamma) \equiv \inf_{\gamma \in \Gamma_n} \frac{\hat{\rho}}{s.h.(\hat{\rho})} \quad (5)$$

Burada $\hat{\rho}$, ρ 'nun EKK tahmincisi, $s.h.(\hat{\rho})$, $\hat{\rho}$ 'nun standard hatası ve Γ_n , $(\hat{u}_1, \hat{u}_2, \dots, \hat{u}_n)$ fonksiyonları tarafından verilen parametre uzayındaki rastgele dizilerdir.

KSS (2006) testinde, denklem (1)'den elde edilen artıklar ile eşbütünleşme ilişkisinin sınındığı model aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir:

$$\Delta \hat{u}_t = \delta \hat{u}_{t-1}^3 + \sum_{i=1}^p \Psi'_i \Delta \hat{u}_{t-i} + e_t \quad (6)$$

Eşbütünleşme yoktur temel hipotezi $H_0: \delta = 0$, STAR ayarlama ile eşbütünleşme vardır alternatif hipotezine $H_a: \delta < 0$ karşı sınanmaktadır. Modele deterministik bileşenler dahil edilmek istendiğinde Denklem (1) aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir:

$$y_t = \alpha_0 + \beta' x_t + u_t, \quad (7)$$

$$y_t = \alpha_0 + \alpha_1 t + \beta'_x x_t + u_t \quad (8)$$

Modelde α_0 , sabit terimi ve t , trend değişkenini temsil etmektedir. Güriş ve Sedefoğlu (2022) testi, doğrusal olmayan yapının üstel fonksiyonlu STAR model ile ve yapısal kırılmaların sayısı, şekil ve tarih fark etmeksizin Fourier fonksiyonu ile modellendiği ilk eşbütünleşme testi olarak bilinmektedir. Model d_t deterministik terim ile şu şekilde ifade edilmektedir:

$$y_t = d_t + \beta' x_t + e_t, \quad t = 1, 2, \dots, T \quad (9)$$

Modelde d_t deterministik terim, sabit terimli veya sabitli ve trendli modeli temsil etmektedir. Klasik eşbütünleşme testlerinden farklı olarak yapısal kırılmalar Fourier fonksiyonunun d_t terimi içinde aşağıdaki şekilde tanımlanmasıyla modellenmektedir.

$$d_{2t} = \mu + \alpha(t) \quad (10)$$

$$d_{3t} = \mu + \vartheta t + \alpha(t) \quad (11)$$

$$a(t) = a_1 \sin\left(\frac{2k\pi t}{T}\right) + a_2 \cos\left(\frac{2k\pi t}{T}\right) \quad (12)$$

Fourier fonksiyonun denklem (9)'a dahil edilmesiyle kukla değişken kullanımına gerek duyulmadan kırılmalar kademeli olarak modellenmektedir. Denklem (12)'de, frekans k değeri bilinmediğinden analizde ilk adım olarak uygun frekans değerine karar verilmektedir. Bu amaçla, denklem (9) k 'nın [1,5] aralığındaki her bir değeri için tahmin edilir ve minimum kalıntı kare toplamını veren model uygun model olarak seçilir. İkinci adımda, doğrusal olmayan yapı geçiş fonksiyonunun modele dahil edilmesiyle dikkate alınmaktadır.

$$e_t = \phi_1 e_{t-1} + \phi_2 e_{t-1} G(.) + u_t \quad (13)$$

Burada geçiş fonksiyonu $G(.)$, denklem (3)'de tanımlandığı gibidir ve $\phi_1 = 1$ olduğu varsayılmaktadır. Eşbütünleşme ilişkisinin araştırıldığı model aşağıdaki şekilde tanımlanmaktadır:

$$\Delta \hat{e}_t = \rho \hat{e}_{t-1} (1 - \exp\{-\gamma u_{t-1}^2\}) + \sum_{j=1}^p \Psi_j \Delta \hat{e}_{t-j} + \epsilon_t \quad (14)$$

Güriş ve Sedefoğlu (2022) çalışmasında, Maki (2010) tarafından geliştirilen grid araştırma yöntemine benzer bir yaklaşım ile test istatistiklerini hesaplamaktadır. Böylece, geçiş fonksiyonunun formu ne olursa olsun tek taraflı t istatistikleri kolaylıkla hesaplanabilmektedir. *Infimum-t* istatistikleri denklem (5)'de tanımlandığı şekildedir.

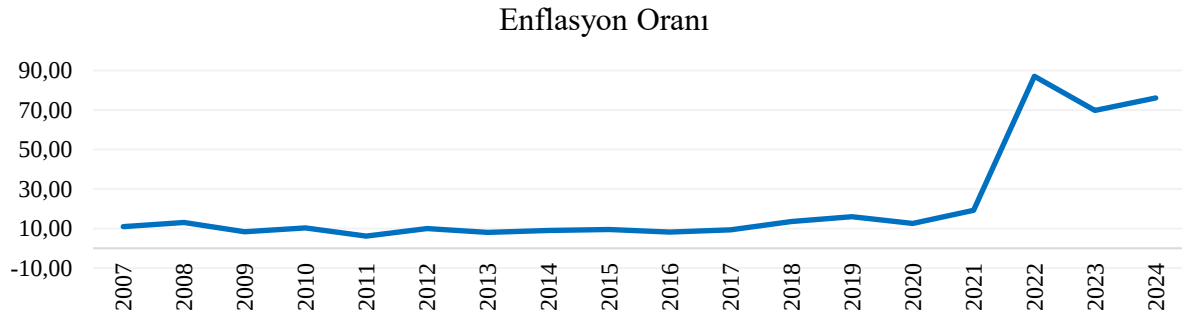
4. VERİ SETİ VE TANIMSAL İSTATİSTİKLER

Bu çalışmada kullanılan veri seti, 2007-2024 yıllarına ait aylık verilere dayanmaktadır; enflasyon oranları İstanbul Ticaret Odası'ndan, tüketici güven endeksi verileri ise Türkiye İstatistik Kurumu'ndan elde edilmiştir.

Enflasyon

Tablo 4: Enflasyon Oranının Tanımsal İstatistikleri

	Enflasyon Oranı
Ortalama	21.03
Medyan	10.64
Standart Sapma	24.99
Say	212



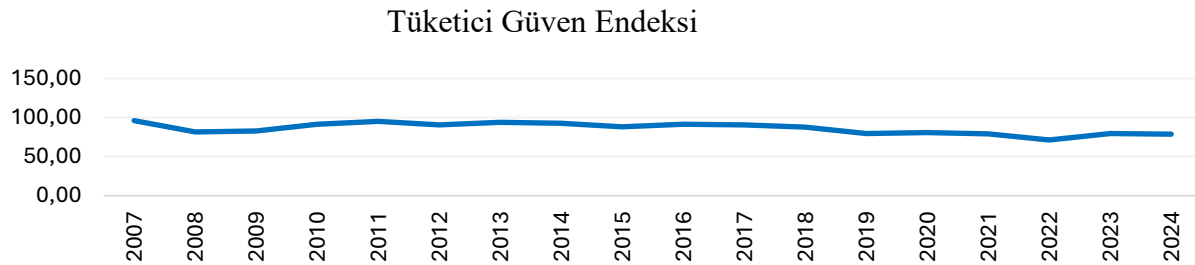
Şekil 1: Yıllara Göre Enflasyon Oranı Grafiği

Şekil 1 ve Tablo 1 verilerine göre, 2007-2024 yılları arasında enflasyon oranındaki yıllık değişim incelendiğinde; 2007-2020 yılları arasında görece istikrarlı bir seyir izleyen enflasyon oranı, 2021 yılından itibaren keskin bir artış göstermiştir. Bu durum, ortalama ve standart sapma gibi istatistiksel ölçütlerdeki yüksek değerlere de yansımıştır. Bu verilere bakarak, özellikle 2021 ve sonrasındaki yüksek enflasyon oranlarının Türkiye ekonomisi üzerinde önemli bir etki yarattığı söylenebilir.

Tüketici Güven Endeksi

Tablo 5: Tüketici Güven Endeksinin Tanımsal İstatistikleri

	Tüketici Güven Endeksi
Ortalama	86.33
Medyan	88.11
Standart Sapma	7.74
Say	212



Şekil 2: Yıllara Göre Tüketici Güven Endeksi Grafiği

Şekil 2 ve Tablo 2 verilerine göre, 2007-2024 yılları arasında Türkiye'deki Tüketici Güven Endeksi incelendiğinde, büyük dalgalanmalar göstermeden belirli bir aralıkta seyrettiği gözlemlenmiştir. Endeksin 100'e yaklaşması ise tüketici güveninin zayıfladığını işaret etmektedir. Tablo 2'deki ortalama değerin

86.33, medyan değerin ise 88.11 olması, endeksin yıllar boyunca bu seviyelerde sabit kaldığını ve güvenin istikrarlı bir şekilde düşük olduğunu göstermektedir. Ortalama ve medyan değerlerin birbirine yakın olması, veri setinde aşırı uç değerlerin bulunmadığını ve güven endeksinin genel olarak tutarlı bir dağılım gösterdiğini işaret eder.

5. SONUÇLAR

Değişkenler arasındaki uzun dönem ilişki incelenirken kullanılan eşbütünleşme testlerinde analize dahil edilen değişkenlerin ilk fark ile durağan olması temel koşulunun sağlanıp sağlanmadığı birim kök testleri ile araştırılmaktadır. İlk adımda ilk fark ile durağan olan değişkenler için ikinci adımda eşbütünleşme testleri uygulanmaktadır. Çalışmada değişkenler logaritmik dönüşümün ardından analizde kolaylık olması açısından “ltge” (tüketici güven endeksi) ve “lenf” (enflasyon) olarak kısaltılmıştır.

Tablo 3’de doğrusal ve doğrusal olmayan birim kök testlerinden Genişletilmiş Dickey Fuller (1979 ve 1981)-ADF, Zivot-Andrews, KSS (2003), Sollis (2009), Kruse (2011) ve Gürış (2018) test sonuçlarına yer verilmektedir. Sonuçlar, her iki değişkenin de düzeyde durağan olmadığı, ilk fark ile durağan olduğu yönündedir.¹

Tablo 6: Doğrusal ve Doğrusal Olmayan Birim Kök Testi Sonuçları

Düzyer seriler için;						
	ADF	Zivot-Andrews	KSS (2003)	Sollis (2009)	Kruse (2011)	Gürış (2018)
lenf	-0.65 (1)	-4.26 (1)	-1.015 (7)	2.35 (7)	14.662 (7)	13.62 (1)
ltge	-2.55 (0)	-4.78* (1)	-2.515 (3)	4.374 (0)	9.017* (0)	9.48 (0)
İlk farkı alınmış seriler için;						
lenf	-11.85 (0)	-11.95 (0)	-	-	-	-
ltge	-13.65 (0)	-9.95 (2)	-	-	-	-

Not: Parantez içindeki değeryer gecikme sayılarını göstermektedir. ***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 anlam düzeyinde temel hipotezin reddedildiğı bilgisini vermektedir. Gürış (2018) testinde her iki değışken için de k frekans değeri 1 bulunmuştur.

Tüketici güven endeksi ve enflasyon arasındaki uzun dönem ilişkinin varlığını araştırmak amacıyla KSS (2006), Maki (2010) ve yapısal kırılmaların Fourier fonksiyonu ile modellendiğı Gürış ve Sedefoğlu (2022) FESTAR eşbütünleşme testleri uygulanmakta ve sonuçlar Tablo 4’de sunulmaktadır.

Tablo 7: Eşbütünleşme Testi Sonuçları

	KSS (2006)	Maki (2010)	Sedefoğlu ve Gürış (2022)
ltge-lenf	-3.545** (0)	-4.127*** (0)	-4.368*** (0)

Not: Parantez içindeki değeryer gecikme sayılarını göstermektedir. ***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 anlam düzeyinde temel hipotezin reddedildiğı bilgisini vermektedir. Sedefoğlu ve Gürış (2022) testinde her iki değışken için de k frekans değeri 1 bulunmuştur.

¹ Harvey vd. (2008) test istatistik değeryerleri lenf değışkeni için 16.61 iken ltge için 0.88’dir. Harvey ve Leybourne (2007) test sonucuna göre lenf test istatistik değeryerleri %1, %5 ve %10 için sırasıyla 35.29, 34.63 ve 34.27 iken ltge değışkeni için 2.26, 2.24 ve 2.23 olarak bulunmuştur. Her iki test sonucuna göre lenf değışkeni için doğrusallık hipotezi reddedilirken ltge değışkeninde temel hipotez reddedilmemektedir.

Test sonuçları incelendiğinde üç test sonucu da “eşbütünleşme yoktur” temel hipotezinin reddedildiği ve 2007:01-2024:08 dönemi verileri dikkate alındığında Türkiye’de tüketici güven endeksi ve enflasyon oranları arasında uzun dönem ilişkinin olduğu bilgisini vermektedir.

6. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu çalışmada, Türkiye’de tüketici güven endeksi ve enflasyon arasındaki uzun dönemli ilişkinin varlığı ESTAR ve Fourier ESTAR testleri ile incelenmiştir. 2007-2024 yılları arasındaki veriler kullanılarak yapılan analizlerde, doğrusal ve doğrusal olmayan birim kök testleri uygulanmış ve değişkenlerin durağanlığı araştırılmıştır. Elde edilen bulgular, tüketici güven endeksi ve enflasyon arasında uzun dönemli bir eşbütünleşme ilişkisi olduğunu ortaya koymuştur.

Ekonometrik açıdan bakıldığında, Fourier ESTAR yöntemiyle yapılan analizler, ekonomik değişkenler arasındaki doğrusal olmayan uzun dönemli ilişkilerin daha hassas bir şekilde tespit edilmesine olanak tanımaktadır. KSS (2006) ve Maki (2010) testleri de dâhil edilerek yapılan geniş kapsamlı analiz, sonuçların güvenilirliğini artırmış ve eşbütünleşme hipotezini desteklemiştir. Bu sonuçlar, Türkiye’de tüketici güven endeksi ve enflasyon oranının uzun dönemde birlikte hareket ettiğini ve iki değişkenin birbirini karşılıklı olarak etkilediğini göstermektedir.

İktisadi açıdan değerlendirildiğinde, uzun yıllardır Türkiye ekonomisinde yüksek enflasyonun yarattığı belirsizliğin tüketici güveni üzerinde önemli bir etkisi olduğu gözlemlenmiştir. Tüketici güven endeksi, bireylerin mevcut ekonomik koşullara dair değerlendirmelerini ve geleceğe yönelik beklentilerini yansıtan önemli bir gösterge olarak, Türkiye’de enflasyonun artış eğiliminde olduğu dönemlerde düşüş göstermektedir. Yüksek enflasyon oranları, tüketicilerin gelecekteki ekonomik duruma dair endişelerini artırmakta, bu durum ise tüketici harcamalarını ve genel olarak ekonomik büyümeyi olumsuz yönde etkilemektedir. Bu bağlamda çalışma, Türkiye’de sürdürülebilir bir ekonomik güven ortamının sağlanabilmesi için enflasyonun kontrol altına alınması ve ekonomik istikrarın güçlendirilmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Özellikle dalgalı enflasyon koşulları, tüketici güveninde kalıcı bir iyileşmeyi zorlaştırmaktadır. Politikalar, ekonomik belirsizliklerin azaltılmasına odaklanarak, bireylerin geleceğe yönelik beklentilerini olumlu yönde etkileyebilecek şekilde tasarlanmalıdır. Çalışmada kullanılan Fourier ESTAR yöntemi, ekonomik politikaların uzun dönemli etkilerinin değerlendirilmesi açısından politika yapıcılara faydalı bir analiz yöntemi sunmaktadır.

KAYNAKÇA

- Acaravcı, A., & Bozkurt, C. (2006). Enflasyon hedeflemesinde beklentilerin önemi: Türkiye ekonomisi için ampirik bir çalışma. *Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 1-12.
- Beşiktaşlı, D. K., & Cihangir, Ç. K. (2019). Tüketici güven endeksinin finansal piyasalara ve makroekonomik yapıya etkisi. *Finans Ekonomi ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*.
- Dickey, D. A., & Fuller, W. A. (1981). Likelihood ratio statistics for autoregressive time series with a Unit Root. *Econometrica*, 49(4), 1057-1072.
- Dickey, P.A., & Fuller, W.A. (1979). Distribution of the estimators for autoregressive time-series with a unit root, *J. Am. Stat. Assoc.* 74(366), 427–431.
- Granger, C. W. J. (1986). Developments in the study of cointegrated variables. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 48, 213–228.
- Güriş, B. (2018). A new nonlinear unit root test with Fourier function. *Communications in Statistics-Simulation and Computation*, 48(10), 3056- 3062.
- Güriş, B., & Sedefoğlu, G. (2022). A proposal of nonlinear cointegration test with the flexible Fourier approach. *Communications in Statistics- Simulation and Computation*, 53(5), 2108–2118.
- Juster, T., & Wachtel, P. (n.d.). Inflation and the consumer.

- Kapetanios G., Shin Y., & Snell A. (2003). Testing for a unit root in the nonlinear STAR framework, *Journal of Econometrics*, 112, 359-379. [https://doi.org/10.1016/S0304-4076\(02\)00202-6](https://doi.org/10.1016/S0304-4076(02)00202-6)
- Kapetanios, G., Shin, Y., & Snell, A. (2006). Testing for cointegration in nonlinear smooth transition error correction models. *Econometric Theory*, 22(2), 279- 303.
- Kruse R. (2011). A new unit root test against ESTAR based on a class of modified statistics. *Statistical Papers*, 52, 71-85.
- Maki, D. (2010). An alternative procedure to test for cointegration in STAR models. *Mathematics and Computers in Simulation*, 80 (5), 999–1006.
- Sollis, R. (2009). A simple unit root test against asymmetric STAR nonlinearity with an application to real exchange rates in Nordic countries, *Economic modelling*, 26(1), 118-125.
- Şeker, H., & Karanfil, N. (2024). The relationship of exchange rate and economic confidence: The case of Türkiye. *Journal of Economics and Administrative Sciences*, 155-165.
- Şeker, M., & İslamoğlu, M. (2024). Tüketici güven endeksi ve seçilmiş makroekonomik göstergeler arasındaki ilişkinin ekonometrik analizi: Türkiye örneği. *Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi Dergisi*, 1088-1101.
- TÜİK. (2024). From <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=T%C3%BCketici-G%C3%BCven-Endeksi-Ekim-2024-53796&dil=1>
- Ünal, İ. B., & Doğan, K. (2022). Türkiye’de enflasyonun gelir eşitsizliğine etkisinin mikro düzeyde analizi. *Ankara Üniversitesi SBF Dergisi*, 309-332.
- Yalman, İ. N., & Koşaroğlu, Ş. M. (2023). Tüketici güven endeksi ve enflasyon arasındaki ilişkinin Türkiye için analizi. *International Congress On Eurasian Economies*.
- Zanbak, M., Ögür, R. Ö., & Çiçek, E. (2022). Tüketici Güven Endeksi ile Seçilmiş Makro Değişkenler Arasındaki İlişkinin Johansen Eşbütünleşme ve Nedensellik Analizi: Türkiye Örneği. *Gaziantep University Journal Of Social Sciences*, 108-126.
- Zivot, E. & Andrews, D.W.K. (1992). Further evidence on the great crash, the oil price shock and the unit root hypothesis. *Journal of Business and Economic Statistics*, 10(3), 251-270.